

**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
KÖZGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI ISKOLA**

A technológiai rendszerek innovációja

Az elosztott villamosenergia-termelési technológiák
fenntarthatósági értékelése és rendszerinnovációs
potenciáljának vizsgálata az Európai Unióban

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Deutsch Nikolett

**Témavezető: Dr. Kiss Tibor
Egyetemi docens**

2011

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. A technológiai rendszerek fenntartható pályára állítása a rendszerinnovációk segítségével.....	13
2.1. Technológiai rendszerek értelmezése	13
2.1.1. A technológia értelmezése	13
2.1.2. A technológiai rendszer fogalmának meghatározása.....	15
2.2. Rendszerinnovációk a fenntarthatóság szolgálatában	18
2.2.1. A fenntartható fejlődés elvének eltérő koncepciói.....	18
2.2.2. A fenntarthatóság elérési lehetőségei mint a technológiai rendszerek elemének szerepvállalása	22
2.2.3. A rendszerinnovációk helye az innováció tipologizálásában	25
2.2.4. A rendszerinnovációk szerepe a fenntarthatóság elérésében	28
2.3. A technológiai rendszerek változása az innovációs elméletekben 	35
2.3.1. Az evolúciós közgazdaságtan megközelítése.....	35
2.3.2. Technológiai fejlődés és a hosszú hullámok elmélete	37
2.3.3. Innovációs rendszerek elméletei	38
2.3.4. Nagy technikai rendszerek elmélete.....	40
2.3.5. Társadalmi konstruktivizmus, azaz a technológia társadalmi felépítése	42
2.3.6. A cselekvő-hálózat és techno-gazdasági hálózat megközelítései	43
2.3.7. Kvázi-evolúciós irányzat és a többszintű perspektíva elmélete.....	45
2.3.8. Technológiai rendszerek változása és a technológiai rezsim jelensége az innovációs szakirodalomban.....	49
2.4. A technológiai rezsim kialakulásának forrásai és változtatásának nehézségei	53
2.4.1. A technológiai bezáródás és forrásai.....	53
2.4.2. Az intézményi bezáródás és forrásai.....	56
2.4.3. Technológiai rendszerek techno-intézményi bezáródása, és a rezsimváltoztatás nehézségei.....	59
2.4.4. Az állam szerepe a fenntartható rendszerinnovációk támogatásában..	61

2.4.4.1. Butter három rétegű elmélete.....	63
2.4.4.2. Stratégiai rés menedzsment, és a rendszerátmenetek menedzselése	64
2.4.4.3. Integrált állami beavatkozás modellje	68
2.4.4.4. Időzítési stratégiák, avagy a fejlődési ablakok elmélete.....	68
2.4.4.5. Az állami szerepvállalás evolúciós és kvázi evolúciós irányzatainak értékelése.....	70
2.5. Technológiai rendszerek és technológiai rezsimek vizsgálati modelljei	72
2.5.1. Technológiai rendszerek elemei és interakciói	72
2.5.2. Technológiai rendszerek funkciói	75
2.5.3. Technológiai rezsimek dimenziói	78
2.6. Következtetések a rendszerinnovációs potenciál gyakorlati vizsgálatának vonatkozásában.....	80
3. A központosított villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés kérdésköre	84
3.1. A villamosenergia-ellátás fejlődésének rövid története.....	84
3.2. A központosított villamosenergia-rendszer mint technológiai rezsim.....	87
3.3. A villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés koncepciója az Európai Unióban.....	94
3.4. Az elosztott termelési technológiák mint a központosított villamosenergia-rendszer fenntarthatósági problematikájának szakító megoldásai.....	101
3.5. A villamosenergia-termelési technológiák társadalmi, gazdasági és környezeti fenntarthatóságának vizsgálata.....	108
3.5.1. A központosított és az elosztott villamosenergia-termelési technológiák	108
3.5.2. A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági indikátor- rendszere.....	110
3.5.3. A különböző villamosenergia-termelési technológiák klaszteranalízise	116

3.5.4. A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági vizsgálata	121
4. Az elosztott villamosenergia-termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolata.....	127
4.1. Fizikai dimenzió.....	130
4.1.1. Termelési alrendszer.....	130
4.1.2. A központosított rezsim szállítási és elosztási alrendszere.....	130
4.1.2.1. A szállítói és elosztói alrendszerek beruházási és üzemeltetési költségei	132
4.1.2.2. A szállító és elosztó hálózati alrendszerek alapanyag-, energia-, erőforrás-igénye, és munkaerő-intenzitása	133
4.1.2.3. A elosztott termelési egységek és az elosztó hálózat kapcsolata.....	137
4.1.2.4. Szállítási és elosztási alrendszer az elosztott termelési egységek magas arányú alkalmazása esetén	140
4.1.2.4.1. Aktív hálózatok modellje	141
4.1.2.4.2. Virtuális erőművek modellje	143
4.1.2.4.3. Minienergetikai hálózatok.....	145
4.1.3. A villamosenergia-tárolási technológiák és a villamosenergia-rendszer.....	147
4.2. Jogi dimenzió	153
4.2.1. Az Európai Unió energiapolitikai célkitűzései	153
4.2.2. Piacliberalizációs direktívák és a tagállamok villamos energia piacainak liberalizáltsága	154
4.2.3. Az elosztott energiatermelés vonatkozó szabályozása az Európai Unióban	158
4.2.3.1. A villamos energia piaci direktíva és az elosztott termelési egységek.....	159
4.2.3.2. A 2009/28/EC, a megújuló energiahordozók hasznosításának direktívája	160
4.2.3.3. A 2004/8/EC Kogenerációs erőművekre vonatkozó direktíva	160
4.2.3.4. A megújuló és kapcsolt termelési egységek támogatási módjai.....	161
4.2.4. Az elosztott termelési egységek és a hálózati kapcsolódás szabályozása	163
4.2.5. Elosztott termelési egységek lehetőségei a nagykereskedelmi és kiegészítő szolgáltatások piacán.....	167
4.3. Piaci dimenzió	168

4.3.1. Központosított villamosenergia-rezsim piaci szerkezetének jellemzői.	168
4.3.2. Az elosztott termelési egységek hatása a piaci szerkezetre	173
4.4. Szervezeti dimenzió	178
4.4.1. Vállalati és üzleti stratégia, stratégia csoportok a domináns piaci szereplőknél.....	178
4.4.2. Funkcionális területek érintő változások.....	187
4.4.2.1. Kockázatkezelés szerepének felértékelődése	187
4.4.2.2. Tervezési tevékenységet érő változások.....	188
4.4.2.3. A K+F tevékenység fő jellemzői	191
4.4.2.4. A marketing és értékesítési tevékenység szerepének felértékelődése	192
4.4.3. Szervezeti méret és struktúra.....	194
4.4.4. Tulajdonosi szerkezet	196
4.5. Politikai dimenzió	198
4.5.1. Ideológiai alapok és informális intézmények a központosított villamosenergia-rezsimben.....	198
4.5.2. A döntéshozatal és az előnyök, hátrányok megoszlása a központosított villamosenergia-rendszerben.....	202
4.5.3. Az elosztott egységek döntéshozatali és előny-hátrány megoszlási hatásai	204
4.6. Az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciálja - összegzés	208
5. Összefoglalás	213
Felhasznált irodalom	219
Mellékletek	247
1. Melléklet: Innovációs elméletek és az állami beavatkozás jellemzői.....	247
2. Melléklet: A fenntartható energiarendszer követelményei	248
3. Melléklet: Az elosztott villamosenergia-termelési technológiák rövid bemutatása.....	249
4. Melléklet: Az IEA-UN energia-rendszerre vonatkozó fenntarthatósági indikátor-rendszer	269
5. Melléklet: Villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági értékelése I.-II.	270
6. Melléklet: A különböző villamosenergia-termelési technológiák indikátoronkénti átlagértékei	272

7.	Melléklet: A Within-groups eljárás agglomerációs táblázata	281
8.	Melléklet: A Klasztertagság 2 klaszter esetén.....	282
9.	Melléklet: A két-klaszteres megoldás ANOVA táblázata.....	283
10.	Melléklet: A két-klaszteres megoldás csoportképző ismérvei	284
11.	Melléklet: A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági értékelésére kialakított modell	285
12.	Melléklet: A Guilford-féle páros összehasonlítás módszerének alkalmazása a szakértői megkérdezésre*	289
13.	Melléklet: A Guilford féle eljárás eredményei	291
14.	Melléklet: A megújuló és az elosztott termelési egységek részaránya az EU tagállamaiban.....	312
15.	Melléklet: Hálózati veszteségek nemzetközi vonatkozásban	313
16.	Melléklet: Az energiatárolási technológiák műszaki jellemzői.....	314
17.	Melléklet: Az energiatárolási technológiák alrendszerek számára nyújtott előnyei.....	315
18.	Melléklet: Az EU-s tagállamok villamosenergia-piacainak liberalizáltsága	317
19.	Melléklet: Hálózati szabályozás az EU tagállamaiban.....	319
20.	Melléklet: A villamosenergia-piacok koncentrációjának alternatív mutatói	320
21.	Melléklet: A domináns piaci részesedéssel bíró villamosenergia- vállalatok adatai	324

Ábrák jegyzék

1.1. ábra: A dolgozat szerkezeti váza	11
2.1. ábra: A fenntarthatóság elérését segítő pályák	22
2.2. ábra: Innovációs típusok az alkotóelemek, valamint a rendszer és az alkotóelemek kapcsolata alapján	27
2.3. ábra: A rendszerinnováció értelmezése	28
2.4. ábra: A technológiai innováció és a fenntarthatóság dimenziói.....	31
2.5. ábra: A fenntartható fejlődés elveit támogató technológia innovációk fokozatai	33
2.6. ábra: A technológiai változás többszintű modellje	47
2.7. ábra: A rendszerinnovációk dinamikus szemlélete az MLP megközelítésben.....	47
2.8. ábra: A rendszerátmenet szakaszai és az átmenet-menedzsment feladatai	67
3.1. ábra: A villamosenergia-rendszer felépítése, vizsgálni kívánt eleme	88
3.2. ábra: A villamosenergia-rezsim techno-intézményi komplexumának visszacsatolási mechanizmusai	92
3.3. ábra: A villamosenergia-ellátás és fogyasztás hatásai a fenntartható fejlődés dimenziói mentén.....	98
3.4. ábra: Villamosenergia-termelési technológiák áttekintő ábrája	108
3.5. ábra: A Hierarchikus klaszteranalízis dendogramja a Legtávolabbi Szomszéd eljárás alkalmazása esetén	117
3.6. ábra: A Hierarchikus klaszteranalízis dendogramja a Within-groups eljárás alkalmazása esetén	118
4.1. ábra: A közepes- és kiefeszültségű elosztó-hálózatok alapanyag és munkaerőigénye a hálózatok teljes életciklusára vonatkoztatva	134
4.2. ábra: Szállítói alrendszer kibocsátása és energiaigénye az életciklus egyes szakaszaiban	134
4.3. ábra: A magas-, közepes- és kiefeszültségű elosztó hálózatok üvegházhatású gázkibocsátása a hálózatok teljes életciklusára vonatkozóan	136
4.4. ábra: Az Aktív hálózatok tagozódása.....	142
4.5. ábra: A virtuális erőművek egy lehetséges üzleti modellje.....	144
4.6. ábra: Miniergetikai hálózatok lehetséges felépítése	145
4.7. ábra: Miniergetikai rendszerek lehetséges üzleti modellje.....	146
4.8. ábra: Energiatárolási technológiák jellemzése a feltöltés, tárolás és kisütés függvényében	149
4.9. ábra: A villamosenergia-piac szabályzásának dimenziói.....	157
4.10. ábra: Az elosztott termelési egységek szabályozási háttere	159
4.11. ábra: Megújuló és kogenerációs erőművek támogatási rendszerei az EU-27-ben...	162
4.12. ábra: Piacszerkezet a hagyományos monopol, illetve a teljesen liberalizált modellben	169
4.13. ábra: Vállalattípusok az EU villamos energia piacain	170
4.14. ábra: Miniergetikai hálózatok „DSO monopólium” modellje.....	174
4.15. ábra: A „Termelő-Vevő Konzorcium” modellje	175

4.16. ábra: A Szabad Piaci modell	175
4.17. ábra: Stratégiai csoportok a vállalatok vertikális és horizontális integráltsága alapján	185
4.18. ábra: Stratégiai csoportok a vállalatok vertikális integráltsága és a RES alapú termelési technológiák kapacitásnövekedési részaránya alapján.....	186
4.19. ábra: Villamosenergia-szektor domináns vállalatainak fő kutatási területei.....	192
4.20. ábra: Fizetési hajlandóság a megújuló forrásokból származó energia iránt az EU-25-ben	193
4.21. ábra: A fogyasztói árak alakulása Európában (2008).....	204
4.22. ábra: Az elosztott termelési egységek diffúzióját befolyásoló rendszerjellemzők azonosítása	210

Táblázatok jegyzéke

2.1. táblázat: Fenntarthatósági koncepciók és az innováció szerepe.....	29
2.2. táblázat: Szakító innovációk és a technológiai rendszerek kapcsolata.....	50
2.3. táblázat: Intézmények csoportosítása, azok jellemzői.....	57
2.4. táblázat: Az intézményi változás szintjei	58
2.5. táblázat: A technológiai rendszerek elemei között fennálló kapcsolatok.....	74
2.6. táblázat: Rendszerfunkciók a különböző innovációs művekben.....	76
2.7. táblázat: A technológiai rezsimek dimenziói, azok jellemzői, és vizsgálati módjai	79
2.8. táblázat: A szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálati modellje82	
3.1. táblázat: Az Európai Unió fő fenntartható fejlődési célkitűzései.....	95
3.2. táblázat: A különböző villamosenergia-termelési technológiák bevezetésének és terjedésének (várható) hatásai a villamosenergia-rendszer ellátási láncára	105
3.3. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák műszaki indikátorai.....	113
3.4. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák gazdasági indikátorai	114
3.5. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák környezeti indikátorai	114
3.6. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák társadalmi indikátorai	115
3.7. táblázat: Agglomeration Schedule a „Legtávolabbi szomszéd” módszer alkalmazásakor	117
3.8. táblázat: Klasztertagság a kétklaszteres vizsgálatnál, csökkentett tényezőszámmal .	120
3.9. táblázat: Az egyes villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatóság sorrendje... ..	124
4.1. táblázat: Az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatának vizsgálati modellje	128
4.2. táblázat: A szállítói és elosztói alrendszer beruházási költségei	132
4.3. táblázat: A szállítói alrendszer alállomásainak alapanyagigénye Nagy-Britanniában	135
4.4. táblázat: Az elosztott termelési egységek hatása a szállító és elosztó hálózatok beruházásának késleltetésére (\$/kWh)	138
4.5. táblázat: Az aktív hálózati menedzsment bevezetésének várható gazdasági hatásai .	142
4.6. táblázat: Egy potenciális minihálózat és a hagyományos hálózat megbízhatósági, gazdasági és környezeti összevetése	147
4.7. táblázat: Az egyes tárolási technológiák beruházási, üzemeltetési és karbantartási költségei	151
4.8. táblázat: A villamosenergia-tárolási technológiák életciklus vizsgálata.....	152
4.9. táblázat: Piaci koncentráció néhány európai országban	173
4.10. táblázat: Az energia szektoron belüli egyesülések és felvásárlások motiváló tényezői.	180
4.11. táblázat: A környezeti bizonytalanság változása az ágazat deregulációjával.....	188
4.12. táblázat: Az Európai Unió 7 legnagyobb piaci részesedéssel bíró vállalatának adatai ..	194
4.13. táblázat: A piacvezető vállalatok tulajdonosi szerkezete	196
4.14. táblázat: Uralkodó rendszer döntéshozatali jellemzői.....	203

4.15. táblázat: Az elosztott energiahordozók által elérhető előnyök	205
4.16. táblázat: Elosztott termelés hátrányai.....	207
4.17. táblázat: Az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciálja	209

1. Bevezetés

A villamosenergia-ellátás a fejlett országokban mára olyan alapvető szolgáltatássá vált, melynek fontosságára szinte csak akkor figyelünk fel, amikor az valamilyen korlátozás, akadályoztatás – emberi vagy műszaki hiba; baleset, természeti katasztrófa, stb. – miatt nem érhető el számunkra. A villamos energia a legsokoldalúbb és legrugalmasabb módon hasznosítható másodlagos energiahordozó, melynek előállítása bármely elsődleges energiahordozóra alapozható, és a végső energiahasznosítás minden válfaja kielégíthető általa¹. A villamos energia fontos termelési tényező a gazdaság számára, hozzájárul a társadalom életszínvonalának és komfortfokozatának emeléséhez, általa működtethetők háztartási, ipari, kereskedelmi, és szórakoztató eszközeink és berendezéseink túlnyomó része, így nem csoda, hogy a mindennapok nélkülözhetetlen elemévé vált.

A villamosenergia-ellátás központosított rendszere több mint száz éves innovációs folyamat eredménye. A villamosenergia-termelés első „erőművei” helyi, független, fogyasztáshoz közel elhelyezkedő termelő egységek voltak. Kezdetben a villamosenergia-ellátás a magánházak világítását biztosította, a tulajdonos-üzemeltetők ezért a szolgáltatásért fizettek. A termelés alapját ebben az időben a szén hasznosítására épülő, alacsony hatékonyságú gőzmotorok jelentették. A hatékonyság növelési szándéka révén megjelenő, több fogyasztói csomópontot ellátó nagyteljesítményű termelési technológiák, a váltóáram és a tranzisztor feltalálása, így a nagyfeszültségű hálózatok alkalmazásának lehetővé válása, tulajdonképpen véget vetett a minihálózatok uralmának.

A második világháborút követően, a decentralizált rendszereket világszerte nagyteljesítményű erőművekre épülő, központosított hálózattá alakították át. Ebben a rendszerben a villamos energiát általában központi helyeken működő, nagyteljesítményű erőművekben állítják elő, és nagyfeszültségű szállító- és elosztó-hálózatok révén juttatják el a felhasználókhoz. A központosított villamosenergia-rendszer kiépítése és terjesztése mellett olyan érvek szóltak, mint a háború utáni újjáépítés; a várhatóan magas hozamokkal járó beruházások ösztönzése; az elektromos háztartási, ipari, kereskedelmi berendezések fejlesztési hullámai, valamint a fogyasztói társadalom megjelenése mind az Amerikai Egyesült Államokban, mind Nyugat-Európában. Az áramellátás terjedésének gyorsítása érdekében az egyes kormányok olyan törvényeket, szabályozásokat fogadtak el, melyek a központosított energiaellátást óvták a versenytől, óriási támogatásokkal, esetenként többletkapacitások kiépítésével. Az innovációs tevékenységek a nagyteljesítményű technológiák – például az atomenergia - fejlesztésére fókuszáltak. Emellett, néhány környezeti problémától eltekintve, a villamosenergia-rendszer természeti környezetre gyakorolt hatásai nem szerepeltek a villamosenergia-ágazattal kapcsolatos stratégiai döntések elemei között (Praetorius et al, 2009). Ezzel összhangban, a villamosenergia-rendszer szereplőinek gondolkodásmódját egyfajta „civilizációs küldetés” uralta. Általános nézetté vált, hogy ez a küldetés csak a technológiai és a gazdasági hatékonyság fokozásával

¹ A sokoldalú használatot az teszi lehetővé, hogy a villamos jelenségek sokféle fizikai hatást (fény, hő, mágneses indukció, erőhatás, stb.) képesek előidézni, melynek segítségével azt bármely más energiatípusra át lehet alakítani (Bihari, 1998, 94. o.).

teljesíthető. A technológiák, szervezeti és intézményi jellemzők ennek alárendelve kerültek kialakításra, miközben az „egyetlen helyes út” létének, illetve a „folyamatos növekedés” elvének ideológiai csapdait sem sikerült kiküszöbölni (Hart et al, 2000). Így idővel a fosszilis és nukleáris energiahordozókra épülő, nagyteljesítményű villamosenergia-rendszerek beágyazódtak a társadalomba, és a társadalmi elvárások, rutinok és preferenciák a meglévő rendszer dominanciáját támogatták. A komplex, bonyolult rendszerek sérülékenységétől való félelem, az energiaellátás biztonsági kérdései, az energiaimporttól való függés réme és csökkentési igénye, a fosszilis energiahordozók kimerülése, az energia minőség fenntartása, valamint a környezetvédelmi szempontok erősödése mind olyan tényezők, melyek hatásaként a villamosenergia-rendszerről alkotott paradigma megváltozni látszik.

Az elmúlt évtizedekben, a világ szinte minden országában tanúi lehettünk a villamosenergia-szektorra érintő, a piac újrastrukturálását, az intézményi és szabályozási reformokat, az üzleti stratégiák reorientációját, a fogyasztók újrafelfedezését, a különböző szintű technológiai fejlesztéseket ösztönző liberalizációs, de- illetve reregulációs, és dezintegrációs folyamatoknak. Annak ellenére, hogy ezek a folyamatok az egyes országokban más-más formát öltöttek, az alapjukat képező gazdasági elgondolás ugyanaz: a vertikálisan integrált vállalatok természetes monopóliumként való kezelése helyett, ma már a termelési és kereskedelmi versenytől várják, hogy megteremtse a választás lehetőségét, támogassa a különböző ellátási struktúrák megjelenését; valamint a társadalom egészét, a vállalatok versenyképességét befolyásoló villamos energia árak mérséklődését. Sajnálatos módon, a jelenlegi tapasztalatok némileg ellentmondanak ezen várakozásoknak: néhány piac nem vált olyan versenyképesé, mint ahogyan azt várták tőle; a korábbi vertikálisan integrált vállalatok, piaci és technológiai struktúrák továbbra is dominálnak bizonyos országokban; ráadásul az árak is alig csökkentek ahhoz képest, mint amilyenek a monopol piaci körülmények között voltak (Praetorius et al, 2009, 19. o.). A problémát tetézi, hogy még a liberalizációs, deregulációs folyamatok hátterében is a villamos energia árucikként való kezelésének elve húzódik meg. A villamos energia sem terméknek (kereskedése csak a termelés adott pillanatában lehetséges), sem energiaforrásnak (a villamosság energiahordozói a töltéshordozók) nem tekinthető. A villamosság egy fizikai jelenség, a villamosenergia-ellátás olyan szolgáltatás, mely akkor válik hasznossá, ha azt valamilyen energiatechnológia - pl. motor, számítógép, lámpa, stb. – segítségével hasznos formára alakíthatjuk.

A villamosenergia-ellátás és -fogyasztás uralkodó rendszere számos kedvezőtlen környezeti, gazdasági és társadalmi hatással, jellemzővel bír. Az elsősorban fosszilis energiahordozók – kőolaj, földgáz, szén – égetésére épülő villamosenergia-ellátás a felelős az üvegházhatású gázok - különösen a CO₂ – globális kibocsátásának mintegy 37,5%-ért. Így a különböző helyi és regionális környezetszennyezésen túl, nagymértékben hozzájárulnak az emberi életet, a földi ökoszisztémát veszélyeztető, emberi tevékenységhez köthető globális felmelegedéshez, klímaváltozáshoz² (IPCC, 2001). Ugyanakkor, a villamosenergia-rendszerrel kapcsolatos problémák nem korlátozódnak pusztán a klímaváltozás kérdésére. Az 1970-es évek olajválsága óta mind a különböző

² A problémát elsősorban nem a klímaváltozás jelensége, hanem az emberi tevékenység miatti gyorsulása jelenti.

nemzetközi szervezetek, mind az egyes országok kormányai kiemelt figyelmet szentelnek az energiabiztonság³ témakörére is. A villamosenergia-termelési célú primerenergiához forduló-felhasználás a világ összes halmozatlan primerenergia-felhasználásának 39%-át teszi ki, mely érték a jövőben várhatóan tovább emelkedik majd (Fazekas, 2006). Ráadásul, a villamosenergia-rendszer óriási mértékben függ a fosszilis energiahordozók rendelkezésre állásától. Globális viszonylatban, a villamosenergia-termelés primer-energiához forduló felhasználásán belül meghatározó szerepe van a szénnek, mely napjainkban megközelítőleg 43%-os részesedéssel bír. Bár a szén hozzájárulásának mértéke az 1970-es évek óta csökken, az egyes előrejelzések (pl. OECD – IEA, 2003, 410. o.) az elkövetkező évtizedekben további növekedést prognosztizálnak. A villamosenergia-termelés szempontjából a második legfontosabb energiahordozónak a földgáz tekinthető, melynek részaránya 2000-re 20%-ra emelkedett, és 2030-ra – az évi felhasználás növekedésének mérséklődése ellenére is – a vélemények szerint már eléri 31%-ot. Annak ellenére, hogy az egyes előrejelzések a kőolaj alapú villamosenergia-termelés növekedését nem tartják valószínűnek, a teljes globális villamosenergia-termelésen belüli jelenlegi részaránya mégis figyelemre méltó, megközelíti a 9%-ot. Érdeemes megemlíteni továbbá, hogy a számos környezeti, biztonsági és egészségügyi problémát felvető nukleárisenergia-hasznosítás villamosenergia-termeléshez való hozzájárulása eléri a 19%-ot, míg a víz és egyéb megújuló energiahordozók csupán összesen 10%-os részaránnyal bírnak. Dominanciájuk ellenére a fosszilis energiahordozó készletek korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, ráadásul, földrajzi eloszlásuk egyenlőtlen.

A fosszilis energiahordozókat nem megújuló energiahordozóknak tekintjük, hiszen kialakulási idejük több millió évet igényel. A helyzetet tovább súlyosbítja, hogy annak ellenére, hogy rendelkezünk bizonyos információval az egyes energiahordozó készletek földtani⁴, és műrevaló⁵ vagyonát, illetve az energiafelhasználás jelenlegi és várható jövőbeli értékeit, tendenciáit illetően, nem tudjuk pontosan meghatározni, mennyi ideig elegendők a meglévő készletek a kereslet fedezésére. A kőolaj, a szén, és a földgáz készletek egyenlőtlen területi eloszlása, így a termelői és fogyasztói övezetek egybeesésének marginális volta jelentős kockázatokat foglal magában. A kitermelt energiahordozók készletezése és tárolása, mind a földgáz, mind a kőolaj esetében költséges és lehetősége korlátozott, vezetékessé szállításuk érzékeny, sérülékeny. Ezen felül, a fosszilis energiahordozókkal nem, vagy korlátozottan rendelkező országok, térségek kialakult, és várhatóan növekvő importfüggősége fontos geopolitikai problémákat vet fel, érzékeny és kiszolgáltatottá teszi energiarendszerüket más, fosszilis energiahordozókkal bíró országok, térségek, szervezetek árszabási és általános stratégiáival szemben.

³ A villamosenergia-ellátás biztonsága a villamosenergia-rendszer azon tulajdonságát jelenti, hogy a vételezési pontokon képes a végfelhasználókat meghatározott színvonalon, minőségben és folyamatosan energiával ellátni és az ellátást fenntartani az érvényben lévő szabványoknak, előírásoknak és szerződéses feltételeknek megfelelően.

⁴ Az ásványi nyersanyag kutatási adatokkal igazolt teljes mennyisége, amely az ásványi nyersanyagra jellemző paraméterek (számbavételi kondíciók) alapján műszaki és gazdasági korlátok alkalmazása nélkül számításokkal megállapítható (Zsebik, 2003/b).

⁵ Adott helyen, a jelen és a helyi – várhatóan gazdaságos – feltételek között működő és rendelkezésre álló technológiával feltárható, igazolt mennyiség (Reményi, 2009. 323. o.)

Bár a modern nyugati társadalmakban szinte elképzelhetetlen, hogy valaki nem kapcsolódik a villamos hálózathoz, a világ lakosságának megközelítőleg egyharmada számára mégis ez a realitás (EREC, 2007, 17. o.). Az iparilag fejlett országok, melyek a Föld lakosságának kevesebb, mint egynegyedét teszik ki, az összes villamos energia háromnegyedét termelik és fogyasztják el, ami azt mutatja, hogy a világ eltérő gazdasági fejlettségű régiói között a fajlagos villamosenergia-felhasználás tekintetében óriási szakadék tátong. Sőt, a rendelkezésre álló adatok azt is mutatják, hogy a világ villamosenergia-igényének növekedése több mint kétszerese a népességnövekedés ütemének, és a globális gazdasági növekedés átlagos éves ütemét is meghaladja.

A központosított villamosenergia-rendszert tehát a javarészt kimerülő energiahordozókra épülő villamosenergia-termelési technológiák alkalmazása, a természeti környezetre gyakorolt káros hatások, a villamosenergia-ellátáshoz való hozzáférés generáción belüli, illetve a generációk közötti egyenlőtlensége, valamint a jelenlegi rendszer működésének hátterében meghúzódó ideológiai alapok, döntéshozatali mechanizmusok jellemzik. Mindez azt sugallja, hogy napjaink villamosenergia-rendszere nem tesz eleget a fenntartható fejlődés követelményeinek.

A fenntartható fejlődés legnépszerűbb definíciója a Brundtland Bizottságnak tulajdonítható, mely 1987-ben „Közös Jövők” c. kiadványában úgy határozta meg a fenntarthatóságot, mint olyan fejlődést, mely lehetővé teszi, hogy úgy elégítsük ki a jelen generáció szükségleteit, hogy azzal ne veszélyeztessük a jövő generációit saját alapvető szükségleteik kielégítésében (WCED, 1987, 43. o.). Ennek értelmében, a gazdasági, társadalmi fejlődés és a környezetvédelem egymást kölcsönösen kiegészítő célok, azaz egyik dimenzió sem korlátozhatja a másikat. A fenntartható fejlődés elve napjainkban kiemelten fontos szerepet tölt be mind a nemzetközi, mind a nemzeti politikaalkotási folyamatokban. Ennek oka főként abban kereshető, hogy a tudományos közösség, az üzleti élet, a társadalom szereplői, tagjai egyre növekvő mértékben ismerik fel a fenntarthatóságnak, az emberi élet és a természeti környezet jövőbeli egészségének és jólétének biztosításában betöltött jelentőségét. Ugyanakkor, fontos azt is megemlítenünk, hogy a fenntartható fejlődés általánosan elfogadott definíciója ezidáig nem került kidolgozásra. Ez nagyrészt annak tudható be, hogy a fenntarthatóság elve eltérő jelentéssel bír az egyes emberek számára, és ezek az értelmezések a körülmények változásával eltérő módon alakulnak⁶. Abban azonban mindenki egyetért, hogy a gazdasági tevékenység összhangban kell, hogy álljon a korlátozottan rendelkezésre álló természeti erőforrások fenntartható használatával, az ökoszisztéma jellemzőinek és funkcióinak megőrzésével, a biológiai diverzitás megtartásával, a károsanyag-kibocsátás természeti tűrőképességen belüli tartásával, a természeti környezet visszafordíthatatlan károsításának elkerülésével, miközben segíti az inter- és intragenerációs egyenlőtlenség, a szegénység és kirekesztettség elleni küzdelmet.

⁶ Ahogyan Norgaard (1988, 607. o.) fogalmaz: „a környezetvédők azt szeretnék, ha a környezet lenne fenntartható. A fogyasztók azt szeretnék, ha a fogyasztás lenne fenntartható. A munkások azt szeretnék, hogy munkahelyük legyen fenntartható”.

A központosított villamosenergia-rendszerrel összefüggésbe hozható, fent bemutatott problémák rávilágítottak arra, hogy a fenntartható fejlődés eléréséhez **elkerülhetetlen a rendszer változtatása**, a kérdés csak az, hogy hogyan, mely módszerek, politikák, eszközök segítségével tehetjük ezt meg.

A Brundtland Bizottság meghatározása óta eltelt időben nemcsak a fenntartható fejlődés definícióinak tucatjai jelentek meg, hanem tanulmányozás alá kerültek azok a folyamatok, területek is, melyek a fenntarthatóság elérését szolgálhatják. A fenntartható fejlődés technológiai szemlélete központi szerepet tulajdonít a technológiai fejlődésnek, a környezeti és fenntartható innovációknak a fenntarthatóság felé vezető változási folyamatban. A technológiai változásokkal, innovációkkal kapcsolatos érzéseink azonban meglehetősen ambivalensek, hiszen egyrészt nagymértékben járultak hozzá ahhoz, hogy a fejlődés ne legyen fenntartható, másrészt kiemelten fontos szerepük van a fenntartható fejlődést szolgáló megoldások megtalálásában. A technológiai szemlélet képviselői (pl. Grübler, 1998; IPCC, 2001; Geels, 2005) a radikálisan jobb teljesítménnyel bíró új, környezeti és fenntartható technológiák kifejlesztésében és diffúziójában látják a fő feladatot. A környezeti innovációk alatt értik mindazon új, vagy módosított folyamatokat, technikákat, gyakorlatokat, termékeket, szolgáltatásokat, melyek révén elkerülhető, vagy csökkenthető a környezet károsítása (Kemp – Arundel, 1998, Berkhout, 2002). A fenntartható innovációk a környezeti dimenzió mellett a fenntartható fejlődés gazdasági, társadalmi és intézményi célkitűzéseit is figyelembe veszik⁷.

A fenntartható technológiai innovációk szerepét vizsgáló tanulmányok alapvetően három megoldástípust különböztetnek meg egymástól. Az első kategóriába sorolhatók az ún. csővégi megoldások, melyek általában véve, a meglévő infrastruktúra érintetlenül hagyása mellett, a környezeti károk pótlólagos technológiák alkalmazása révén történő csökkentését, felszámolását segítik, így minimalizálják a rendszeren belüli változtatás igényét. Amennyiben a csővégi megoldások elégtelennek bizonyulnak, azok az alternatív megoldások kerülnek előtérbe, melyek a lehető legkisebb változást okozzák a rendszer struktúrájában. Ez azt jelenti, hogy a változtatás a meglévő technológiai trajektóriát követő fejlesztésekre fókuszál, arra törekszik, hogy a legnagyobb hasonlóságot tartsa meg a régi és az új rendszer között. Következésképp, a fejlesztés csak néhány, korlátozott számú komponens cseréjére vonatkozik. A harmadik lehetőség a meglévő rendszer teljes felszámolása, leváltása. Ebben az esetben olyan szakító jellegű innovációkra van szükség, melyek lehetővé teszik a kedvezőbb rendszerre történő átállást. Ezek az ún. rendszerinnovációk, Abernathy és Clark (1985) csoportosítását alapul véve, olyan architektúráis innovációknak tekinthetők, melyek a teljes társadalmi-technológiai rendszer struktúráját megváltoztatják, nemcsak az ellátási, vagy kínálati, hanem a keresleti, azaz felhasználó oldali változásokat is előidéznek. A rendszerinnovációk ennek értelmében különböző innovációk összességét jelentik, melyek új, vagy már létező szolgáltatások új módon történő nyújtását teszik lehetővé, miközben új logikát, alapelveket és gyakorlatot hívnak életre (Berkhout, 2002). A rendszerinnovációs irodalmi források tehát túllépnek a

⁷ Hangsúlyozzák továbbá, hogy a technológiai változás a fő hajtóereje a globális energiarendszerek dekarbonizációjának.

technológiai innováció szerepének hangoztatásán, és azt állítják, hogy a gazdasági, társadalmi és környezeti fejlődés aspektusainak együttes érvényesítési lehetősége nemcsak a rendelkezésre álló technológiáktól és azok jellemzőitől, hanem az innovációs stratégiáktól, a szervezeti, intézményi és társadalmi változásoktól is függ. Ahogyan Rotmans és szerzőtársai (2001) megfogalmazták, a fenntartható fejlődés elérésével kapcsolatos problematikák a 22-es csapdáját képviselik abban az értelemben, hogy gyökereik mélyen beágyazódtak társadalmi rendszerünkbe, kultúránkba, szokásainkba, beruházási döntéseinkbe, intézményi és szervezeti struktúráinkba, így azok érintetlenül hagyása esetén állandó jelenlétük, visszatérésük elkerülhetetlen.

Véleményem szerint a technológiai innováció szerepe vitathatatlan a villamosenergia-rendszer fenntarthatóvá tételében. Az elmúlt évtizedekben ugyanis az energiahordozók és a termelési technológiák kapcsolata olyannyira specializálttá vált, hogy nem cserélhetjük le, nem helyettesíthetjük az energiahordozókat egymással, ha a hasznosításukra szolgáló technológiák nem állnak rendelkezésre. Ugyanakkor, úgy vélem, hogy nem csupán a hagyományos, fosszilis energiahordozók hasznosítására épülő termelési technológiák tehetők felelőssé a központosított villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés elvei közötti összhang hiányáért, vagyis a termelési technológiák egyszerű leváltása, helyettesítése szükséges, de nem elégséges feltétele a rendszer fenntarthatóvá tételének. ***A fenntarthatóság felé történő elmozdulást támogató technológiai változásnak nemcsak az új műtárgyak megjelenését kell felölelnie, hanem az új piacok, felhasználói gyakorlatok, szabályozások, infrastruktúrák és kulturális jelentések változását is elő kell idéznie.*** Mindez pedig azt sugallja, hogy a csövégi és megtartó innovációk mellett olyan rendszerszintű változásokra van szükség, melyek a már említett rendszerinnovációk révén érhetők el.

A térben kiterjedt, összetett struktúrájú villamosenergia-rendszer a legbonyolultabb, legnagyobb méretű, komplex műszaki rendszerek közé sorolható. A villamosenergia-rendszer a technológiák, az emberek, szervezetek, hálózatok és intézmények összességéből álló szisztéma, amelynek előbb említett elemei együttesen képesek egy speciális feladat, a villamosenergia-ellátás biztosítására. Annak érdekében tehát, hogy megértsük, hogyan mehet végbe e technológiai rendszer szakító innovációja, milyen szerepet tölthetnek be az egyes rendszerelemek a változás folyamatában a technológiai rendszerek változásával foglalkozó szakirodalom átvilágítására van szükségünk.

Annak ellenére, hogy a rendszerinnovációt, valamint a rendszerinnováció és a fenntartható fejlődés kapcsolatrendszerét vizsgáló kvázi evolúciós elmélet viszonylag új irányzatnak tekinthető, a technológiai rendszerek stabilitásának és fejlődésének vizsgálata valamennyi innovációs elméleti irányzatnál tetten érhető. Az innovációs elméletek egyik közös vonása, hogy hangsúlyozzák: a villamosenergia-rendszerekhez hasonló nagy technológiai rendszerek nem ismerhetők meg, nem elemezhetők azáltal, hogy pusztán a fizikai műtárgyak vizsgálatára összpontosítunk, elengedhetetlen a teljes rendszer elemzése. Közös elemük továbbá, hogy különbséget tesznek a fokozatos és radikális, a rendszer elemeinek és kapcsolatrendszerének változatlanságát megtartó, illetve azokkal szakító innovációk között. ***Emellett, mindannyian kiemelik, hogy minél nagyobb mértékű változást***

szeretnénk elérni egy technológiai rendszerben, annál nagyobb lesz az adott rendszer ellenállása a változással szemben. Ahhoz tehát, hogy azonosíthassuk a rendszerváltozás ösztönzésének és támogatásának lehetséges módjait, modelljeit, meg kell ismernünk, értenünk kell a rendszerváltozással szembeni ellenállás jelenségét, illetve a jelenség kialakulásának háttérében meghúzódó tényezőket.

Az elmúlt évtizedekben, a villamosenergia-termeléssel és fogyasztással kapcsolatos nemzeti és nemzetközi tudományos kutatások, politikai célkitűzések középpontjában elsősorban azon **technológiai megoldások, innovációk** felkutatása és támogatása állt, melyek lehetővé teszik az ellátás-biztonsági problémák, a rendszerrel összefüggésbe hozható szennyezés-kibocsátás, valamint a nem megújuló erőforrások alkalmazásának csökkentését, felszámolását. A témával foglalkozó kutatások, politikai célkitűzések a villamosenergia-rendszer fenntarthatóvá tételét alapvetően két tényező, az **energiahatékonyság** és a **dekarbonizáció** ösztönzésében látják.

A villamosenergia-rendszer kialakulásának már kezdeti időszakában is az **energiahatékonyság** fokozása a teljes decentralizált rendszert birtokló szolgáltató vállalatok számára is fontos ösztönző tényező volt, hiszen a vevők számára nem a villamos energiát, hanem a villamos energia révén garantált szolgáltatást, világítást, értékesítették (Edison például az izzók száma alapján határozta meg a szolgáltatási díjat). Következésképpen, nemcsak a villamosenergia-termelés, szállítás és elosztás hatékonysága, hanem a hasznosítás, felhasználás hatékonysága is fontos fejlesztési szempont volt számukra. A villamosenergia-rendszer központosításával, a mérőberendezések alkalmazásával, a különböző hasznosítási lehetőségek megjelenésével, valamint az elektronikus eszközök, berendezések számának növekedésével a villamos energia biztosítása önálló szolgáltatássá vált, az energiahatékonyság fogyasztói oldalon való ösztönzése veszített jelentőségéből, sőt sok esetben ellentétes a villamosenergia-szektor vállalatainak pénzügyi célkitűzéseivel.

A dekarbonizáció egyik lehetséges módját **az atmoszferikus szén-dioxid megfogási technológiák, valamint a termelési, szállítási, elosztási folyamatok additív technológiai képviselik**. Bár vitathatatlan, hogy ezek a fejlesztések segítik a rendszerrel összefüggésbe hozható negatív környezeti hatások mérséklését, nem elegendők ahhoz, hogy a környezetszennyezést kiváltó okokat, a nem megújuló energiahordozók alkalmazását, vagy a villamosenergia-ellátás és fogyasztás jelenlegi rendszerével kapcsolatos gazdasági és társadalmi problémákat minimalizálhassuk, felszámolhassuk. Ez az oka annak, hogy a másik lehetséges útja, a **megújuló energiatechnológiák** alkalmazásának növelési szándéka nagyobb figyelmet kap az energiapolitikai célkitűzésekben, elméleti és gyakorlati kutatásokban.

Az Európai Unió például célul tűzte ki, hogy 2010-re az energiafogyasztás 12%-át megújuló energiahordozókból kell fedezni, és a villamosenergia-termelés 22,1%-a kell, hogy megújuló energiahordozókból származzon. Az EU 2006/32/EC energiahatékonyságra és energiafogyasztásra vonatkozó direktívája, valamint a 2005-ben elkészített

Energiahatékonysági Zöld Könyve, kiemelten foglalkozik az energiahatékonyság fejlesztésének útjában álló akadályokkal, a hatékonyság növelése érdekében meghozandó közösségi és nemzeti szintű intézkedésekkel is. Az EU 2020-ra vonatkozó ún. „20-20-20” ambiciózus törekvésének sarkalatos pontjait az energiahatékonyság 20%-os fokozása, a megújulók teljes energiafogyasztáshoz való hozzájárulásának 20%-ra való emelése, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának 20%-kal való csökkentése képezik. Ugyanakkor, az előrehaladási jelentések azt mutatják, hogy a megújuló energiahordozók nem találják helyüket az EU energiapiacain, és a szolgáltatók általi átvételük sem növekszik olyan mértékben, mint ahogyan azt az EU energiapolitikájában előirányozták. Sőt, a globális energiarendszer jelenlegi fejlődési trendjei is azt mutatják, hogy mind az energiahatékonyság fokozása, mind a megújulók terjedése túl lassú ütemben halad ahhoz, hogy a fenntarthatóság irányába való elmozdulást ösztönözzék (Praetorius et al, 2009, 19. o.). Bár a megújuló energiahordozókra épülő villamosenergia-termelési technológiák alkalmazása a fosszilis energiahordozók kiváltása révén nemcsak a negatív környezeti hatások mérséklését eredményezheti, hanem hozzájárulhat a nem megújuló energiahordozóktól való függőség mértékének csökkentéséhez is, terjedésük számtalan, jogi, politikai, piaci, és műszaki akadályba ütközik. Ezek közül mindenképp kiemelendő, hogy a megújuló energiatermelési technológiák többsége szakaszos energiatermelési képességük miatt nem kompatibilisek a központosított villamosenergia-rendszer működési elveivel, ráadásul, a nagyteljesítményű víz- és szél erőművek kivételével, mind a kisteljesítményű, ún. elosztott termelési technológiák közé sorolhatók, sőt elfogadottságukat negatívan befolyásolja, hogy kifejlesztésük a villamosenergia-rendszeren kívül elhelyezkedő szervezetekhez köthető.

A dekarbonizációt támogató harmadik technológiai lehetőséget az „*ún. elosztott villamosenergia-termelési egységek*” (újbóli) használata képviseli. Az elosztott termelési egység egy új kifejezés, mely a kisteljesítményű, általában 100MW kapacitáshatár alatti villamosenergia-termelési technológiák összességére vonatkozik. Ezek a termelési technológiák a fogyasztáshoz közel helyezkednek el, és a helyben elérhető megújuló, vagy hagyományos energiaforrásokat hasznosítják, miközben lehetőséget biztosíthatnak a másodlagos energia, a hulladékhő fűtési, hűtési, melegvíz előállításai vagy ipari, technológiai folyamatokon belüli alkalmazására, valamint az energiahatékonyság fokozására is. Ezek a termelési egységek önállóan, vagy az elosztó hálózatra kapcsolva is működtethetők.

A villamosenergia-rendszer fenntartható pályára állításának kérdésével foglalkozó rendszerinnovációs elméleti kutatások (pl. Dincer, 2000; Unruh, 2002; Kemp, 2008; Mulder, 2007; Lund, 2007) a CO₂-megfogási és tárolási technológiákat a csővégi, az energiahatékonysági fejlesztések, valamint a fosszilis termelési egységek helyettesítését lehetővé tévő megújuló villamosenergia-termelési egységeket pedig a megtartó innovációk kategóriájába sorolják, és a kisteljesítményű, elosztott megoldásokat a szakító stratégia fontos elemének tekintik⁸.

⁸ Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a rendszer jelenlegi struktúráját megtartó, és az azzal szakító változások közötti különbség méretfüggő jelenség, hiszen míg például a tüzelőanyag cellás motorok fenntartó innovációnak tekinthetők a közlekedési rendszer vonatkozásában, szakító innovációt jelentenek a belső égésű motorokat gyártó vállalatoknak (Unruh, 2002).

Az elmúlt években több, a megújuló és elosztott villamosenergia-termelési technológiákhoz köthető - beruházás-gazdaságossági, innovációs, fenntarthatósági, hálózatosodási és versenyképességi kérdéssel foglalkozó - kutatásban vettem részt. Kutatómunkám során bepillantást nyertem a megújuló és elosztott termelési egységekkel foglalkozó szakirodalomba, valamint megismerkedhettem ezen technológiák alkalmazásának és terjedésének Európai Uniós gyakorlatával. ***Annak ellenére azonban, hogy e témában szinte „korlátlan mennyiségű” publikáció, kutatási anyag lát napvilágot, és az Európai Unió energiapolitikája óriási szerepet tulajdonít a megújuló és kapcsolt villamosenergia-termelési technológiáknak a versenyképes, fenntartható és biztonságos energiarendszer elérésében, mind a szakirodalom, mind a gyakorlat terén hiányosságok tapasztalhatók.***

Az egyik legfontosabb problémának a fenntartható villamosenergia-rendszer definíciójának hiánya tekinthető. Bár néhány elméleti kutatás (ld. Alanne –Saari, 2006) kísérletet tesz a fogalom meghatározására, jellemzőinek leírására, ***az Európai Unió gyakorlatban nem jelenik meg egy egységes, kompromisszumos elgondolás arra vonatkozóan, hogy mit is érthetünk fenntartható villamosenergia-rendszer alatt.*** Ugyanakkor, ahogyan a fenntartható fejlődés fogalmához kapcsolódó globális gazdasági, társadalmi és környezeti problémák megoldása is elképzelhetetlen egységes vízió és arra épülő stratégia nélkül, a villamosenergia-rendszer változtatásának vonatkozásában is vitathatatlan annak szerepe. Másodszor, annak ellenére, hogy a szakirodalom a megújuló és elosztott termelési technológiákat környezeti, illetve fenntartható technológiai innovációknak tekinti, és az Európai Unió direktívákat dolgoz ki ezen technológiák részarányának növelése és támogatása tekintetében, ***nincs egységesen követett módszertan, általánosan elfogadott elemzési keretrendszer a különböző villamosenergia-termelési technológiák relatív fenntarthatósági színvonalélemzésére, mely ezen elméleti megállapításokat, gyakorlati kezdeményezéseket alátámaszthatná.*** Harmadszor, habár a ***rendszerinnovációs megközelítést alapul vevő, fent említett irodalmi források fenntartható rendszerinnovációs lehetőségként tekintenek az elosztott termelési egységekre, nem vizsgálják az elosztott villamosenergia-termelési egységek rendszerváltoztatási képességét.***

Felmerülhet a kérdés, hogy mitől válik ez az elsőre műszaki jellegűnek tűnő probléma, innovációs témakör közgazdaságtani szempontból is elemezendő területté, és miért kell a fenti kérdéseket vizsgálat alá vonnunk?

Napjaink globális piacait olyan állandó és átható gazdasági, társadalmi és technológiai változások jellemzik, mely változásokhoz való alkalmazkodást könnyítheti meg az innováció. A műszaki, közgazdasági, szociológiai és pszichológiai tudományterületeken tevékenykedő, innovációval foglalkozó kutatók egyetértenek abban, hogy az innováció fontos szerepet játszik a gazdaság működése, fejlődése, versenyképessége, a vállalatok teljesítményének szinten tartása és fokozása, az életminőség, életszínvonal emelése terén. Ugyanakkor, az egyes tudományterületek eltérő aspektusokból vizsgálják az innováció folyamatát, hatásait. A közgazdaságtani kutatások általában véve az innováció és gazdasági növekedés kapcsolatrendszerének, a szervezeti, vállalati szintű innovációs tevékenység szerteágazó kérdéseinek, a nemzeti, ágazati innovációs rendszerek működésének, az

újdonság diffúziójának, annak állami elősegítési módjaival, térbeli hatásainak vizsgálatával foglalkoznak. Amellett, hogy a technológia-menedzsment irodalmak kutatási fókuszában is az új technológiák megjelenési folyamatainak, a technológiáknak a szervezetek eredményes és hatékony működéséhez való hozzájárulásának vizsgálata áll, a technológiai változás természetének és dinamikájának elemzése is fontos kutatási területet képvisel. A szociológiai és pszichológiai gyökerekkel bíró innováció-elméleti kutatások sajátossága, hogy kiemelt figyelmet szentelnek az innovációt támogató mikro- és makroszintű jellemzőknek, valamint az innovációk szervezeti és társadalmi adaptációjának, fogadtatásának (Gopalakrishnan – Damanpour, 1997). Ahogyan azt a rendszerinnováció fogalma is sugallja, ezek olyan komplex jelenségeknek tekinthetők, melyeknek politikai, jogi, közgazdasági, műszaki és szociológiai implikációi vannak, azaz a rendszerinnováció témaköre a műszaki, közgazdaságtani és szociológiai innováció-kutatások kvázi metszéspontjában található.

Emellett, az egyre sürgetőbb gazdasági és társadalmi problémákat előidéző környezeti problémák leküzdése tekintetében is fontos szerep hárul, az alapvetően közgazdasági témakörnek tekinthető, a javak előállítási és fogyasztási rendszereinek fenntarthatóvá tételére. Ennek köszönhetően a közgazdaságtudomány területén is tetten érhető egyfajta paradigmaváltás, ami a neoklasszikus elvekre épülő környezet-gazdaságtan megállapításait és feltételezéseit megkérdőjelező ökológiai közgazdaságtani irányzat, valamint az annak égisze alatt születő, a szervezetek, a vállalatok, a társadalom, a piac, az állam, és a technológia fenntartható fejlődésben betöltött szerepét vizsgáló kutatások megjelenésében és erősödésében is megnyilvánul.

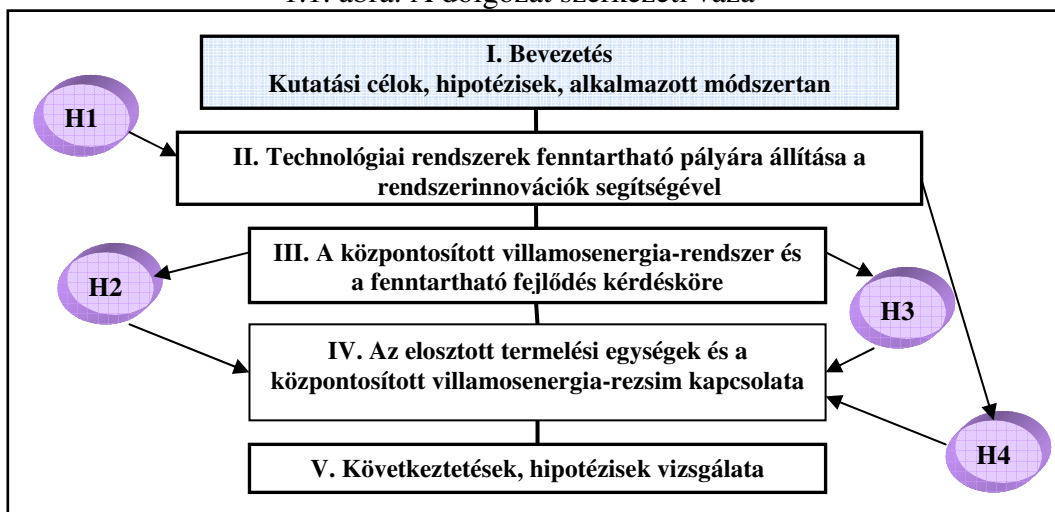
Mindebből az következik, hogy a villamosenergia-termelés és fogyasztás rendszerének rendszerinnovációk révén történő fenntartható pályára állítása olyan komplex, multidiszciplináris terület, melynek elemzése során nem határolhatók el egymástól élesen a műszaki, technológiai, jogi, politikai, közgazdasági és szociológiai kérdések. Erre figyelmeztetnek a megújuló és elosztott termelési egységekkel kapcsolatos gyakorlati megvalósítás problematikái (pl. a műszaki és technológiai jellemzőket figyelmen kívül hagyó szabályozások, vagy a társadalmi hatásokat mellőző beruházási döntések) is. Amennyiben pedig ezen terület vizsgálatának szigorú értelemben vett közgazdasági motivációját keressük, megállapítható, hogy a fenti kérdések nyitottsága nemcsak az egyes gazdasági szereplőknél jelentkező, a hatékonysági problémák és profitabilitási célok ütközésének feloldását nehezíti, hanem a stratégiai döntések megalapozatlanságát is eredményezi. Annak ellenére ugyanis, hogy nem rendelkezünk egységes vízióval a fenntartható villamosenergia-rendszer tekintetében, - ebből következően nincs egyhangúan elfogadott elemzési keretrendszer a megújuló és elosztott termelési technológiák fenntarthatósághoz való hozzájárulásának, rendszerváltoztatási képességének igazolására, vagy elvetésére-, mégis stratégiai és operatív szintű, jogi, politikai, szervezeti és fogyasztói döntések sokasága születik meg a megújuló és elosztott termelési technológiák alkalmazásának, használatának, támogatásának, valamint a velük kapcsolatos K+F tevékenységek ösztönzésének tekintetében.

Mindezt alapul véve, jelen dolgozat kiindulási alapját az az elgondolás képezi, miszerint a fenntartható villamosenergia-rendszer felé vezető út megtalálása, támogatása napjaink legfontosabb stratégiai feladatai közé tartozik, melyben kiemelt szerep jut a rendszerinnovációk ösztönzésének.

A dolgozat az alábbi négy fő hipotézis vizsgálatára vállalkozik:

- H1: *Bár a különböző innovációs elméletek eltérő mértékben és módon tárgyalják a technológiai rendszerek változásának folyamatát, és az uralkodó technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállását más-más fogalmakkal írják le, azok mögött egységes váz húzódik meg.* A dolgozatban a különböző konfigurációk azonos elemeinek és irányultságuk egységes mivoltának feltárására vállalkozom.
- H2: *A szakirodalomban méretük és elhelyezkedésük alapján definiált elosztott villamosenergia-termelési egységek környezeti, gazdasági, társadalmi és műszaki jellemzőiket tekintve a fosszilis és nukleáris nagyteljesítményű termelési technológiáktól jól elkülöníthető csoportba – klaszterbe – sorolhatók.*
- H3: *A villamosenergia-termelési technológiák egymáshoz viszonyított – relatív – fenntarthatósági sorrendjében az elosztott termelési technológiák megelőzik a központosított fosszilis és nukleáris termelési technológiákat.*
- H4: *Az elosztott villamosenergia-termelési technológiák rendszerinnovációs potenciállal rendelkeznek, azaz felismerhetők, azonosíthatók az általuk előidézett és hozzájuk közvetlenül kapcsolódó uralkodó technológiai rendszer architektúrális módosulásai.*

1.1. ábra: A dolgozat szerkezeti váza



Forrás: saját szerkesztés

Az értekezés az 1.1. ábrán látható logikát követi. Ahogyan az ábra is mutatja, a dolgozat alapvetően három fő részre tagolható.

A dolgozat első részében szakirodalmi kutatást végzek a technológiai rendszerek rendszerinnovációjának témakörében. Ennek során kiemelt figyelmet szentelnek a

technológiai rendszer fogalmának lehatárolására, a fenntartható fejlődés és a rendszerinnovációk kapcsolatának bemutatására. Az innováció és technológiai változás vizsgálatával foglalkozó szakirodalmi megközelítések, elméletek áttekintése révén arra keresem a választ, miben gyökerezhet a technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállása. Ezt követően a technológiai rendszerek technológiai és intézményi bezáródásának forrásait vizsgálom, és bemutatom, hogyan vélekednek a legújabb evolúciós és kvázi evolúciós elméletek az állami szerepvállalásnak a technológiai rendszerek fenntartható pályára állításában betöltött szerepéről. Végül, rövid áttekintést adok a technológiai rendszerek szakirodalomban alkalmazott vizsgálati modelljeiről. A rendszerinnováció elméletével foglalkozó fejezet megállapítására alapozva bevezetem a technológiai rezsim és a szakító innováció kapcsolatrendszerének elemzését segítő dimenziális keretrendszeremet.

A második nagyobb egységben a központosított villamosenergia-rendszer fenntartható pályára állításának kérdéskörét tanulmányozom. A villamosenergia-ellátás történeti fejlődésének, a központosított villamosenergia-rendszer technológiai rezsimként való értelmezésének, valamint a villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés kapcsolatának ismertetését követően, a rendszer pályafüggőségével, és ezen pálya elhagyásának technológiai lehetőségeivel, foglalkozom. Az elosztott termelési egységek definiálását követően bemutatom a villamosenergia-termelési technológiák relatív fenntarthatósági értékelésére kidolgozott indikátor-rendszeremet, majd erre építve készítem el a különböző villamosenergia-termelési technológiák klaszteranalízisét, és az egyes termelési egységek relatív fenntarthatósági összemérését.

A dolgozat harmadik fő egységében az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatát veszem górcső alá, az elemzés fókuszát az Európai Unióra szűkítve. Az empirikus vizsgálat során az elosztott termelési egységeknek a központosított villamosenergia-rendszer fizikai, szervezeti, szerkezeti, intézményi és politikai dimenzióira gyakorolt hatásainak, valamint a központosított villamosenergia-rendszer elosztott termelési egységekkel szemben támasztott akadályainak feltárására teszek kísérletet.

Végül, az utolsó fejezetben szintetizálom a dolgozat eredményeit, és összegezem a hipotézisekre adott válaszokat.

A kutatás módszertanát tekintve megállapítható, hogy a dolgozat, - mind a szakirodalmi vizsgálatot, mind az empirikus elemzést tekintve - elsősorban szekunder kutatásra épül. Ugyanakkor, a különböző villamosenergia-termelési technológiák relatív fenntarthatósági elemzésénél alkalmazott indikátorok súlyait primer kutatás, - szakértői megkérdezés – segítségével, a Guilford-féle páros összehasonlítás módszerével határoztam meg. A leíró elemzések mellett, a villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági színvonalelemzését többszemponútú döntési modell kialakításával, a villamosenergia-termelési technológiák klaszteranalízisét pedig az SPSS 18.0 statisztikai elemző program segítségével végeztem el.

2. A technológiai rendszerek fenntartható pályára állítása a rendszerinnovációk segítségével

A dolgozat egyik alapfeltevése, hogy az innováció, azon belül is az ún. fenntartható rendszerinnováció kulcsfontosságú szerepet tölt be a villamosenergia-rendszer fenntarthatóbb pályára állításában. Jelen fejezet célja, hogy segítse annak megismerését és megértését, mi a szerepe a rendszerinnovációknak a fenntartható fejlődés elérésében és hogyan értelmezhető és vizsgálható a szakító innovációk rendszerinnovációs potenciálja. Ennek érdekében bemutatásra kerül, hogy mit is értünk technológiai rendszeren, hogyan vélekednek az egyes elméleti irányzatok az innováció és a fenntartható fejlődés kapcsolatáról és a rendszerinnovációk jelentőségéről, az innováció technológiai rendszerek változásában betöltött szerepéről, valamint az azok megjelenését és terjedését akadályozó ún. techno-intézményi bezáródásról és annak felszámolási lehetőségeiről. Ez utóbbi kérdéskör pedig már átvezet a fenntartható rendszerinnovációk megjelenését és terjedését segítő állami szerepvállalás evolúciós és kvázi evolúciós alapokon nyugvó legújabb elméleteinek vizsgálatához.

2.1. Technológiai rendszerek értelmezése

A villamosenergia-ellátás és fogyasztás technológiai rendszerként történő értelmezéséhez és elemzéséhez elengedhetetlen a technológia és a technológiai rendszer fogalmának meghatározása.

2.1.1. A technológia értelmezése

A technológia szó egy görög eredetű kifejezés, a „τεχνη” (techne, azaz a gyakorlati képesség valami létrehozására) és a „λογος” (logos, azaz szó, emberi tudás, okság) szavak együttese, mely jelentését tekintve a jártasságnak, a dolgok elvégzésére való alkalmasságnak, és annak hátterét képező tudásnak az összessége (Szakály, 2002/b, 7. o.). Amennyiben a vonatkozó szakirodalmat tekintjük, azt tapasztalhatjuk, hogy az eltérő tudományterületekhez tartozó szakemberek, szerzők, eltérő megközelítéseket alkalmazva tesznek kísérletet arra, hogy megadják a technológia pontosabb definícióját. Ezen meghatározások közül azonban egyik sem vált általánosan elfogadottá.

A definíciók egy csoportja (pl. van Wyk, 1999, 16.o.) a technológiát szűkebb értelemben kezeli, azt állítja, hogy a technológia kifejezés azokat az ember által létrehozott dolgokat, tárgyi eszközöket foglalja magában, melyek egyrészt fokozzák az emberek meglévő képességeit, másrészt lehetővé teszik számukra, hogy olyan feladatokat is elvégezhessenek, melyekre ezek nélkül - minőségi, vagy mennyiségi értelemben - képtelenek lennének. A mérnökök, technológusok ezeket „hardvereknek” („hardware”), míg az antropológusok „műtárgyaknak”, vagy az ember által alkotott „mesterséges eszközöknek” („artifact”) nevezik.

Ugyanakkor a technológia definíciója nem korlátozódhat egyszerűen a technológiai megoldások kézzelfogható elemeire, azaz az emberek által létrehozott eszközök, termékek,

berendezések, és infrastruktúra sokaságára. Ezeket a hardvereket, vagy „műtárgyakat”, ugyanis ki kell találnunk, meg kell terveznünk, ki kell fejlesztenünk, le kell gyártanunk, és tudnunk kell használni is. Más szavakkal, a technológia definíciója ki kell, hogy terjedjen a „szoftverekre” („software”) is, azaz mindazon ismeretekre, tudásra, know-how-ra, képességekre, gyakorlatokra és más, nem fizikai eszközökre egyaránt, melyek szükségesek a hardverek előállításához, megfelelő használatához. Az ún. „szoftverek”, vagy „technikák” fontosságát is felismerve, a vonatkozó szakirodalomban, az egyes szerzők (pl. Schön, 1967, 1. o.; Rogers, 1995, 24.o., Ayres, 1994, 283. o., Lowe, 1995, 9.o.) a technológiát általában tágabb értelemben, és annak funkcionalitása alapján definiálják. Néhány szerző (pl. Simon, 1973, Shane, 1982; Pataki, 1999; Szakály, 2002/b) azonban a technológiát speciális tudások halmazaként értelmezi, melyek a különböző rendszerek megszervezéséhez, működtetéséhez szükségesek.

A technológia, és a technológia fejlődésének vizsgálatával foglalkozó művében Mumford (1966) megállapítja, hogy az emberi civilizáció megjelenése nem mechanikai innováció eredménye, sokkal inkább köszönhető egy radikálisan új társadalmi szervezet megjelenésének. *„Sem a szekér, sem az eke, sem a fazekaskorong, sem pedig a harci szekér nem tudott önmagában hozzájárulni ahhoz a változáshoz, mely Egyiptom, Mezopotámia, és India nagy völgyeiben következett be, és amely hullámokban a világ más tájaira is áttért”* (Mumford, 1966, 11. o., Id: Grübler, 1998, 21. o.). Mumford az emberek és a hozzájuk kapcsolódó műtárgyak szervezetének együttesét, emberi elemekből álló gépezetnek, „*megagépezetnek*” nevezte el, melyre véleménye szerint a legjobb például a városok szolgálnak. Mumford ezen elmélete átvezet a technológia egy sokkal tágabb, rendszerszemléletű értelmezéséhez, miszerint a technológiát nem lehet elkülöníteni attól a társadalmi és gazdasági kontextustól, melyben fejlődik, és amely felelős annak létrehozásáért, működtetéséért, és használatáért.

Mindezen megközelítéseket és meghatározásokat figyelembe véve, jelen dolgozatban a **technológia fogalma alatt egyrészt azokat a „hardvereket” értjük, melyek hozzájárulnak az emberi képességek megsokszorozásához, fejlesztéséhez, és amelyek révén korábban elvégezhetetlen feladatok válnak teljesíthetővé, másrészt mindazon ismereteket, technikákat, melyek lehetővé teszik a „hardverek” létrehozását és alkalmazását. Ugyanakkor nézetem szerint a technológia nem önmagában létező („hardver” és/vagy „szoftver”) dolog, hanem egy nagyobb konfiguráció része, mely olyan, egymásra kölcsönösen ható elemekből áll, - mint az infrastruktúra, a tudás, az ismeretek, a képességek, a szervezetek, a szabályozási standardok, és kulturális normák, - melyek lehetővé teszik a technológia produktív módon történő alkalmazását. Összességében véve a technológia alkalmazásának hatékonyságát az emberek, technika, és az ember által alkotott mesterséges eszközök közötti interakciók minősége határozza meg, miközben a technológia természetének szükségszerű összetevői az adott technológiai szituációt meghatározó természeti, társadalmi, politikai, gazdasági és kulturális tényezők. A technológia rendszerszemléletű értelmezése pedig már átvezet a technológiai rendszerek világába.**

2.1.2. A technológiai rendszer fogalmának meghatározása

A technológiai rendszer fogalmának alkalmazása, elemzési keretként történő használata Jacques Ellul (1980) „*Technological Systems*” című, a technológiai fejlődéssel foglalkozó munkájában érhető tetten, aki úgy határozza meg a technológiai rendszer fogalmát, mint a technológiai tényezők kölcsönkapcsolatok formájában megnyilvánuló, és saját érdekei alapján fejlődő egységét. Az elluli technológiai rendszer fogalma a létező összes technológiai tényezőt felöleli, legyen az gép, eljárás, vagy szervezeti viselkedés. Ellul (1980, 108. o.) a technológiai rendszert egymással kölcsönkapcsolatban álló alrendszerekre – vasút, villamos energia, telekommunikáció, automatizáció – tagolta, és kijelentette, hogy a köztük lévő interakciók, illetve betöltött funkcióik azok, melyek a teljes rendszert megadják.

Thomas P. Hughes (1979, 1983) technikatörténész a villamos energia XIX. és XX. századi történetének elemzésével foglalkozó munkáiban dolgozza ki, és alkalmazza a szigorúan összekapcsolt elemekből álló technológiai rendszer koncepcióját. Hughes (1987) azt állítja, hogy a nagy technológiai rendszerek (pl. villamosenergia-rendszer, telekommunikáció, vagy közlekedés) részét képezik a természeti erőforrások, a fizikai műtárgyak, a szervezetek és az őket alkotó egyének, valamint az intézmények, szabályozások is, és a rendszer ezen elemek között megnyilvánuló interakciók eredményeként jön létre. Hughes (1987, 51. o.) kiemeli továbbá, hogy *“a technológiai rendszerek zavaros, komplex, problémamegoldó elemeket is tartalmaznak. Társadalmilag konstruáltak és egyben társadalomformáló szerepük is van”*⁹.

Míg a materiális tényezők alapvető szerepet játszanak Ellul és Hughes megközelítéseiben, addig a technológiai rendszerek szempontjából releváns innovációs rendszerekkel foglalkozó szakirodalmi források¹⁰ a technológiai rendszer vizsgálatokor elsődlegesen a társadalmi rendszerekre, hálózatokra helyezik a hangsúlyt.

Az innovációs dinamika nemzeti innovációs rendszerek alapján történő vizsgálati modellje Freeman (1987), Nelson (1993), Lundvall (1992), és Edquist (1997) munkáin alapul¹¹. Ezen elméletek alapfeltételezése, hogy a különböző innovációk megjelenését és terjedését nem csupán az azok kifejlesztésével és diffúziójával foglalkozó szereplők tevékenységei határozzák meg, hanem a szereplők egy innovációs rendszerbe ágyazódnak be, mely irányítja, befolyásolja és gátolja tevékenységeiket (Inzelt, 1998). Az innovációs rendszerek elméletei olyan értelmezési és elemzési megközelítést képviselnek, mely célja, hogy segítse megismerni, megérteni az innovációs folyamatok kiindulási pontjait, az innovációs folyamatok belső dinamikáját, illetve az egyes szereplők technológiai változásban betöltött feladatát. Az innovációs rendszerek földrajzi szempontból (nemzeti, ágazati, regionális,

⁹ A Nagy Technológiai Rendszereknek a rendszerek változásával kapcsolatos nézeteit, megállapításait, elgondolásait a 2.3.3. fejezetben ismertetem.

¹⁰ Az (nemzeti, ágazati, regionális) innovációs rendszereknek a rendszerek változásával kapcsolatos nézeteit, megállapításait, elgondolásait a 2.3.4. fejezetben ismertetem.

¹¹ Jegyezzük meg, hogy Freeman (1995) szerint a kifejlesztés első alkalmazása Lundvall nevéhez köthető (Edquist, 1997, 3. o.)

helyi) illetve fókusz alapján (technológiai vagy földrajzi) is csoportosíthatók. A **nemzeti innovációs rendszerek** elmélete szerint az innovációk nemzeti jelleggel (azaz bizonyos szintű lokális és kontextuális meghatározottsággal, strukturális-szervezeti sajátossággal) bírnak a technológia, a képességek, és az innovációt támogató intézmények terén (Inzelt, 1998). Az elmélet arra helyezi a hangsúlyt, hogyan befolyásolhatja a nemzeti szintű intézményi beállítódás, valamint a rendszer szereplőinek (szűk értelemben azok a szervezetek és intézmények, amelyek a kutatásban és az új tudományos eredmények kiaknázásában részt vesznek – pl. vállalati K+F részlegek, K+F kutatóintézetek, oktatási intézmények, hídképző szervezetek; tág értelemben a gazdasági struktúra és intézmények mindazon része, melyek érintik a tanulást, a tudás elsajátítási folyamatát, és a kutatási eredmények hasznosítását) tevékenysége, valamint a szereplők közti interakciók minősége és sajátossága az innováció folyamatát egy adott országon belül.

Az **ágazati innovációs rendszerek** elmélete szerint „*az ágazati innovációs rendszerek az adott szektor termékeinek kifejlesztésében és előállításában, valamint az adott ágazat technológiájának előállításában és használatában aktív szerepet játszó, egymással piaci és nem piaci interakciókban álló heterogén szereplők halmaza* (Breschi – Malerba, 1997, 131. o.). Malerba (2002) meghatározása szerint az ágazati innovációs rendszerek szereplői közé tartoznak a speciális tudásbázissal, kompetenciákkal, struktúrákkal és magatartással jellemezhető egyének, valamint a különböző szervezetek és azok csoportjai (vállalatok, egyetemek, pénzügyi szervezetek, állam, helyi hatóságok). A szereplők egymással piaci és nem piaci kapcsolatban állhatnak, és ezen interakciókat az ágazatra vonatkozó speciális intézmények (szabályok, standardok, törvények) alakítják.

A **technológiai specifikus innovációs rendszerek** elmélete szerint a technológiai rendszer úgy határozható meg, mint „*adott intézményi¹² infrastruktúra alatt működő, speciális technológiai területen tevékenykedő, a technológia létrehozása, terjesztése, és használata érdekében egymással interakcióban álló szereplők hálózata*” (Carlsson – Stankiewicz, 1991, 21. o.). A technológiai rendszereket ebben a megközelítésben inkább a tudás és kompetencia-áramlások, hálózatok, mintsem a tényleges termék- és szolgáltatásáramok határozzák meg (Carlsson - Stankiewicz, 1991). A technológia-specifikus innovációs rendszerek ezen meghatározása nem korlátozza a technológiai innovációs rendszer fogalmát egyetlen speciális technológiára, hanem az egy adott technológiai alap köré szerveződött kontextuális tényezők halmazát vizsgálja. Bár ez a fajta megközelítés nemcsak a technológia létrehozásával, hanem annak diffúziójával és használatával is foglalkozik, és, bár elvei szerint az egyes szereplői csoportok meghatározó jelentőséggel bírnak egy adott technológiai rendszer működése és fejlődése szempontjából, mindenképpen célszerű megjegyezni, hogy a technológiai rendszerek anyagi/tárgyi aspektusait szinte teljesen figyelmen kívül hagyja.

¹² Az innovációs rendszerekkel foglalkozó szakemberek az „intézmény” kifejezés alatt más-más dolgokat értenek (Edquist 1997). Egyrészt az intézmény kifejezést alkalmazzák a ‘magatartást meghatározó dolgok’, például normák, szabályok, és törvények (pl. Lundvall) összességére, míg mások (Nelson, Rosenberg) úgy értelmezik az intézményeket, mint ‘explicit céllal rendelkező formális struktúrák’, azaz a szervezetekkel azonos jelentéssel ruházzák fel őket.

A technológiai rendszer fogalmát definiáló, azt elemzési egységként alkalmazó fent bemutatott irodalmi források között egyfajta szemlélet-, hangsúlybeli különbség is tetten érhető. Az innovációs rendszer elméletek szerint az egyes innovációk megjelenésének és terjedésének elemzésénél, a folyamat megismerése, a változások követése, terelése érdekében, szükségszerű azt a rendszert (szereplők, hálózatok és intézmények) is elemezni, mely az egyes innovációk megjelenésére és terjedésére hatással van. Ezzel szemben, a Hughes féle szemléletmód azt emeli ki, hogy léteznek olyan, a technológiai és nem technológiai elemek ún. „varrat nélküli hálózatából”¹³ felépülő technológiai rendszerek, melyek változása, fejlődése bizonyos mintázatokat, sajátos logikát követve megy végbe. Míg az előbbi esetben a technológiai rendszer elemzési egységként történő alkalmazása az adott innováció, innovációs klaszterek, vagy az innovációs tevékenységek vizsgálatának egyfajta szükségszerű kiterjesztését jelenti, addig az utóbbi megközelítésmód az adott technológiai rendszer transzformációját állítja középpontba, és egyben jelen dolgozat elméleti hátterének, gyakorlati vizsgálatainak is elvi alapjait adja.

Mindezen elméleti megközelítésekre építve, a technológiai rendszer fogalma alatt a továbbiakban az adott technológiai alap (hardverek és szoftverek) köré szerveződött technológiai elemek, szervezetek, szereplők, azok hálózatainak, a köztük létrejövő interakcióknak, valamint a rendszer belső játékszabályait meghatározó intézményeknek az együttesét értem.

A technológiai rendszerek a hierarchia különböző szintjén értelmezhetők. Technológiai rendszerekről beszélhetünk a komponensek (pl. dugattyúk, vákuumcsövek), a részegységek (pl. turbinák, motorok), a műtárgyak (pl. erőművek, járművek), illetve a teljes, komplex rendszer (pl. közlekedési rendszer, villamosenergia-rendszer) szintjén is (Disco et al, 1992, 485. o.). Természetesen a különböző hierarchikus szinten lévő technológiai rendszerek egymással komplex kapcsolatban állhatnak. Például, a különböző egységek más-más műtárgyakba is beépülhetnek (pl. a belső égésű motorok az autók és a kogenerációs erőművek elemei is lehetnek). A technológiai rendszerek azonos szintjei egymással versenyben is állhatnak, hiszen azonos funkció ellátását biztosítják (pl. a műtárgyak szintjén a szélerőművek és napelemes rendszerek, vagy magasabb aggregáltsági szinten a centralizált és decentralizált villamosenergia-rendszerek). A dolgozat ún. „gyakorlati fejezeteiben” egyrészt az azonos rendszerszinten lévő műtárgyak (villamosenergia-termelési egységek) közti „versenyt”, másrészt az elosztott egységek (mint műtárgyak) és a központosított villamosenergia-rendszer kölcsönkapcsolatát is vizsgálni fogom.

A technológiai rendszer fogalmának ismeretében már áttérhetünk a fenntartható fejlődés fogalmának, a fenntarthatósági célok elérési módjainak, valamint az ún. rendszerinnovációk szerepének tárgyalására.

¹³ Hughes (1983, 14. o.) a „seamless web”, azaz a „varrat nélküli hálózat” kifejezést alkalmazza a technológiai rendszer elemei között fennálló kapcsolatrendszer szorosságának leírására.

2.2. Rendszerinnovációk a fenntarthatóság szolgálatában

A fejezet célja a fenntartható fejlődés és az innováció kapcsolatrendszerének vizsgálata. Ennek érdekében a vonatkozó szakirodalom alapján rövid áttekintést adok a fenntartható fejlődés elvének és elérési útjainak eltérő megközelítéseiről a különböző innovációk, ezen belül is az ún. rendszerinnovációk fenntartható fejlődésben játszott szerepét kiemelve.

2.2.1. A fenntartható fejlődés elvének eltérő koncepciói

A fenntartható fejlődés koncepciójának gyökerei az 1960-as évekig nyúlnak vissza. Carlson 1962-ben megjelent „*Silent Spring*” című műve volt az első olyan, a társadalom és a tudományos közösség szélesebb körében ható írás, mely felhívta a figyelmet a környezetszennyezés **ökoszisztémára és biodiverzításra** gyakorolt negatív hatásaira (Láng, 2003, 10. o.). Az 1973-as olajválság, valamint a Római Klub 1972-ben megjelent, „*The Limits to Growth*”, a népesség és a fizikai tőke exponenciális növekedésének hatásait vizsgáló tanulmánya, rávilágított a **természeti erőforrások korlátozott rendelkezésre állására**. Ezzel egyidőben, az 1972-ben, Stockholmban rendezett első ENSZ környezetvédelmi világértekezlet hívta fel a figyelmet a környezeti elemek szennyeződésének és degradációjának veszélyeire, de megjelent a **szegénység leküzdésének, az éhezés megszüntetésének, a gazdasági egyenlőtlenségek enyhítésének igénye** is. Az 1970-es 1980-as évektől a fenti kérdésekhez társultak még a **hulladékok és veszélyes anyagok** természeti környezetre, emberi egészségre gyakorolt hatásait, valamint az emberi tevékenységhez köthető **klímaváltozás és globális felmelegedés problematikáját** vizsgáló kutatások (pl. MacKenzie, 1998; IPCC, 2001; Munasinghe, 2003; Stern, 2006).

A **fenntartható fejlődés** fogalma az 1980-as évek elején jelent meg, és általános ismertségét Brown (1981) a fenntartható társadalom kialakításával foglalkozó, „*Building a Sustainable Society*” c. műve váltotta ki. Brown összekapcsolta a népesség növekedését és a természeti erőforrások hasznosításával, és úgy kívánta a problémákat megoldani, hogy minimális legyen a természeti környezet minőségi és mennyiségi romlása (Láng, 2003, 69. o.).

A fenntartható fejlődés legismertebb definíciója a Brundtland Bizottságnak tulajdonítható. A Bizottság meghatározása szerint: „*A fenntartható fejlődés olyan fejlődést jelent, mely lehetővé teszi a jelen generációk igényének kielégítését anélkül, hogy azzal veszélyeztetnénk a jövő generációit saját igényeik kielégítésében*” (WCED, 1987, 43. o.). A Brundtland jelentés kiterjesztette a fenntartható fejlődés fogalmát a társadalmi cselekvések politikai, gazdasági, szociális, termelési, technológiai, és adminisztratív dimenzióira, s felhívta a figyelmet arra, hogy a környezetvédelem nem létezik önmagában, hanem szorosan összefonódik a gazdasági és szociális kérdésekkel. A fenti definíció értelmében a **gazdasági, társadalmi fejlődés és a környezetvédelem egymást kölcsönösen kiegészítő céloknak tekintendők**, egyik dimenzió sem korlátozhatja a másik érvényesülését, így a döntéshozatal a gazdasági, társadalmi és környezeti dimenziók metszéspontjában kell, hogy történjen.

Ennek szellemében, az 1992-es Rio de Janeiróban rendezett *Környezet és Fejlődés ENSZ konferencián* elfogadták a fenntartható fejlődés átfogó programját (Feladatok a XXI. századra), a fenntarthatóság alapelveit (Riói Nyilatkozat a Fenntartható Fejlődésről), továbbá a tartamos erdőgazdálkodás elveit, és aláírásra került az Éghajlatváltozási Keretegyezmény és az Egyezmény a Biológiai Sokféleségről is. Míg a *Stockholmi és a Riói Konferencia* elsősorban a környezeti és gazdasági dimenziók vizsgálatával foglalkozott, addig a 2000-es *Millennium Csúcstalálkozón*, valamint a 2002-es *Johannesburgi Konferencián* a hangsúly már a fenntarthatóság társadalmi pillérének vizsgálatán volt¹⁴. A fenntarthatóság elérése nem pusztán a környezet és természetvédelem, illetve a gazdasági fejlődés harmonikus kapcsolatának megteremtését jelenti, hiszen a szegénység leküzdése és az anyagi jólét egyenlőbb elosztása a világon legalább annyira összefügg a fenntartható fejlődéssel, mint a környezetkímélő gazdasági szerkezet és fejlődési pálya kialakítása (Pataki – Takács-Sántha, 2004, 15.o.).

Az elmúlt évtizedekben számos nemzeti és nemzetközi kutatás foglalkozott a fenntartható fejlődés témakörével, melynek köszönhetően a fenntarthatóság különböző definíciói láttak napvilágot. Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül sorolok fel párat.

Daly (1991, 44-45. o.) szerint a fenntartható fejlődés fő elve, hogy az emberi tevékenységet olyan szintre kell korlátozni, mely, ha nem is optimális, de a legalább a Föld eltartó képességén belül marad, következésképp fenntartható. A fenntarthatóság követelményei ennek megfelelően az alábbiakban összegezhető:

- A megújuló erőforrások felhasználásának mértéke alacsonyabb, vagy azonos kell, legyen, mint azok természetes, vagy irányított regenerálódási képessége
- A hulladékok kezelésének mértéke alacsonyabb, vagy azonos kell, legyen a környezet szennyezés-befogadó képességével (amit a környezet asszimilációs képessége határoz meg),
- A nem megújuló energiahordozók ésszerű felhasználására van szükség (részben a megújulóknak használata, részben a technológiai fejlődés révén) (Kerekes – Szlávik, 1996, 37. o.).

Reid (1992) úgy véli, hogy a fenntartható fejlődés egyfajta elmozdulást jelent azon alapfeltételezéstől, miszerint trade-off van a gazdasági és a környezeti célok között, azon elgondolás irányába, mely szerint a környezeti célok a gazdasági célokkal összhangba rendezhetők a megfelelő fejlődési pálya kiválasztása révén.

Rees (1995, 356. o.) az alábbiak szerint fogalmazza meg a globális fenntarthatóság feltételeit: „Az ökológiai stabilitás szükségessé teszi, hogy

- A természet termékeinek és szolgáltatásainak gazdaság általi fogyasztása kompatibilis legyen az ökoszisztéma újratermelési mértékével
- A gazdaság hulladéktermelése az ökoszisztéma abszorpciók képességén belül maradjon
- A gazdasági tevékenységnek védenie kell az ökoszisztéma alapvető élettámogató szolgáltatásait, óvnia kell a biodiverzitást, és a Föld ökológiai rendszerét.

A geopolitikai biztonság megköveteli, hogy

- A társadalom eleget tegyen a társadalmi igazságosság, anyagi egyenlőség alapvető standardjainak

¹⁴ Dolgozatomnak nem célja a fenntartható fejlődés intézményesülésének tárgyalása ezekről bővebben Láng, 2003).

- *A kormányzási mechanizmus képes legyen biztosítani az informált polgárok számára a döntéshozatalban való részvételt*
- *Az emberek pozitív véleményen legyenek a (lokális, globális) társadalmi kohézióról, és osztyák a jövőért érzett kollektív felelősség elvét.”*

Ehrenfeld (2004, 8. o.) véleménye szerint a fenntartható fejlődés nem más, mint „*annak lehetősége, hogy az ember és más létformák örökké élhessenek a Földön*”.

Kerényi (2006, 300. o.) szerint a fenntartható fejlődés azt jelenti, hogy „*az emberiségnek úgy kell termelnie és fogyasztania, oly módon kell fejlesztenie társadalmát, hogy ne változtassa meg lényegesen az élő földi rendszer struktúráját és működését, hosszú távon (évezredek távlatokkal) biztosítsa az élővilág egésze számára a létfeltételeket, saját maga számára pedig a létfeltételeken túl az alapvető emberi szükségletek kielégítését is. A fejlődés fogalma a struktúrák bonyolultságán, összetettségén kívül a társadalom tagjainak jobb ellátását (elegendő jó minőségű terméket, színvonalas szolgáltatásokat) és az egészségesebb életkörülményeket is magában foglalja. A társadalmi fejlődés elsősorban nem mennyiségi, hanem minőségi kérdés. A fenntartható fejlődés során biztosítanunk kell a társadalom tagjai számára a mainál lényegesen jobb életminőséget, miközben meg kell őriznünk Földünk természeti potenciálját (biológiai változatosság, tiszta levegő, víz, talaj, az egész emberiség számára elegendő ásványkincs).*”

Ahogy a fenti, valamint a Pearce et al (1989) és Pezzey (1989) által összegyűjtött szakirodalmi meghatározások, és a fenntartható fejlődés elvét érő kritikai munkák (pl. Norgaard 1988; Redclift 1994) is sugallják, a fenntarthatóságnak számtalan definíciója létezik, nincs egységes kép arra vonatkozóan, hogy mit is érthetünk a gyakorlatban a fenntarthatóság fogalma alatt. Jabareen (2008, 181-188. o.) a fenntartható fejlődés meghatározásával foglalkozó irodalmak tanulmányozása alapján a **fenntartható fejlődés hét koncepcióját** - (1) etikai paradoxon, (2) természeti tőke, (3) egyenlőség, (4) globális problematika, (5) integratív menedzsment, (6) öko-forma, (7) utópia – azonosítja, melyek magyarázatot adhatnak a fenntarthatóság eltérő megközelítéseire.

A fenntarthatóság definiálásával foglalkozó kutatások közös eleme a „**globális problematika**” koncepciója. Eszerint a termelési és fogyasztási szerkezet átalakulása, valamint az azzal összefüggésbe hozható környezeti és társadalmi problémák, - pl. a klímaváltozás, népességnövekedés, elöregedés, társadalmi egyenlőtlenség, szegénység, stb. - globális természetűek, melyek megoldására lokális megközelítésből kiindulva, a nemzetközi és nemzeti szervezetek, regionális és helyi szervezetek, vállalatok, társadalom, és az egyének együttműködése révén globális válaszokat kell találni.

Az „**egyenlőség**” koncepciója a fenntarthatósági definíciók központi elemét képezi. A gazdasági, környezeti és társadalmi igazságot, egyenlőséget, a fejlődéshez való jogot térben és időben egyaránt fontosnak tekintik, azaz az erőforrások és lehetőségek intragenerációs (csoportokon, nemzeteken belüli, illetve azok közötti) és intergenerációs megoszlása is egyenlő kell, hogy legyen (Hartwick, 1977; Norton, 1999; Dobson, 1999; Daly, 1996). Brown et al (1991) azonban kritizálja a fenntarthatóság emberközpontú

definícióit, és arra hívja fel a figyelmet, hogy a fenntarthatóság minden természeti elemre ki kell, hogy terjedjen.

Az „*etikai paradoxon*” kifejezést Jabareen annak leírására alkalmazza, miszerint a fenntartható fejlődés fogalma egyszerre ragadja meg a megőrzés és a változtatás célkitűzését. Ezt a paradox állapotot gyakorta nem veszik figyelembe a fenntartható fejlődés definícióinak megalkotásánál, ami így elvezethet a fenntarthatóság ökológiai jelentésének mellőzéséhez. Ebben az értelemben az ökológiai érdekek és a gazdaság közötti merev különbségek egymáshoz közelebb rendelhetők, a környezet védelme az emberi igények kielégítésének eleget tevő fejlődés révén is elérhető. Több szerző (Daly, 1996; Etkins, 1993; Kiss, 2005) is felhívja a figyelmet arra, hogy egy alrendszer nem működtethet saját céljai alapján főrendszert tetszőlegesen sokáig. Egyszerre vannak jelen tehát, az ökológiai korlátokat szigorúbb, illetve lazább értelemben kezelő megközelítések.

A fenntartható fejlődés definíciói arra is felhívják a figyelmet, hogy nagyobb figyelmet kell szentelni a természeti környezetre, annak értékeire. A „*természeti tőke*¹⁵ *konceptiója*” a helyettesíthetőség kérdésével kapcsolatos eltérő megközelítésekre hívja fel a figyelmet, mely kérdéskör a szakirodalomban az erős és gyenge fenntarthatóság címen kerül tárgyalásra. A „*gyenge fenntarthatóság*” elmélete szerint a természeti tőke csökkenő szintje elfogadhatónak tekinthető abban az értelemben, hogy amint a természeti tőke csökken, a veszteségek pótlására megjelenhetnek, alkalmazhatókká válnak az ember által teremtett különböző tőketípusok (Gutés, 1996, Pearce – Atkinson, 1993). Ezzel szemben az „*erős fenntarthatóság*” megfelel azon feltételeknek, melyek a természeti tőke konstans szintjét támogatják. Ez a „nem-helyettesíthetőség paradigmáját” képviseli, vagyis azt az elgondolást támogatja, hogy nincs lehetőség arra, hogy a természeti tőke csökkenését az ember által alkotott tőketípusok kiváltsák (pl. Constanza-Daly, 1992; Meyer–Abich, 2001; Buday-Sántha, 2004; Kerekes, 2006). Következésképp célként jelenik meg a nem megújuló energiahordozók használatának minimális szinten tartása, a megújuló energiahordozók fenntartható hozamot biztosító használata, valamint a környezet állapotának szinten tartása.

Az „*integrált menedzsment koncepciója*” az olyan holisztikus, átívelő politikai, menedzsment és tervezési eljárások szükségességét tükrözi, melyek képesek a fenntartható fejlődés három alappillérét összhangba hozni egymással. A Jabareen által definiált „*ökoforma*” koncepció a fenntarthatóság térbeli kérdéseivel, az energia-hatékony, alacsony ökológiai lábnyommal, hosszú életciklussal rendelkező épületek, létesítmények, önfenntartó, önellátó közösségek tervezésével, kivitelezésével, működtetésével foglalkozó megközelítéseket öleli fel (pl. Schumacher, 1991; Tonn, 2000; Kiss, 2004). Jabareen (2008) említést tesz továbbá az egyfajta „*utópisztikus állapot*” (pl. tökéletes társadalom) leírásából kiinduló, és a társadalmi értékek, normák gyökeres változásának igényét hirdető definíciókról, munkákról is.

¹⁵ Pearce et al (1990, 1. o.) szerint a természeti tőke „*az összes természeti és környezeti erőforrás-vagyon készlete, a talajban lévő olajkészlettől, a talaj és a talajvíz minőségéig, az óceánok halállományától a föld karbon elnyelő és újrahasznosító képességéig*”.

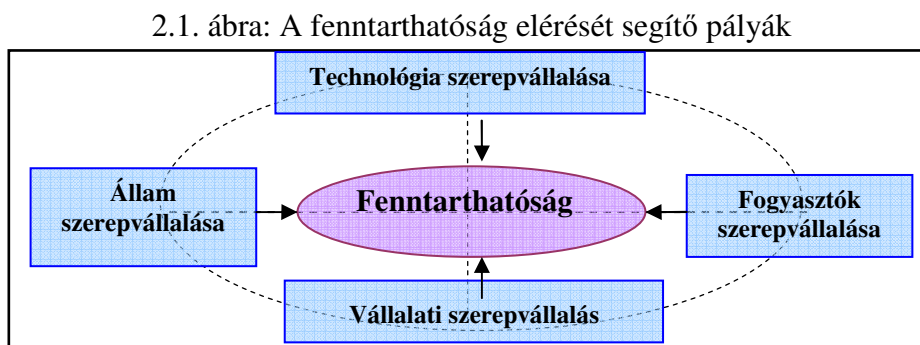
Összességében véve a fenntartható fejlődés koncepciója olyan globális társadalmi, gazdasági és környezeti problémák megoldási lehetőségét kutatja, melyek szükségessé teszik a multidiszciplináris megközelítést. Ahogyan Kerekes és Fogarassy (2006, 34. o.) is megfogalmazta, abban mindenki egyetért, hogy az emberiség számára hasznos lehet az alábbi fenntarthatósági elvek betartása:

- Figyelem és gondoskodás az életközösségekről,
- Az ember életminőségének javítása,
- A Föld életképességének és diverzitásának megőrzése,
- A nem megújuló erőforrások használatának minimalizálása,
- A Föld eltartó képességének korlátokon belül tartása,
- Az emberek attitűdjének és magatartásának változtatása,
- A közösségek saját környezetükről való gondoskodásának lehetővé tétele
- Az integrált fejlődés és természetvédelem nemzeti kereteinek biztosítása
- Globális szövetségek létrehozása.

A Jabareen (2008) által bemutatott metaforák lehetővé teszik a fogalom multidiszciplináris jellegének megragadását, bár a modell lényeges kérdéseket is mellőz. Nem foglalkozik a szakirodalomban méltán vitatott alapvető igények/szükségletek témakörével, és csak közvetett módon tér ki a technológia szerepére. Emellett, véleményem szerint, az első négy koncepció inkább a fenntarthatóság fogalmának alapfeltételezéseivel hozható összefüggésbe, míg az utóbbi három koncepció már átvezet a fenntarthatóság eltérő elérési útjainak vizsgálatához.

2.2.2. A fenntarthatóság elérési lehetőségei mint a technológiai rendszerek elemeinek szerepvállalása

Az elmúlt évtizedekben nemcsak a fenntartható fejlődés fogalmának, hanem a fenntarthatósági célok elérésének vonatkozásában is számos elméleti megközelítés látott napvilágot. *Bár ezek a megközelítések mindannyian elfogadják a technológia, a vállalatok, az állam, és a fogyasztók, a társadalom szerepvállalásának fontosságát, a fenntartható fejlődés céljainak érvényesítése tekintetében más-más aspektusokat állítanak a középpontba* (2.1. ábra).



Forrás: saját szerkesztés

A fenntarthatósági célok elérése tekintetében a **technológia szerepvállalásának** fontosságát hirdetik az **ökohatékonysági** (pl. Schmidheiny, 1992; von Weizsäcker et al. 1996), valamint a **techno-optimista nézeteket** követő publikációk. Közös elemük, hogy a technológiai változástól várják a fenntartható fejlődéssel inkonzisztens állapotok felszámolását. Míg azonban az ökohatékonysági kutatások az erőforrások érzékenyebb és innovatívabb használatának, valamint a fokozatos és megtartó innovációknak a jelentőségét hangoztatják, addig más szerzők (pl. Grübler, 1998; Kemp, 2008) a radikális, szakító technológiák kifejlesztésében és diffúziójában látják a megoldás lehetőségét. Speciális módon ugyan, de ezen megközelítéshez kapcsolódnak az **ipari folyamatok újratervezését előtérbe állító elméleti irányzatok** is. Ezen elméletek azt hangsúlyozzák, hogy a hatékonyság fokozásával szemben sokkal fontosabb az olyan új tervezési alapelvek megfogalmazása, alkalmazása, melyek segíthetik a mesterséges rendszerek természeti környezetbe illesztését. Az **ipari ökológia** képviselői (pl. Korhonen, 2004; Ehrenfeld, 1997; McDonough – Braungart, 1998; Fiksel, 2009) abból indulnak ki, hogy az ipari folyamatok, termelési rendszerek olyan nyitott rendszerek, melyek a természeti erőforrások igénybevétele és a környezet számottevő terhelése mellett működnek (Szépvölgyi, 2010, 260. o.). Az ipari ökológia a természeti körfolyamatok zárt ciklusainak megismerésére, és az ipari körfolyamatok ezen ismeretek alapján történő újratervezésére hívja fel a figyelmet. A műszaki fejlesztés, valamint a folyamat- és terméktervezés ezen újfajta megközelítésének vezérfonalát a „bölcstől a sírig”, illetve a „bölcstől a bölcsöig¹⁶” elvek adják, és felhívják a figyelmet az anyag- és energiaáramok (pl. Hinterberger et al, 2003), életciklus elemzések (pl. Tamaska et al, 2001; Tóthné, 2003) fontosságára. A **természeti kapitalizmus** (ld. Hawken et al, 1999; Kiss, 2005) túllép a zárt termelési rendszerek kialakításán, és a termékek szolgáltatásokkal való helyettesítésének, valamint az ökoszisztéma szolgáltatások „természeti tőkájébe” történő befektetésnek a fontosságát hirdeti (Kerekes – Fogarassy, 2006). A **bio- és öko-mimikri** (Benyus, 1997; Marshall, 2007), valamint a legújabb megközelítésnek számító **„kék gazdaság”** (Pauli, 2010) elméletek szerint a gazdasági, társadalmi és környezeti célok együttes elérését a természettől való tanulás, a környezetben tapasztalható problémamegoldások által inspirált fejlesztések biztosíthatják.

Az elmúlt évtizedekben, mind a nemzetközi, mind a hazai szakirodalomban számtalan publikáció született a **vállalatok fenntarthatóságban játszott szerepének**, a vállalatok zöldülésének, valamint a környezettudatos vállalati magatartást meghatározó tényezők témájában. A kutatások egyik irányát a **multinacionális** (pl. Prahalad – Hammond, 2002), illetve a **kis- és közepes vállalatok** (Wüstenhagen et al, 2008; Vickers et al, 2009) szerepének vizsgálata adja. A kutatások másik irányát a környezettudatos gazdálkodás **versenyelőnyt** biztosító természetének tanulmányozása jelenti (pl. Porter-van der Linde, 1995; Lee – Green, 1994; Hawken et al, 1999; Reinhardt, 1999; King-Lenox, 2002; Hart, 1997). E téren nagy hangsúlyt kap a vállalati **környezettudatosság mértékének és szintjeinek** definiálása, a különböző **környezetvédelmi stratégiák** tipologizálása, melyekről Kovács (2000) és Baranyi (2001) ad részletes áttekintést. Pataki (2000) ezen túllépve, a vállalati zöldülés folyamatát, illetve az azzal foglalkozó kutatásokat a szervezeti, kulturális és

¹⁶ A keletkező hulladék alapanyagként való kezelésének elve.

intézményi változás fényében is vizsgálata alá vonja. Számos kutatás (pl. DeSimone - Popoff, 1997; Kovács, 2000; Szlávik – Csigéné, 2005; Málovics, 2009) foglalkozik emellett a fenntarthatóság és a vállalatok *társadalmi felelősségvállalásának* kérdéskörével is. A harmadik fő kutatási áramlatot a vállalatok *környezeti teljesítményértékelésének, környezetmenedzsment rendszereinek és módszereinek* elemzése és értékelése képezi (pl. Kerekes-Kindler, 1997; Goldstein, 2002; Csutora – Kerekes, 2004; Kerekes – Fogarassy, 2006; Berényi, 2007). Mindezen, a környezettudatos vállalati magatartás szerepét előtérbe állító kutatások azt feltételezik, hogy a vállalatok tevékenységének, magatartásának, stratégiáinak zöldítése lehet a kulcs a fenntarthatósági célkitűzések eléréséhez.

A technológiák és a vállalatok szerepének vizsgálata mellett egyre nagyobb hangsúly helyeződik a fenntartható fejlődéssel foglalkozó szakirodalomban a *fogyasztók, illetve a társadalom szerepvállalásának* tanulmányozására is. Az elsősorban szociológiai és marketing kutatások szerint a társadalmi értékek, konvenciók, gyakorlatok és rutinok változtatása lehet a fenntarthatósági célok elérésének záloga. A *fogyasztási és életvitelbeli* változások direkt és indirekt módon segíthetik a környezetszennyezés csökkentését, megelőzését, a természeti erőforrások „racionális használatát”, sőt az új technológiák elfogadását is befolyásolják. A fogyasztói rutinok, szokások, attitűdök, és magatartások, valamint az azokat befolyásoló tényezők elemzésével foglalkozó irodalmi forrásokat Nagy (2005) és Schäfferné (2008) is két fő irányzatba sorolja, megkülönböztetik egymástól azon kutatásokat, melyek a fenntartható fogyasztási stratégiák meghatározásánál a fogyasztói magatartás és a fizetési hajlandóság vizsgálatát állítják középpontba, valamint a környezettudatos életvitel egyéb dimenzióit (pl. autóhasználat, hulladékgyűjtés, környezetért való aggodalom, környezetvédelmi szervezeti tagság, akciókban való részvétel stb.) is elemzésük alá vonó szakirodalmi forrásokat.

Az *állami szerepvállalást vizsgáló kutatások* azokra a politikai és intézményi megállapodásokra, eszközökre fókuszálnak, melyek a fenntartható fejlődés felé vezető folyamatot támogathatják. A neoklasszikus közgazdasági elmélet a gazdasági és környezeti fenntarthatóság közötti trade-off jellegű kapcsolat feloldásának egyik lehetőségét a szabályozási eszközök alkalmazásában látja. Az ökohatékonyság képviselői is azon a véleményen vannak, hogy a piaci eszközöket (pl. adókedvezmények, kereskedhető kvóták rendszere, ökobizonyítványok rendszere), úgy kell átalakítani, hogy azok tükrözzék a termelés, erőforrás-felhasználás, újrahasznosítás, és végső elhelyezés környezeti költségeit is. A *hagyományos szabályozási és beavatkozási eszközök* szerepének, alkalmazhatóságának és hatékonyságának vizsgálata (pl. Panayotou, 1994; Kemp, 2000; Fucskó et al, 2001; Luiten, 2001; Pataki et al, 2003; Kiss K., 2005) mellett megjelentek a *társadalmi részvétel* (Bass et al, 1995; Bela et al, 2003), valamint a *reflexív kormányzási modell* (Voß et al, 2006) létjogosultságát tárgyaló munkák is.

Természetesen a fenti csoportosítás meglehetősen leegyszerűsíti a valóságot. Ahogyan már említettem, a vállalatok, a társadalom, a technológia, illetve az állam szerepét vizsgáló írások is tanulmányozzák a többi rendszerelem szerepét, valamint az egyes elemek kapcsolódását. Véleményem szerint mindegyik elgondolás kapcsolatba hozható az innovációval. Mielőtt

azonban az innováció fenntarthatóságban betöltött szerepét megvizsgálánk, röviden áttekintjük, mit is értünk az innováció és rendszerinnováció fogalma alatt.

2.2.3. A rendszerinnovációk helye az innováció tipologizálásában

Az innováció fogalmának számos meghatározása is létezik, sőt, talán már nincs is olyan tudományterület, amely ne mondana valami újat az innovációról, illetve ne vonná be vizsgálataiba az adott terület innovációs vonatkozásait (Gáspár, 1998). Az **innovációs meghatározások** között jelentős eltérések mutatkoznak a tekintetben, hogy az ötlet első gyakorlati alkalmazását, azaz az innovációt (pl. Parker, 1987; Lundwall, 1992; Krasner, 1982; Fagerberg et al, 2004), vagy az ötlet megjelenésétől egészen az újítás terjedéséig tartó folyamatot, vagyis a teljes innovációs folyamatot (pl. Kozma, 1984; Dorogi – Rott, 1985; Dosi, 1988; Edquist, 1997, Gáspár, 1998; Vecsenyi, 2003) veszik alapul. Szakirodalmi vizsgálataikra építve Johannessen – Olsen - Lumpkin (2001), Pakucs (1997) és Szakály (2008) is rámutatnak arra, hogy az innováció különböző meghatározásai mind kiemelik az „újdonosság” szerepét. Perlaki (1981), Pietrasinski (1970), Chikán (1992) és Bakacsi (1991) az újítások pozitív és haladó jellegét, a minőségi változás szerepét is hangsúlyozzák. *Különbségek fedezhetők fel azonban abban, hogy ez az újítás milyen formában ölt testet, ki vagy kik szempontjából értékelhető, illetve kell, hogy értékelhető legyen, valamint, hogy milyen léptékű változást foglal magában.*

A Schumpeter (1980) által bevezetett öt innováció-típusához hasonlóan Szakály (2002/a) és Vajdáné et al (2004) termék, eljárás, szociális és strukturális innovációkat különböztetnek meg egymástól. Knight (1967) a termék és szolgáltatás, a szervezeti valamint a humán innováció fogalmait alkalmazza. Utterback és Anderson (1975) elsősorban termék és folyamat-innovációkról beszélnek, mely kategóriákat Rekettye (2003) és Piskóti (2007) a marketing-innováció fogalmával egészítik ki. Rechnetzer (1993) Schumpeter besorolását tágítva különbséget tesz a termék, a tevékenység, a társadalmi-politikai, valamint a gazdasági-szervezeti innovációk között.

A legáltalánosabban elfogadott, és jelen dolgozatban is alkalmazott innováció-meghatározást az OECD és az Európai Bizottság által 2005-ban kiadott Oslo Kézikönyve adja meg. Eszerint „**az innováció új, vagy jelentősen javított termék (áru vagy szolgáltatás) vagy eljárás, új marketing-módszer, vagy új szervezési-szervezeti módszer bevezetése az üzleti gyakorlatban, munkahelyi szervezetben, vagy a külső kapcsolatokban**” (Katona, 2006). Az egyes típusokat tekintve a Kézikönyv az alábbi definíciókkal él:

- **A termék-innováció** olyan áru vagy szolgáltatás bevezetése, mely – annak tulajdonságai és használati módjában – új, vagy jelentősen megújított. Ez magában foglalja a fejlesztésre vonatkozó részletes műszaki leírásokat, az összetevőket és anyagokat, a beépített szoftvert, a felhasználóbarát jelleget, vagy más funkcionális tulajdonságokat.

- Az **eljárás-innováció** új, vagy jelentősen megújított termelési vagy szállítási módszer megvalósítása. Felöleli a technikában, a berendezésekben és/vagy a szoftverben bekövetkező jelentős változtatásokat.
- A **marketing-innováció** olyan új marketingmódszerek alkalmazása, amelyek jelentős változást hoznak a terméktervezésben, a csomagolásban, a termék pozicionálásában, a termék reklámozásában, vagy az árképzésben
- A **szervezési-szervezeti innováció** új szervezési módszerek megvalósítását jelenti a cég üzleti gyakorlatában, a munka szervezésében, vagy a külső kapcsolatokban.”

Az Oslo Kézikönyv (2006) szerint az innovációs aktivitás minden tudományos, technológiai, szervezeti, pénzügyi és kereskedelmi lépését felöleli, melyek az innováció megvalósítását célozzák meg, vagy irányítják (Katona, 2006).

Fontos kérdés továbbá, hogy **kik számára kell újdonság jelleggel** bírnia a különböző innovációknak. Míg egyes szerzők (pl. Zaltman et al, 1973; Hayward et al, 1977; Chikán, 1992) az adaptáló oldaláról, más szerzők (pl. Martin, 1984) a fejlesztők oldaláról közelítik meg az újdonság jellegét, addig Kotabe és Swan (1995), Kotler (1991), illetve Rogers (1995) is hangsúlyozza, hogy az újítás az innovációt bevezető aktor és a piac szempontjából is értékelhető, érzékelhető. Kotler (1991) azt is hangsúlyozza, hogy véleménye szerint innovációról csak átfogó stratégiai újdonság esetén beszélhetünk, vagyis ha az innováció mind a vevők, mind a kifejlesztők számára magas újdonságértékkel bír (Chikán, 1992). A 2006-os Oslo Kézikönyv az innováció újdonságtartalmának kifejezésére az „új a piac” és „új a vállalat” számára meghatározással él.

A harmadik csoportképző ismérvet a **változtatás hatókörének mértéke** jelenti. Valenta (1973) és Bucsy (1976) nyolcfokozatú skálán mutatják be az újítás mértékét a regenerációs illetve egyszerű mennyiségi változásoktól az új alapelvek megjelenését eredményező gyökeres változási fokozatig (Szakály, 2002/a, 11. o.).

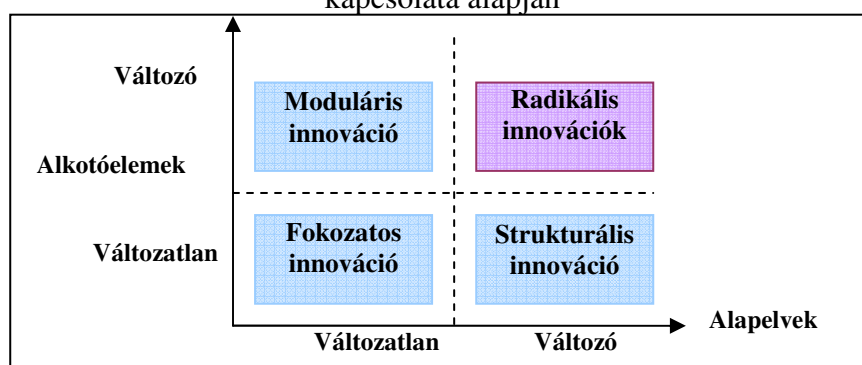
Freeman és Perez (1988) az innovációkat az újítás hatóköre alapján négy fő kategóriába sorolja (Szakály, 2002/a; Buzás, 2007):

- A fokozatos, vagy módosító innovációk folyamatos, lépcsőzetes fejlesztéseket, a létező termékek, termelési technológiák tökéletesítését foglalják magukban.
- A radikális innovációk időben nem folyamatos, a meglévő módszerekkel, folyamatokkal, termelési eljárásokkal való olyan szakítást, robbanásszerű változásokat képviselnek, melyek új termékeket eredményeznek.
- A termelésieljárás-változások csoportjába sorolhatók azok az újítások, melyek egyidejűleg több vállalatra, illetve ágazatra is hatással vannak, esetenként új ágazatok megjelenését eredményezhetik.
- A paradigmaváltás azon innovációk összessége, melyek együttes hatására az egész műszaki-gazdasági környezet átalakul, új technológiák sorának megjelenése követi.

Henderson és Clark (1990) innovációs modellje az újítás mértéke és a változás természete alapján fokozatos, moduláris, szerkezeti és radikális innovációkat különböztet meg

egymástól (2.2. ábra). Ennek értelmében, a **fokozatos innovációk** az adott rendszer (esetükben termék) alapelveinek és alkotóelemeinek megtartása és fejlesztése révén eredményezi a rendszer vizsgált funkcióinak változását. **Moduláris innováció**ról abban az esetben beszélhetünk, ha az újítás a struktúra és alapelvek megtartása mentén, csupán az alkotóelemek változtatása, cseréje következik be. A **strukturális innovációk** azok, melyek a meglévő alkotóelemekre építve, új elveket követve hívnak életre szerkezetbeli változásokat. A negyedik csoportot a **radikális innovációk** képezik, melyeknél mind az alkotóelemek, mind azok kapcsolódása, mind az alapelvek változtatása megtörténik (Szakály, 2008; Murmann- Frenkel, 2006).

2.2. ábra: Innovációs típusok az alkotóelemek, valamint a rendszer és az alkotóelemek kapcsolata alapján



Forrás: Murmann – Frenkel (2006, 938. o.) alapján

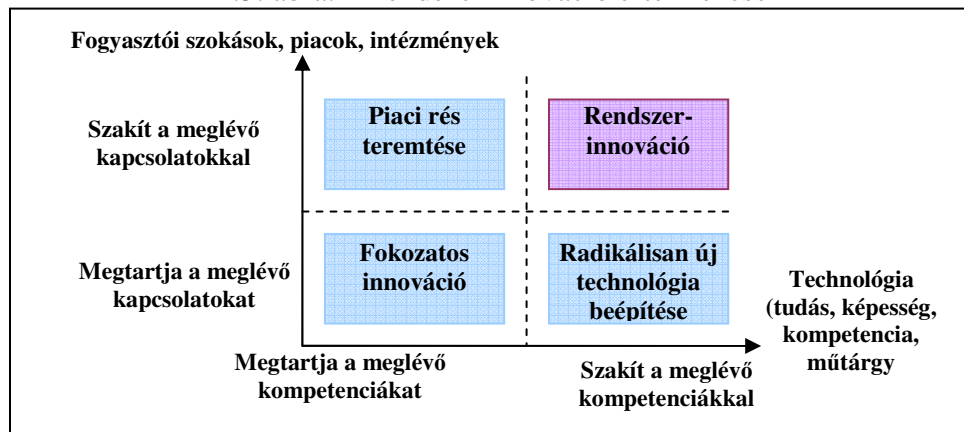
Christensen (1997) szakít ezen hagyományos fokozatos és radikális besorolással, és a termék-piaci megközelítést alapul véve megtartó és szakító innovációkat különböztet meg egymástól. A **megtartó innováció** a termékek azon jellemzőinek folyamatos fejlesztését jelenti, melyeket a meglévő vevőkör fontosnak tekint. Ezzel szemben, a **szakító innovációk** kompetenciaromboló jelleggel bírnak, és megtörik a hagyományos vevő-termelő kapcsolatokat. A szakító kifejezés alkalmazásával Christensen arra kívánja felhívni a figyelmet, hogy a megtartó és a szakító innovációk is lehetnek fokozatos (lassan, lépésről lépésre kialakuló), vagy radikális (robbanásszerűen megjelenő) jellegűek. A szakító innovációk megítélése szerint teljesen új elvekre és technológiákra (alapvető innováció), valamint a létező, meglévő ismeretek, technológiák újfajta kombinációjára is épülhetnek. Fontos jellemzőjük továbbá, hogy általában (legalábbis kezdetben) aluteljesítenek a meglévő termékeket preferáló piacokon, ám a hagyományos termékekkel szemben olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek más típusú vevői igényeket képesek kielégíteni¹⁷. A Christensen-i megközelítés alapján a dolgozat további fejezeteiben a fundamentális változásokat eredményező innovációkra a szakító kifejezést alkalmazom.

Mindezen elveket fejlesztik tovább a rendszerinnovációval foglalkozó elméleti kutatások is. Megközelítésük szerint a **rendszerinnovációk különböző innovációk kombinált**

¹⁷ Christensen szerint a megtartó innovációk általában a már piacon lévő cégekhez, a szakító innovációk pedig inkább az újonnan piacra lépő vállalatokhoz köthető, és a már piacon lévő vállalatok csak ritkán képesek arra, hogy azokon a piacokon is sikeresek legyenek, ahol az újonnan piacra lépők egy korábban nem létező új érték, termékjellemző kínálata révén, szakító jellegű újítást vezettek be.

összességét jelentik, melyek új vagy meglévő termékek/szolgáltatások nyújtását teszik lehetővé, miközben új logikát, alapelveket és gyakorlatokat hívnak életre (Berkhout, 2002). A rendszerinnovációk egy technológiai rendszerről egy másik rendszerre való átállást, ezáltal egy magasabb aggregációs szintet képviselnek. Nemcsak a termékek, technológiák és a vevői bázis terén hoznak létre változásokat, hanem átalakítják a rendszer alkotóelemei közötti kapcsolatrendszer is (ld. 2.3. ábra).

2.3. ábra: A rendszerinnováció értelmezése



Forrás: Kemp (2008, 3. o.)

Geels (2004) szerint a rendszerinnovációk három fő aspektust foglalnak magukban:

- Technológiai helyettesítés, ami az új technológia megjelenését, terjedését és a meglévő technológia kiváltását öleli fel
- A technológiai helyettesítésen túl változásokat idéznek elő az intézményekben, hálózatokban, infrastruktúrában, kulturális jelentésekben
- A szakító változások révén új funkciók jelennek meg, és megváltoztathatják a teljesítménymérés alapjait.

Kemp (2008) a rendszerinnováció példaként említi meg a mobiltelefonokat, melyek nemcsak új termék kategóriát képviselnek, hanem egy teljesen új technológiai rendszert is létrehozottak a speciális állomások, a satellite kommunikáció, SIM kártyák alkalmazása, a speciális üzenetküldési szolgáltatások biztosítása, valamint a termelési láncokban, fogyasztói szokásokban, kulturális jelentésekben, standardokban előidézt változtatások révén.

A következő alfejezetben röviden áttekintem, hogy milyen szerepet tölthetnek be a különböző típusú és természetű innovációk a fenntartható fejlődés céljainak elérésében.

2.2.4. A rendszerinnovációk szerepe a fenntarthatóság elérésében

Bár a fenntartható fejlődés fogalma körüli viták korántsem zárultak le, abban szinte mindenki egyetért, hogy a gazdasági tevékenység összhangban kell, hogy álljon a korlátozottan rendelkezésre álló természeti erőforrások fenntartható használatával, az ökoszisztéma jellemzőinek és funkcióinak megőrzésével, a biológiai diverzitás megtartásával, a károsanyag-kibocsátás természeti tűrőképességén belül tartásával, a

természeti környezet visszafordíthatatlan károsításának elkerülésével, miközben segíti inter- és intragenerációs egyenlőtlenség, a szegénység és kirekesztettség elleni küzdelmet. Ahogyan azt az előző fejezetekből is láthattuk, a különböző elméleti irányzatok eltérő véleményen vannak a tekintetben, hogy milyen módokon érhető el a fenntartható fejlődés céljainak érvényesülése, érvényesítése. *Ugyanakkor, valamennyi megközelítés szerint fontos szerep tulajdonítható az innovációnak, hiszen a technológiai, szervezeti, megközelítésbeli újdonságok, újítások befolyásolják azt a jövőt, melyben a következő generációknak élniük kell.* Ahogyan Lippényi (2005) is megállapítja: „Nincs fenntartható fejlődés innováció nélkül. Másfelől az innováció – ha nem torz, vagy önpusztító akar lenni – eleget kell, hogy tegyen a fenntarthatóság követelményének” (Fleischer, 2006, 278. o.).

A fenntarthatóság eltérő definícióit, és elérési módjait alapul véve Huber (1995) a fenntartható fejlődés három stratégiáját azonosítja, és bemutatja, hogyan kapcsolódnak ezek a stratégiák az innováció témaköréhez (ld. 2.1. táblázat).

2.1. táblázat: Fenntarthatósági koncepciók és az innováció szerepe

Elégséges stratégia	Hatékonysági stratégia	Konzisztencia stratégiája
Társadalmi innováció	Termék és szolgáltatás innovációk, folyamat innovációk	Termék-szolgáltatás innováció
Radikális-szakító innováció (társadalmi fókusz)	Fokozatos innováció	Radikális-szakító innováció (technológiai fókusz)
Elfogadottság várhatóan alacsony szintű, ellenállás várhatóan magas	Ellenállás várhatóan alacsonyabb, elfogadás mértéke várhatóan magasabb	

Forrás: saját szerkesztés Huber (1995) alapján

Huber (1995) szerint az *elégséges szemlélet* követői közé tartoznak azok, akik a természeti erőforrások korlátozott rendelkezésre állására helyezik a hangsúlyt. Véleményük szerint a fenntarthatósági célkitűzések eléréséhez a jelenlegi termelési és fogyasztási minták újragondolására van szükség, melyet a társadalmi innovációk támogathatnak. A *hatékonysági stratégia* hívei ezzel szemben az erőforrás-hatékonyságot és a termelési folyamatok dematerializálását állítják a középpontba. A környezeti hatékonysági mértékek javítását nem a meglévő folyamatok helyettesítésében, hanem az elsődlegesen mennyiség változtatásokat eredményező, fokozatos termék/szolgáltatás és folyamat innovációkban látják. A *konzisztencia* megteremtésének támogatói a mennyiségi változtatásokkal szemben a minőségi változásokkal foglalkoznak, és a természeti ciklusokkal, folyamatokkal kompatibilis termelési és fogyasztási minták kialakításának fontosságát hangoztatják. Ebben az értelemben az innováció célja a fenntartható fejlődéssel inkonzisztens termékek, szolgáltatások és folyamatok helyettesítése (Huber, 1995). A Huber által azonosított „fenntarthatósági stratégiák” a technológiai (termék és folyamat) és a nem-technológiai (szervezeti, társadalmi, intézményi) innovációk szerepét is kiemelik.

A fenntartható fejlődés és az innováció kapcsolatrendszerével, és az innováció fenntarthatóságban betöltött szerepével foglalkozó kutatások általában eltérnek a tekintetben, hogy vizsgálatuk középpontjában a környezeti, vagy a fenntartható innovációk

állnak-e, illetve, hogy milyen mértékű változást eredményező, milyen szinten jelentkező újításokkal foglalkoznak.

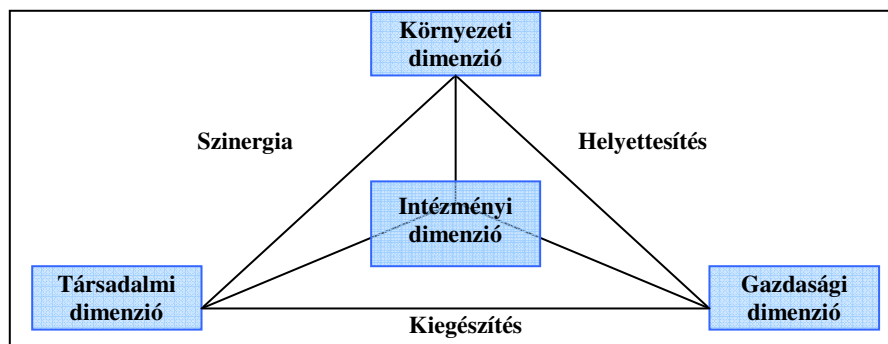
A környezeti innovációk általában két módon definiálhatók. Az egyik mód az innovátor szándékának alapul vétele. Ebben az értelemben a környezeti innovációk kizárólag azokat az innovációkat foglalják magukban, melyeket környezetvédelmi céllal hívnak életre (Markusson – Olofsdotter, 2001). A szándék-alapú meghatározás alkalmazása esetén azonban figyelmen kívül hagyhatunk olyan innovációkat is, melyek hozzájárulhatnak a tisztább termeléshez. A másik megközelítés az innovációk környezeti teljesítményének vizsgálatán alapul. Eszerint a *környezeti innovációk fogalma alatt mindazon új, vagy módosított folyamatokat, technikákat, gyakorlatokat, rendszereket, termékeket és szolgáltatásokat értjük, melyek révén elkerülhető, vagy csökkenthető a természeti környezet károsítása* (Kemp – Arundel, 1998; Clayton – Spianrdi – Williams, 1999). Ez utóbbi definíció értelmében a környezeti innovációk környezetvédelmi célzattal, illetve előre meghatározott, konkrét környezetvédelmi cél nélkül is megjelenhetnek, hiszen az olyan hagyományos üzleti célok is motiválhatják létrejöttüket, mint a profitabilitás, vagy a termékminőség javítása. Ennek értelmében, a környezeti innovációk által nyerhető vállalati haszon a környezeti haszonnal kombinálva jelentkezhet.

Ezzel szemben, a fenntartható innovációk definiálásához vissza kell nyúlnunk a fenntartható fejlődés három alappillérehez, hiszen *a fenntartható innovációk magukban foglalják azokat az új, vagy módosított folyamatokat, technikákat, gyakorlatokat, rendszereket, termékeket és szolgáltatásokat, melyek tényleges pozitív hatással vannak a környezetre, gazdaságra, és a társadalomra egyaránt* (Hammelskamp 1997; Kemp-Arundel, 1998). Tóthné (2010) meghatározása szerint ezek az ökoinnovációk gazdasági, társadalmi és környezeti szempontból egyaránt hozzájárulnak az egész innovációs rendszer megújulásához, hosszú távon képesek fenntartható gazdasági folyamatokat generálni, rövid távon értékteremtő, hosszú távon életminőség javító hatással bírnak. A környezeti és a fenntartható innovációk természetüket tekintve *technológiai, szervezeti, társadalmi és intézményi* kategóriákba sorolhatók (Rennings, 2000). A továbbiakban a termék/szolgáltatás és folyamat innovációkat magukban foglaló technológiai innovációknak a fenntartható fejlődés elérésében betöltött szerepét vizsgáljuk meg. A *technológiai innováció* fenntartható fejlődés céljainak elérésében betöltött szerepével kapcsolatos érzések, vélemények ambivalensek, hiszen a technológia egyrészt nagymértékben járult hozzá a jelenlegi helyzet, a fenntarthatósági elveket kevésbé, vagy nem támogató fejlődési folyamatok kialakulásához, ugyanakkor nagy szerepet tölthet be a fenntartható fejlődést szolgáló megoldások megtalálásában is (Deutsch, 2006/a).

A fenntartható fejlődés fogalma a gazdasági, környezeti és társadalmi fejlődést kapcsolja össze, és ahogyan azt a 2.4. ábra is mutatja, e fejlődési dimenziók optimalizálása nagymértékben függ a rendelkezésre álló technológiától, innovációs stratégiáktól, és azok intézményi feltételeitől. A gazdasági és környezeti dimenziók kapcsolatában a technológiai innováció egyrészt lehetővé teheti a természeti tőkének az ember által létrehozott mesterséges tőkével történő helyettesítését, másrészt segítheti a természeti tőkére,

természeti környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatások mérséklését, felszámolását. A technológiai innovációnak a gazdasági és környezeti fejlődés közötti összhang megteremtésében betöltött szerepét igazolhatja az a tény, hogy az egyes inputok (alapanyagok, energia, munka, tőke) gazdasági tevékenységek során történő használatát, mennyiségi és minőségi értelemben is befolyásolja a rendelkezésre álló, és alkalmazott műtárgyak, gyakorlatok, és ismeretek, azaz a technológia sokasága és típusa. Ez pedig egyúttal azt is jelenti, hogy a technológiai innováció révén megváltozhat az egyes tevékenységek materiális alapja. A technológiai innováció emellett fontos szerepet játszhat a gazdasági és társadalmi dimenziók összhangjának megteremtésében is, hiszen hozzájárulhat az emberi, pénzügyi, anyagi tőke egymást kiegészítő jellegének, egyensúlyának megteremtéséhez, a társadalmi kirekesztettség, egyenlőtlenség felszámolásához. A társadalmi és környezeti dimenziók kapcsolódását a fogyasztási szokások, az életvitel változtatásának támogatásával szolgálhatja, azaz a technológiai innováció révén kialakulhat egyfajta szinergia a természeti tőke megőrzése és az életminőség növelése között. Az egyes pillérek, kapcsolódások koherenciáját pedig az intézményi dimenzió, azaz a technológiai innováció intézményesülése, társadalmi beágyazódása hivatott biztosítani.

2.4. ábra: A technológiai innováció és a fenntarthatóság dimenziói



Forrás: FTU (2001, 16. o.)

Az 1970-es évek óta számos közgazdász foglalkozik annak vizsgálatával, hogyan segítheti a technológiai innováció a környezetvédelmi és fenntarthatósági célok elérését, illetve, hogy milyen tényezők befolyásolhatják azok terjedését (lásd bővebben Gübler, 1998). A fenntarthatósági célok elérését segítő technológiai innovációk a termék/szolgáltatás innovációkat, a folyamat-innovációkat, a termékek szolgáltatásokkal való helyettesítését, valamint a funkcionális változásokat előidéző innovációkat ölelik fel (Kurz, 1996).

Technológiai oldalról vizsgálva, a környezetszennyező, -károsító tevékenység okozta problémák passzív és aktív módszerekkel kezelhetők, melyben döntő jelentősége van az innovációnak. A *passzív környezetvédelem*, azaz a környezetszennyező kibocsátások koncentrációjának csökkentése csak a szennyezés hatásait mérsékeli. Az *aktív módszerek* alatt egyrészt a *csővégi megoldásokat* értjük, melyek a termelési folyamat érintetlenül hagyása mellett, a folyamat végén kísérlik meg a szennyezés/hulladékok visszaszorítását. Így, bár csökken az emisszió, az összegyűjtött, koncentrált szennyezőanyagok kezelése

további problémákat hív életre. Az aktív környezetvédelem másik típusát összefoglaló néven *szennyezés-megelőzési módszerek*nek hívják (Baranyi, 1999). Céljuk a szennyezések, hulladékok környezetbe jutásának megakadályozása. A passzív és csővégi megoldások az ún. additív technológiák csoportjába tartoznak, azaz olyan technológiákat képviselnek, melyek révén már létező, termelési folyamatot, vagy terméket egészítenek ki a termelés, illetve a használat során jelentkező környezetkárosítás csökkentése érdekében. A szennyezés-megelőzés módszerei az ún. integratív megoldások kategóriájába sorolhatók, melyek alkalmazása révén a környezetre káros anyagok kibocsátása úgy csökken, hogy közben elkerüljük a további környezeti problémák generálását. Az integrált technológiák lehetőséget teremthetnek a ma még ismeretlen, de később felmerülő károk elkerülésére, továbbá kevesebb erőforrás felhasználásával nagyobb termelékenységhez, és környezetvédelmi szempontból az előírások betartásánál lényegesen jobb eredményhez vezethetnek (ld. Porter - van der Linde 1995; Florida, 1996). Míg az additív technológiák anélkül növelhetik a termelési költségeket, hogy nem javítanak jelentős mértékben az output lényeges jellemzőin, addig az integrált megoldások ellen szólnak magas beruházási költségeik, nagyobb gazdasági kockázataik, illetve a szükséges információk megszerzésének magasabb költségei (Deutsch, 2006/a, 52-53. o.).

Hawken et al (1999) a csővégi megoldások, tisztább termékek és folyamatok¹⁸ kifejlesztése és bevezetése mellett a *termékek szolgáltatásokkal való helyettesítésének, kiváltásának lehetőségére* is felhívják a figyelmet. Stahel és Braungart „szolgáltatás alapú gazdaság” modelljében a vevők nem termékeket vásárolnak, hanem szolgáltatások sorozatát veszik igénybe, ami arra készíti a vállalatokat, hogy minél tovább hasznosítsanak egy adott terméket. A termékek szolgáltatásokkal való kiváltásának példája lehet a Carrier Co. által, a légkondicionálók értékesítése helyett bevezetett hűtési szolgáltatás, vagy az Interface Co. padlószőnyeg értékesítés helyett alkalmazott irodai szőnyegszolgáltatási modellje.

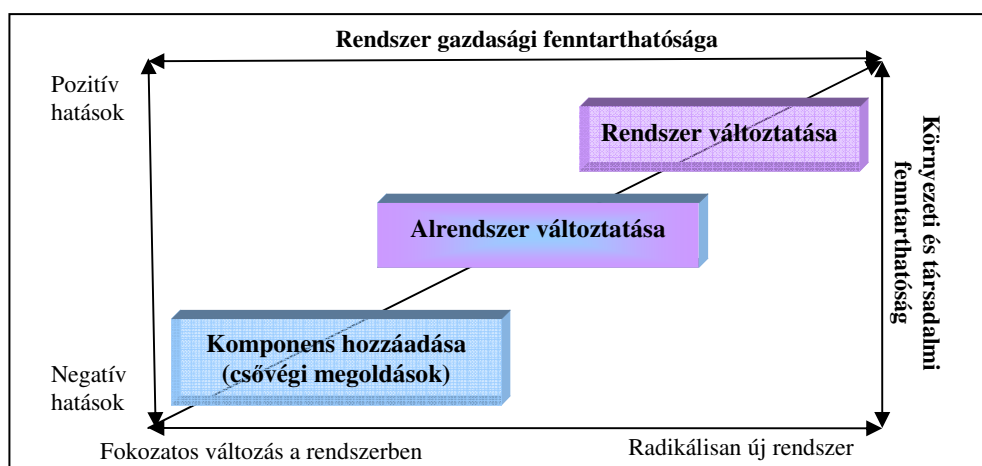
Számos szerző (pl. McDonough – Braungart, 1998; York, 2008; Lior, 2010; Pataki, 2000; Málovics-Bajmócy, 2009; Kerekes, 2008) hívja fel a figyelmet ugyanakkor arra, hogy a meglévő technológiák ökohatékonyságának ösztönzése nem elegendő a fenntartható fejlődés követelményeinek eléréséhez. A termékek és folyamatok ökohatékonyságának javítása bár mennyiségileg *csökkentheti a környezetbe jutó szennyezés mértékét, nem számolja fel azokat*. Ráadásul, véleményük szerint a *visszapattanó hatás*, vagy az ún. „*N-görbe*” *problematikája* miatt az ökohatékonyság fokozása révén nyerhető megtakarítások teljes mértékben nem realizálhatók (Málovics – Bajmócy, 2009; Jänicke, 2008). A termékek, szolgáltatások, vagy folyamatok ökohatékonyságának fejlesztése ugyanis csökkenti a gazdasági és környezeti szféra közötti feszültséget, azaz előidézheti a használat növekedését, ami összességében akár magasabb környezetszennyezést is eredményezhet. A visszapattanó hatás példaként említik általában az autók üzemanyag-hatékonyságának vagy a háztartási berendezések energia-hatékonyságának javulását, melyet az eszközök használatának növekedése követett (Kerekes, 2008).

¹⁸ A tisztább termelés olyan folyamatos fejlesztési stratégia, amely a megelőzésre épülve, termékre, technológiára és szolgáltatásra egyaránt alkalmazható, és eredménye kettős nyereséggel jár (Tóthné, 2003, 2. o.).

A technológiák cseréje ennek értelmében szükséges, de nem elégséges feltétele a fenntartható fejlődés céljainak érvényesítéséhez. A *fenntartható fejlődés koncepciója a gazdasági, társadalmi és környezeti fejlődést kapcsolja össze, így ezek együttes érvényesítésének lehetősége nemcsak a rendelkezésre álló technológiáktól és azok jellemzőitől, hanem az innovációs stratégiáktól, szervezeti, intézményi és társadalmi változásoktól is függ* (Wollenbroek, 2001; Jansen, 2003). Ahogyan Freeman (1992, 124. o.) is megfogalmazta: “A sikeres akciók a tudományos ismeretek fejlődésének, a megfelelő politikai programoknak, a társadalmi reformoknak és egyéb intézményi változtatásoknak, valamint az új befektetések irányának és mértékének függvényei. Minden technológiai innovációt szervezeti és társadalmi innovációnak kell kísérnie”.

Mindezt felismerve, a tisztább technológiával (termék, szolgáltatások, vagy folyamatok), az egyedi technológiák zöldítésének lehetőségeivel, kihívásaival, illetve a termékek szolgáltatásokkal való helyettesítésének lehetőségeivel, hatásaival foglalkozó irányzatok mellett, az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelem helyeződött a *rendszerinnovációk* és azok szerepének vizsgálatára. Ahogyan Smith (2003) is megfogalmazta, míg a tisztább technológiával foglalkozó kutatások elsősorban azt vizsgálják, hogyan lehet egyedi technológiákat (pl. mezőgazdasági termelési technológiák) környezetbaráttá tenni, addig a rendszerinnovációs vizsgálatok azt kutatják, hogyan lehet egy teljes termelési és fogyasztási rendszert (élelmiszer-termelés és fogyasztás rendszere) társadalmi, gazdasági és környezeti szempontból fenntarthatóbb pályára állítani.

2.5. ábra: A fenntartható fejlődés elveit támogató technológia innovációk fokozatai



Forrás: Carrillo-Hermosila et al (2010, 1076. o.)

A fenntartható fejlődés elveit szolgáló innovációkat Tukker és Tischner (2006) rendszerszemléletű megközelítést alkalmazva három kategóriába sorolja (2.5. ábra):

- A *rendszeroptimalizálás* szintjén a meglévő termelési és fogyasztási rendszerek struktúrája változatlan marad, pusztán annak fokozatos fejlesztése valósul meg. Ebbe a kategóriába sorolható a különböző termékek és szolgáltatások, termelési és fogyasztási rendszerek ökohatékonyosságának javítását célzó innovációk, csővégi megoldások alkalmazása.

- **A rendszer újratervezésének** szintjén az ellátás és fogyasztás rendszerének újratervezése, az egyes alrendszerek és interakcióinak módosítása történik általában funkcionális, megtartó innovációk segítségével, a meglévő kontextus keretein belül maradva.
- **A rendszerinnováció** az a szint, ahol nemcsak a termékek és/vagy szolgáltatások, folyamatok optimalizálása történik meg a meglévő infrastrukturális és intézményi keretrendszer feltételeit betartva, hanem a teljes rendszer, - azaz a rendszerelemek, azok kapcsolatainak és interakciónak, megváltoztatására is sor kerül. Ehhez olyan innovációk megjelenése és terjedése szükséges, melyek szakítanak az uralkodó megoldásokkal és elvekkkel, és segítenek a teljes rendszert fenntarthatóbb pályára állítani.

A fenntartható rendszerinnovációk ennek alapján úgy definiálhatók, mint olyan, különböző rendszerdimenziókban megjelenő innovációk összességei, melyek úgy teszik lehetővé az új termékek, vagy szolgáltatások biztosítását, hogy új logikát, gyakorlatokat, alapelveket hívnak életre, mellyel gazdasági, környezeti és társadalmi hasznokat is biztosítanak.

A rendszerinnovációs megközelítés tehát a **Huber (1995) által azonosított stratégiák kombinálására hívja fel a figyelmet**. Eszerint, a fenntartható fejlődés céljainak érvényesítését komplex, állandó, rosszul strukturált és bizonytalan problémák gátolják, melyek felszámolására nem léteznek egyszerű, tökéletes megoldások. Nélkülözhetetlen a termelési és fogyasztási folyamatok, az alkalmazott technológiák, intézmények és politikák megújítása. A rendszerinnovációk tehát nemcsak az ún. kemény (technológiai innovációkat), hanem az ún. puha (szervezeti, intézményi) innovációkat is magukban foglalják. Ahogy Könnöla (2007) is megfogalmazta, a fenntartható fejlődés céljainak eléréséhez technológiai, társadalmi, iparági, és intézményi változásokra van szükség, a rendszerinnovációk pedig az új tudással, új logikával, új szervezetekkel és szereplők közötti kapcsolatokkal, eltérő szabályokkal és szerepekkel hozhatók összefüggésbe. **A rendszerinnovációs megközelítés ebből a szempontból nem a fenntartható fejlődés elérésének egy újabb alternatíváját jelenti, hanem sokkal inkább a 2.2.2. fejezetben bemutatott elméletek szerves egységét teremti meg.**

A technológiai rendszerek fenntartható pályára állítását tehát olyan technológiai innovációk támogathatják, melyek egyidejűleg képesek arra, hogy a műszaki és technológiai jellemzők módosításán túl a termelési és fogyasztási alrendszerben, szokásokban, kulturális elemekben, piaci szerkezetben is kedvező változásokat idézzenek elő, új elveket, logikát, funkciókat hozzanak létre.

Fontos megjegyezni, hogy bár a rendszerinnovációk rendszerszinten szakító változásokat képviselnek, mindez nem jelenti azt, hogy az alapjukat csupán radikális, szakító innovációk adhatnák. A fenntarthatóság szempontjából valamennyi innováció-típus szükségesnek mondható. A szisztematikus változásokat eredményező innovációk radikális és fokozatos innovációk sokaságára épülnek, ám a hangsúly azon van, hogy a szakító innovációk nyitják meg az utat a kedvező változásokat eredményező fokozatos innovációk előtt (Berkhout, 2002; Geels, 2004; Elzen et al, 2004; Kemp, 2008).

A technológiai innovációk ezen rendszerinnovációs potenciáljának feltárásához, valamint a technológiai rendszerek szintjén jelentkező innovációkkal szembeni „magatartásának” megismeréséhez célszerű áttekinteni, hogyan is vélekednek a különböző innovációs elméleti irányzatok a technológiai rendszerek változásának folyamatáról és természetéről.

2.3. A technológiai rendszerek változása az innovációs elméletekben

Az értekezés ezen fejezetében kívánom bemutatni a különböző innovációs elméletek technológiai rendszerekkel, azok változásával és változással szembeni ellenállásával kapcsolatos megállapításait. A fejezet célja, hogy feltárjuk léteznek-e hasonlóságok, közös elemek az egyes irányzatok eltérő értelmezései, elgondolásai között ezen területek vonatkozásában.

2.3.1. Az evolúciós közgazdaságtan megközelítése

Míg a neoklasszikus közgazdaságtan alapfeltevése a kompetitív egyensúly megléte (melyben a technológia általános, mindenki számára hozzáférhető), és szigorú értelemben véve nem foglalkozik a technológia, illetve a technológiai változás vizsgálatával¹⁹, addig a biológiai evolúcióelmélet fogalomtárát²⁰ részben alapul vevő evolúciós közgazdaságtan megközelítésében a technológiai változás a gazdasági fejlődés endogén tényezőjeként jelenik meg (Luiten, 2001).

A legismertebb evolúciós elméleti modell Nelson és Winter (1982) nevéhez köthető. Modelljük értelmében a vállalatok magatartását kifejlesztett rutinjaik határozzák meg, melyek úgy működnek mint a gének, hiszen „*a vállalatoktól (is) elvárható, hogy a jövőben is úgy viselkedjenek, amilyen rutinok alapján azt a múltban tették*” (Nelson – Winter, 1982, 142. o.). A vállalati rutinok tulajdonképpen egyfajta döntési szabályoknak tekinthetők, melyeket a cégek hosszabb ideig rendszeresen alkalmaznak, és a tevékenységek ismétlésével memorizálnak (Kiss, 2004). Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a rutinokat, a képességekhez hasonlóan a cégeknek „ki kell építeniük”, egyszerű transzferük nem oldható meg (Elzen et al, 2004). Nelson és Winter (1982, 14-17. o.) a vállalatok szintjén három rutinfajtát különböztet meg egymástól. Az első kategóriába azok a *standard működési eljárások* sorolhatók, melyek meghatározzák, hogy a különféle feltételek érvényesülése esetén hogyan és mennyit termeljen egy vállalat. A második csoportot azok a rutinok alkotják, amelyek a vállalat *beruházási döntéseit, azokkal kapcsolatos viselkedési szabályait* határozzák meg. Végül, a harmadik csoport a *problémamegoldás, a működés fejlesztésének* rutinjait öleli fel. A variációt tehát ezek a vállalatoként eltérő rutin, képesség és erőforrás kombinációk, illetve azok fejlődése teremti meg, míg a szelekciót a piac végzi el. A gazdaságban a legsikeresebb rutinok, az azokkal rendelkező vállalatok maradhatnak meg, fejlődhetnek és

¹⁹ Bár a legújabb neoklasszikus elméleti irányzatoknál a tudásteremtést és az innovációt már a gazdasági fejlődés endogén elemének tekintik (pl. Solow, 1957), a technológiát, illetve annak fejlődését továbbra is fekete dobozként kezelik (Luiten, 2001, 45. o.).

²⁰ A biológiai evolúcióelmélet szerint az élő szervezetek magatartását azok génállománya határozza meg, mely generációról generációra öröklődik. A szelekciós környezet, illetve annak változása dönti el, hogy mely gének fognak életben maradni. Az evolúciós utat a génállományban a spontán mutáció, vagy a szelekciós környezet hatására bekövetkező változások teremtik meg.

növekedhetnek kedvezőbb mértékben, azon vállalatokkal szemben, amelyek képességei és viselkedési szabályai kevésbé felelnek meg a szelekciós környezet kihívásainak. Ha a vállalatok kielégítő profitra tudnak szert tenni, nagy valószínűséggel nem változtatnak döntési szabályaikon (Kiss, 2004). Ha azonban a profit nem kielégítő mértékű a cég számára, a vállalat új rutinokra kíván szert tenni, mely az utánzás (esetenként az átvétel, a munkaerő mobilitás, illetve a továbbképzés), illetve az innováció révén valósítható meg. A vállalatok tehát innovációs erőfeszítéseik támogatására és irányítására szolgáló rutinokkal is rendelkeznek (Kiss, 2004). Ám ezek meglete nem jelenti azt, hogy a cégek képesek lennének előre jelezni az innovációs folyamat eredményét, vagy az egyes technológiák sikerességét. Sőt, a szerzők hangsúlyozzák az innováció bizonytalan jellegét, és a korlátozott racionalitás elveinek érvényesülését (Kiss, 2004, 13. o.). A bizonytalanság miatt az egyes vállalatok eltérő módon vélekednek a K+F tevékenységek időzítésének kérdéséről, és leküzdése érdekében a megszokott, már ismert, vagy hasonló pályák mentén folytatnak innovatív tevékenységet (Nelson-Winter, 1982, 211. o.). A cégek tehát heurisztikus, lokális kutatási rutinokat alkalmaznak, azaz a keresés fókusza azokon a megoldásokon van, melyek a jelenleg alkalmazottakhoz a legközelebb állnak. Ezek a keresési rutinok létrehozzák az uralkodó kutatási irányzatokat és innovatív tevékenységeket, a technológiai fejlődés pályáját a mérnökök által kölcsönösen elfogadott kognitív rutinokat magukban foglaló uralkodó referenciakeret befolyásolja. Ezt a referenciakeretet *Nelson és Winter (1982) technológiai rezsimek*, *Dosi (1982) technológiai paradigmának* nevezte el (Geels, 2004).

A technológiai rezsimek, vagy paradigmák a megoldandó problémák meghatározását, a K+F tevékenységek alapjait és módszereit, az alkalmazandó eljárásokat, illetve a fejlesztendő termékek jellemzőit ölelik fel. Kijelölik azokat a határokat, melyeken belül a piaci jelzések hatást gyakorolhatnak az innováció folyamatára, miközben az innovációtól várt piaci előny arra ösztönzi a vállalatokat, hogy képességeik adta határokon belül maximálisan kihasználják ezeket a technikai lehetőségeket (Inzelt, 1998, 47. o.). Mindez pedig egy adott technológiai trajektória, fejlődési pálya megjelenéséhez és megerősödéséhez, más fejlődési pályák kizárásához vezethet (Kiss, 2004). Az evolúciós elmélet szerint a variáció, és a technológiai fejlődés is útfüggő jelenségnek tekinthető, mért a vállalatok jövőbeli technológiai képességeikkel kapcsolatos reményeit befolyásolják múltbeli képességeik, és a technológiai fejlődés pályáját is meghatározzák, terelik a múltbeli fejlesztések, az azokkal kapcsolatosan felhalmozott ismeretek, nézetek és rutinok (Dosi, 1982). Az evolúciós elmélet nagy szerepet tulajdonít a szelekciós környezet oldaláról érkező nyomásoknak, Nelson és Winter (1982, 167-168. o.) a kereslet, kínálat és ár mellett a szelekciós környezet lényegi elemeként kezeli az ágazatonként eltérő intézményi struktúrákat is. Ennek ellenére, azt is kiemelik, hogy a rutinok, a döntési szabályok és kompetenciák a legtöbb környezeti változás esetén is változatlanok maradnak, így az uralkodó terméket, technológiai rendszert, technológiai paradigmát támogatják. Nem adnak azonban támpontot arra vonatkozóan, hogy mely külső környezeti változások idézhetik elő a rutinok változtatását (Elzen et al, 2004).

Az evolúciós elméleti irányzat fő jellemzője, hogy az innováció kumulatív, nemlineáris, dinamikus jellegű, a technológia társadalmi beágyazódását, az útfüggőség, és a korlátozott racionalitás szerepét is kiemeli. Bár Nelson, Winter, és Dosi modelljeiben nagy hangsúly

helyeződik a technológiai fejlődést befolyásoló technológiai rezsim, illetve paradigma „jelenségére”, nem írják le, hogyan jelennek meg az új rezsim/paradigmák, nem részletezik a régi és új rezsim/paradigmák közötti átállás folyamatát, azok vállalatokon túlnyúló beágyazódottságának természetét.

2.3.2. Technológiai fejlődés és a hosszú hullámok elmélete

Az ún. hosszú hullámok elméletének (LWT) megalapozása Kondratyev (1935) nevéhez köthető, aki szerint a gazdasági növekedés 40-60 évente ismétlődő S-alakú ciklusokkal jellemezhető (Id: Sipos, 2002, 58. o.). Elméletét továbbfejlesztve Schumpeter kijelentette, hogy ezeket a ciklusokat olyan innovációs klaszterek ösztönzik, melyek gyors technológiai alapú növekedéshez vezetnek, új piacokat hoznak létre, miközben lerombolják a meglévőket. Martin és Dodgson (1997) a világgazdaság szerkezetváltozásának 5 ilyen periódusát azonosították²¹, és azt állítják, hogy minden egyes hullám az új technológiák, növekedésnek induló szektorok, illetve az új menedzsment és szervezeti elvek megjelenésével jellemezhető (Szakály 2002/a). Drucker (1994) azt is hangsúlyozza, hogy a hullámok megjelenését tápláló tudományos és technológiai áttörések révén a technológiai rendszerek komplexitása nő, és megváltoztatják a társadalom szerkezetét is²².

Freeman és Perez (1988, 47. o.) az uralkodó technológiák, termelési módok és gazdasági struktúrák adott perióduson belüli, egymást erősítő fejlődésének leírására az ún. technogazdasági paradigma elvét alkalmazzák. Véleményük szerint az új technológiák egy olyan környezetben jelennek meg, melyet az uralkodó techno-gazdasági paradigma dominál, ám a régi és új technológiák nem szükségszerűen versenyeznek egymással, mivel az új technológiák az esetek többségében a meglévő technológiákkal kapcsolatos problémák megoldása érdekében látnak napvilágot. Az új technológiák áttörését az uralkodó technogazdasági paradigma folyamatai, hajtóerőinek gyengülése befolyásolja. A kezdeti ellenállást a technológiák szektorközi klaszteresedése, valamint az új technológiák diffúziója és a tágabb értelemben vett intézményi környezet kölcsönhatásai befolyásolják (Inzelt, 1998). Ennek során jelennek meg a szervezeti, infrastrukturális, termék és szolgáltatásbeli, tudás és képességbeli, valamint fogyasztási változások. A diffúzió tehát különböző területek változását idézi elő. Freeman és Louça (2001) munkájukban már azt hangsúlyozzák, hogy az egyes periódusok lezáródását, a gazdasági válságok megjelenését az egymással kölcsönkapcsolatban álló társadalmi alrendszerek (gazdasági, tudományos, technológiai, kulturális és politikai alrendszerek) valamelyikében bekövetkező változások, újítások, valamint ennek köszönhetően az alrendszerek közti szinkron felborulása idézheti elő (Elzen et al, 2004, 29. o.). Az új periódusok megjelenését pedig az egyes alrendszerek közti összhang fokozatos helyreállása eredményezi.

²¹ 1. hullám (1770-1830): Gépesítés; 2. hullám (1820-1890): Gőzgépek; 3. hullám (1880-1945): Villamosítás; 4. hullám (1935-1995): Tömegtermelés; 5. hullám (1985-2050): Informatika (Szakály, 2002/a, 17. o.).

²² Schumpeterrel ellentétben, aki az innovációs folyamat elemzése kapcsán nem foglalkozott a társadalmi tényezők szerepével, Drucker (1994) azt állítja, hogy a technológiai alapú változások a foglalkoztatás és a társadalom szerkezetében is elmozdulásokat eredményeztek, a technológiai alapú változás a fő oka a gyári munkások, későbbiekben a technológusok megjelenésének.

A hosszú hullámok elmélete tehát hangsúlyozza, hogy a rendszerek változása a technológiai, társadalmi és szervezeti innovációk kombinációja révén jelenhet meg, ám képviselői alapvetően makrokörnyezeti változásokat vizsgálnak, és kevésbé foglalkoznak a mikrokörnyezeti szereplők tevékenységével, szempontjaival.

2.3.3. Innovációs rendszerek elméletei

Az innovációs rendszerek elmélete szerint a technológiai változás egy komplex folyamat, melyben kiemelt szerepe van a különböző tudáselemek megjelenésének és terjedésének, valamint ezek új termékekké, szolgáltatásokká, folyamatokká történő alakításának. Az elmélete hangsúlyozza, hogy az innovációt bonyolult visszacsatolási mechanizmusok, és a tudomány, technológia, tanulás, termelés, politika és a kereslet között fennálló kölcsönkapcsolatok jellemzik (Buzás, 2006). A cégek nem elszigetelten folytatnak innovatív tevékenységeket, hanem más vállalatokkal, szervezetekkel, társadalmi csoportokkal állnak kapcsolatban a tudás, az információ, az erőforrások megszerzése, kifejlesztése, cseréje érdekében. Elemzésük középpontjában tehát a társadalmi csoportok, a különböző piaci szereplők, támogató szervezetek, és a köztük fennálló interakciók állnak, így a rendszer-megközelítés egyfajta társadalmi hálózati megközelítést is képvisel. Az innovációs rendszer több szinten értelmezhető, beszélhetünk nemzeti, regionális, ágazati, illetve technológiai innovációs rendszerekről is. Bár ezek az elméleti megközelítések eltérő fókusszal bírnak, közös bennük, hogy az innovációt kollektív tevékenységnek tekintik, nagy szerepet tulajdonítanak a rendszerelemek közötti kapcsolatoknak és tanulásnak, valamint hangsúlyozzák a technológiai és társadalmi fejlődés koevolúciós jellegét.

A **Nemzeti Innovációs Rendszerek (NIR)** képviselői (pl. Freeman, 1987; Nelson, 2003; Lundvall, 1992; Edquist, 1997) szerint az innovációk nemzeti jelleggel, azaz bizonyos szintű lokális és kontextuális meghatározottsággal, strukturális, szervezeti sajátossággal rendelkeznek a technológia, a képességek, a támogató szervezetek és a hálózatok vonatkozásában²³. A NIR elmélete azt állítja, hogy a speciális intézményi, szervezeti beállítódás befolyásolja az innováció folyamatát. Freeman (1987) szerint az egyes szektorok és technológiák sajátos dinamikával és szerkezettel rendelkeznek, melyek nagyban meghatározzák az adott nemzetgazdaság termelőképességét, a nemzeti intézmények pedig kijelölik a működési feltételeket. Freeman úgy definiálta a nemzeti innovációs rendszert, mint a magán és közszektor szereplőinek és intézményeinek hálózatát, akiknek tevékenységei és interakciói ösztönzik, importálják, módosítják, terjesztik az új technológiákat (Inzelt, 1998, 61. o.). A NIR a vállalatok innovációs tevékenységéhez nélkülözhetetlen kapcsolatok hálózata, melyet a nemzeti oktatási rendszer, az ipari kapcsolatok, a műszaki és tudományos intézmények, a kormányzati politikák, a kulturális hagyományok, stb. támogatnak, befolyásolnak. Lundvall (1992) értelmezése szerint a NIR szűkebb értelemben a kutatás-fejlesztést végző szervezeteket és intézményeket foglalja magában, míg tágabb értelemben felöleli a „*gazdasági struktúra és*

²³ A NIR elve Freeman (1987) nevéhez köthető, aki a II. világháború utáni Japán gazdasági fejlődésének elemzése során kimutatja az intézmények szerepét, és hangsúlyozza az erős ipari – állami kapcsolatokat, a menedzseri és szervezeti elvek fontosságát (Kiss, 2004, 40. o.).

intézményi keretrendszer összes elemét és aspektusát, amelyek befolyásolják a tanulást, a kutatási és fejlesztési tevékenységeket” (Kiss, 2004, 26. o.). A nemzeti innovációs rendszer olyan szereplők rendszere, akik egymással interakcióban állnak, így befolyásolják a nemzetgazdaság innovatív teljesítményét, és a kapcsolatok, folyamatok összekötő elemének a tanulás tekinthető. Ezen elméleti megközelítés szerint a fő kérdés, hogy milyen mértékben könnyíti meg a nemzeti intézményi keretrendszer, a szereplők közötti interakció révén megjelenő tudáscserét és transzfert, illetve a tudás használatát (Freeman, 1987; Lundvall, 1992). A NIR értelmében a technológiai fejlődés olyan társadalmi folyamat, mely legsikeresebben a hálózatok révén mehet végbe, ahol intenzív interakció fedezhető fel a termékek, szolgáltatások, technológia, és tudás átadói és átvevői között, beleértve az olyan közösségi tudásinfrastruktúra szervezeteket is, mint például az egyetemek, vagy kutatóközpontok (Edquist, 1997). Az interakciókat támogató és/vagy korlátozó intézményi keretek kiépítésére és fejlődésére visszahatnak a cégek, a cégek és a tudásszereplők, valamint a tudomány és az állam közötti kapcsolatokra jellemző nemzeti sajátosságok.

Malerba (1999, 4. o.) megfogalmazása szerint az **Ágazati Innovációs Rendszerek (SIS)** „*az adott szektor termékeinek kifejlesztésében és előállításában, valamint az adott ágazat technológiájának előállításában és használatában aktív szerepet játszó, egymással piaci és nem piaci interakcióban álló heterogén szereplők halmaza*”. Malerba és Orsenigo (1993) szerint az ágazatok határait és fejlődési dinamikáját sajátos technológiai rezsimeik befolyásolják, mely rezsimek a technológiai lehetőségek és kisajátíthatóságuk mértékével, a tudásbázis, a tudás-felhalmozás, valamint a tudásáramlás és kommunikáció természetével és módjával jellemezhető²⁴. Breschi és Malerba (1997) kiemelik továbbá a rendszerelemek, valamint az ágazati rendszerek és rezsimek fejlődésének koevolúciós jellegét is. Bár a folyamatban fontos szerepet játszanak a különböző szervezetek, intézmények is, és az elmélet nagy hangsúlyt helyez a szelekciós környezetre, nem foglalkozik explicit módon a felhasználói oldallal, nem vizsgálja a tanulási folyamatok szempontjából releváns normatív és kognitív intézményeket (Geels, 2004). Ugyanakkor, Malerba 2002-es munkájában már a SIS elemzési keretrendszerét a nemzeti határokon belüli, adott ágazatban tevékenykedő vállalatok, különböző szervezetek és intézmények, és a köztük fennálló kapcsolatok, társadalmi hálózatok vizsgálatára tágítja.

Ahogy a fentiekből láthattuk, a NIR és a SIS kutatói szerint a rendszerek mozgatórugójának, a tudásteremtés, tudáscsere és tudástranszfer tekinthető, és az innováció megjelenésének és terjedésének szempontjából három intézménytípus bír kiemelkedő jelentőséggel: az egyetemek mint tudásképző és tudásterjesztő szervezetek (a modell szerint ide tartoznak az akadémiai kutatóintézetek is), a kormányzati kutatószervezetek mint irányított stratégiai alap- és alkalmazott kutatást végző szervezetek, és az innovatív vállalkozások²⁵. **Összességében azonban kijelenthető, hogy a nemzeti és ágazati innovációs**

²⁴ Marsili – Verspagen (2001) kutatásukban az egyes ágazatok tudomány-alapú, alapvető-folyamat alapú, termék-műszaki alapú, komplex természetű, állandó-folyamat alapú rezsimekkel jellemezhető csoportba sorolja.

²⁵ Ezen elméleti alapokra épül például a Triple Helix modell (Etzkowitz – Leydersdorff, 1997) is, melynek értelmében e három intézménytípus koevolúciója, együttműködésének szorossága és intenzitása határozza meg, hogyan alakul egy ország, régió, vagy ágazat innovációs rendszerének dinamikája (Inzelt, 2004).

rendszer elméletek a különböző aggregációs szinteken értelmezett rendszerek funkcionalitásának vizsgálatával, illetve annak ösztönzésével foglalkoznak, és elhanyagolható figyelmet szentelnek a rendszerek változásának.

A viszonylag új irányzatnak tekinthető **Technológiai Innovációs Rendszerek (TIS)** elmélete ezzel szemben az egy adott technológiai alap köré szerveződött kontextuális tényezők halmazát vizsgálja. Úgy értelmezi a technológiai rendszert, mint „*adott intézményi infrastruktúra alatt működő, speciális technológiai területen tevékenykedő, a technológia létrehozása, terjesztése, és használata érdekében egymással interakcióban álló szereplők hálózatát*”, melynek határai nem feltétlenül esnek egybe a nemzeti határokkal (Carlsson – Stankiewicz, 1991, 21.o.). Ez az elméleti megközelítés az új technológia megjelenését befolyásoló társadalmi hálózatok vizsgálatára helyezi a hangsúlyt, elemzéseiben a mikroökonómiai aspektusok (vállalati kompetenciák, stratégiák, tudáshálózatok), valamint a formális és informális intézmények is domináns szerepet töltenek be. A rendszer ezen elemeinek – vállalatok, hálózatok, intézmények – jellemzői, tulajdonságai, magatartásai önállóan, vagy egymást erősítve is felléphetnek az új technológia megjelenése és terjedése ellen. Így, az elmélet szerint az uralkodó technológiai innovációs rendszerekben inkább fokozatos, fenntartó innovációk jelennek meg, míg a radikális innovációk a rendszeren kívülről érkeznek (Carlsson – Stankiewicz, 1991; Hekkert et al, 2006). Ráadásul, az uralkodó rendszereket a meglévő intézményi keretrendszer, és az anyagi érdekeltséggel bíró szereplők is stabilizálják, ami egyúttal azt is jelenti, hogy a radikális újítások legitimációszerzése és diffúziója szempontjából intézményi változásokra és a rendszerépítők megjelenésére van szükség (Elzen, 2004, 37. o.).

Bár a TIS égisze alatt született elemzések arra tesznek kísérletet, hogy feltárják adott technológiák megjelenésének és terjedésének támogató és gátló mechanizmusait, és ez alapján javaslatokat fogalmaznak meg a politikai döntéshozók számára. Az elemzések mellőzik a materiális elemeket és azok kapcsolódásait, és nem adnak elméleti támpontot arra vonatkozóan, hogyan jelenhetnek meg az uralkodó rendszeren kívül a radikális innovációk, hogyan találhatnak azok támogatókra, és hogyan kivitelezhetők az intézményi változások.

2.3.4. Nagy technikai rendszerek elmélete

Az elsősorban Hughes (1983, 1987) nevével fémjelzett, nagy technikai rendszerek elmélete (LTS) a többszörösen összetett, infrastrukturális hálózatokkal bíró technológiai rendszerekkel - pl. villamosenergia-ellátás, közlekedés- foglalkozik. Ez az elméleti irányzat a technológiai rendszereket heterogén, fizikai és nem fizikai elemekből álló ún. „*varrat nélküli hálózatoknak*”, olyan kulturális, intézményi és technológiai elemek komplexumainak tekinti, melyek együttesen valamely politikai vagy termelési célra összpontosítanak (Hughes, 1987, Hornszky, 2002). A technológiai rendszer megfelelő működése érdekében ezeknek az elemeknek, illetve a köztük fennálló interakcióknak összhangban kell lenniük, szorosan egymáshoz kell illeszkedniük, azaz a rendszer bármely összetevőjének változtatása a többi összetevő változtatását is szükségessé teszi (Hughes, 1983, 6. o.). Az LTS a technológiai

fejlődést a technológiai rendszerek transzformációjaként értelmezi, így vizsgálatának fókuszában is a technológiai rendszerek megjelenése, fejlődése áll.

Hughes (1987, 56. o.) a technológiai rendszerek fejlődését öt, egymást átfedő, egymásra visszaható lépésre tagolja. Az első szakaszt a felfedezés, a találmányok megjelenése képezi, ugyanakkor, ahogyan Hughes (1987, 57. o.) fogalmaz, ezek a technológiai rendszer fejlődésének valamennyi szakaszában tetten érhetők, hiszen ritkán elegendő egyetlen szabadalom vagy találmány egy probléma végleges megoldására. A következő lépcső, a radikális felfedezések továbbfejlesztése, melyhez olyan feltaláló-vállalkozókra, rendszerépítőkre, van szükség, akik képesek a technológiai, társadalmi és politikai értelemben is működőképes konfigurációk életre hívására. Amennyiben az újítás a piacokon is megjelenik a rendszerfejlődés az innováció fázisába lép. A technológiatranszfer folyamata során a környezeti (politikai, jogi, földrajzi, történelmi) sajátosságokra adott válaszok, reakciók szövedéke pedig egyfajta technológiai stílussá áll össze (Hughes, 1987, 68-69. o.; Kincsei, 2007), mely nélkülözhetetlenné teszi az ún. menedzser vállalkozók szerepét. A növekedés, verseny és konszolidáció fázisában a rendszer szereplőinek tevékenységét a megfelelő költség-elérhetőség alapján optimalizált inputkombinációk kialakításának, a terhelési faktor (adott periódus alatt minél magasabb legyen az átlagos output maximális outputhoz viszonyított aránya) növelésének, valamint az ún. „negatív kiszögellések” felszámolásának szándéka vezérli (Hughes, 1983, 14. o.). A negatív kiszögellések a rendszer növekedésének akadályaként jelennek meg, és vagy valamely komponens hiányára, vagy a komponensek nem kellő illeszkedésére vezethetők vissza. Ezeket a negatív kiszögelléseket a rendszer szereplői problémaként értékelik, és általában fokozatos, megtartó fejlesztésekkel reagálnak rájuk. Ráadásul, a technológiai rendszer növekedése során egyre inkább beágyazódik a társadalomba, ahogyan Hughes (1983) a villamosenergia-rendszer fejlődésével kapcsolatosan megfogalmazta: *„A rendszer lendülete elsőként azoktól a gyártóktól ered, akik erőforrásokba, munkaerőbe, termelő üzemekbe fektettek be annak érdekében, hogy a rendszer által megkívánt gépeket, eszközöket, apparátust létrehozzák. Őket követik az oktatási intézmények, akik az új technológia tudományos és gyakorlati oktatását végzik, majd kutatóintézmények jönnek létre a kritikus problémák megoldása érdekében, és ezalatt, egyre inkább növekszik azon mérnökök, munkások, kutatók, oktatók, menedzserek száma, akik növekvő tapasztalatokra, kompetenciákra tesznek szert az új technológiai rendszerben”* (Id: Foxon, 2003, 36. o.).

Az LTS szerint a technológiai és társadalmi fejlődés adott orientációja a rendszer fejlődésének belső motorjává válik, azaz a rendszer egyfajta *„belső lendületre”* tesz szert. A rendszer megerősödését, belső lendületének megjelenését támogatja, hogy az anyagi érdekeltséggel bíró szereplők aktívan tevékenykednek, esetenként lobbiznak annak érdekében, hogy a rendszer a számukra kedvező irányba fejlődjön, a társadalom szereplői a fizikai elemekhez kötik életvitelüket, ahhoz igazodva jelenik meg és fejlődik az infrastruktúra, a gyakorlatok, a tudás, vagy az iparági ellátási láncok (Hegger, 2007). Míg azonban az emberek döntései és ideológiái fontos szerepet töltenek be a technológiai rendszerek kezdeti fejlődési fázisaiban, Hughes (1994, 112. o., Id: Barley, 1998, 253. o.) azt is kijelenti, hogy a technológiai rendszerek növekedésük során egyfajta intézményesülési

folyamaton mennek keresztül, átveszik fejlődésük irányítását, azaz: „*A technológiai rendszerek és okozat is egyben: alakítja a társadalmat, miközben az is visszahat rá. Minél nagyobb és komplexebb rendszerré válik, annál jobban alakítja a társadalmat, és annál kevésbé van kitéve a társadalom befolyásoló hatásának. Következésképp, a technológiai rendszerek lendülete egy olyan koncepció, mely valahol a társadalmi konstruktivizmus és a technológiai determinizmus között helyezkedik el. A társadalmi konstruktivizmus a fiatal rendszerekkel, technológiai determinizmus az érettebb rendszerekkel van összhangban.*” Bár Hughes munkáiban nem beszél a technológiai rendszerek hanyatlásáról, vagy az új és a régi technológia rendszerek „harcáról”. A technológiai rendszerek hanyatlása az LTS képviselői szerint az egyes elemek, és azok interakcióinak fellazulásával magyarázható. Ahogyan Summerton (1994) is megfogalmazza, a technológiai rendszerek elemei közötti kapcsolatokat egyfajta dinamika jellemzi, és a stabilitási időszakok közötti „fejlődési ablakok” lehetőséget adnak a rendszerek transzformációjára (Elzen et al, 2004, 31. o.).

Az LTS elmélete szerint a heterogén, egymással együttfejlődő elemekből álló technológiai rendszerek megjelenése és fejlődése komplex folyamat. A rendszerek speciális jellemzői – a rendszer mérete és az elemei között fennálló kölcsönkapcsolatok - egyfajta változással szembeni ellenállást eredményeznek (Hughes 1983, 1987), így esetükben a már kialakult struktúrákba való bezáródás kockázatával kell számolni. A rendszerinnovációk nem tervezhetők, akkor jelenhetnek meg, ha a rendszerelemek közötti kapcsolatok fellazulnak, és a különböző dinamikák összekapcsolódnak.

2.3.5. Társadalmi konstruktivizmus, azaz a technológia társadalmi felépítése

A társadalmi konstruktivizmus elmélet (SCOT) követői szerint a technológia és a társadalom „kéz a kézben” járnak, és a technológiát alapvetően a társadalmi folyamatok határozzák meg. Ahogyan Pinch és Bijker (1987, 18. o.) fogalmaz: „*minden tudás és tudásra vonatkozó igény társadalmilag konstruáltak tekintendő*”. A társadalmi konstruktivizmus elmélete egyetért az evolúciós közgazdaságtan azon elgondolásával, miszerint a technológiai fejlődés nem más, mint a variáció és a szelekció folyamata, ám azokat alapvetően társadalmi folyamatoknak tartják. A társadalmi konstruktivista irányzat az egyedi technológiai műtárgyakra és a velük kapcsolatban álló szereplőkre fókuszál. Eszerint, a technológia hatásait a műtárgyat tervező egyének hitei és értékei határozzák meg, és ezek a hatások a tervezők vevőkről alkotott elgondolásainak módosításával változtathatók (Luiten, 2001). Más szavakkal, a technológia jelentését, korlátait és lehetőségeit a technológia alkalmazói a használat során alakítják, a technológia alapjául szolgáló tudományos eredmények és mérnöki tervezés pedig egyfajta keretrendszer szolgáltat, ami a felhasználói igények mozgásterét megszabja (Kincsei, 2007). Ugyanakkor a technológia fejlődését az adott technológia szempontjából releváns társadalmi csoportok valamennyi tagja – legyen az egyén, szervezet, vagy intézmény – befolyásolja, még azok a nem-használók is, akik véleményt formálnak a technológiáról és annak felhasználásáról (Kincsei, 2007, 11. o.). Ennek oka, hogy a technológiai hardverek értelmezési rugalmassággal rendelkeznek, azaz a különböző csoportok, normáik és értékeik alapján eltérő értelmezéseket adnak ugyanannak a hardvernek (Pinch – Bijker, 1987, 39-42.o.). Az

eltérő értelmezések a releváns társadalmi csoportok közötti interakciók révén folyamatosan „szembekerülnek egymással”, és az ún. záródási folyamat eredményeként az adott technológia értelmezési rugalmassága lecsökken, végül egy értelmezés válik dominánssá a csoportok számára. Mindez pedig elvezethet a hardver stabilitásának megerősödéséhez. Az újabb és újabb csoportok bekapcsolódásával azonban a technológia körüli viták újjáéledhetnek, így újabb variációk is megjelenhetnek (Kincsei, 2007).

Egy későbbi munkájában Bijker (1995, 123. o.) bevezeti az ún. „technológiai keret” fogalmát, mely mindazon – célok, kulcsproblémák, probléma-megoldási stratégiák és követelmények, uralkodó elméletek, tacit tudás, eljárások, tervezési módok és kritériumok, stb. – tényezőket magában foglalja, melyek befolyásolják a releváns társadalmi csoporton belüli interakciókat, és a technológiai műtárgyak jellemzőinek kikristályosodásához vezetnek. Bár egy keret dominánssá válhat, nem minden szereplő, csoport részese ugyanolyan mértékben ennek a keretnek. A részvétel mértéke a szereplők, csoportok interakcióit és cselekedeteit is strukturálja, és alkalmazható arra, hogy a műtárgyak, és a társadalmi csoportok stabilitását megmagyarázza (Bijker, 1995, 192. o.). A nagymértékben résztvevő szereplők a fokozatos innovációk segítségével a problémák megoldására fókuszálnak, míg az alacsonyabb részvétellel rendelkező szereplők gyakorta válnak azokká, akik a radikálisan új megoldásokat bevezetik (Bijker, 1995, 193. o.). A technológiai keret így a Nelson és Winter által értelmezett technológiai rezsim egyfajta szociológiai megfelelője, mely kognitív, társadalmi és materiális elemeket is tartalmaz.

Bár az elmélet felhívja a figyelmet arra, hogy a technológiai fejlődés több szereplői csoportot is érint, és a szereplők közötti interakciók fokozatosan elvezethetnek egy technológiai keret megjelenéséhez, nem szentel kellő figyelmet a technológia társadalomra gyakorolt hatásainak, nem vizsgálja sem a technológiai fejlődés későbbi fázisait, sem a régi és új technológiák, illetve technológiai rendszerek közötti versengést, vagy az átállás folyamatát.

2.3.6. A cselekvő-hálózat és techno-gazdasági hálózat megközelítései

A szociológiai alapokon nyugvó hálózatelméleti megközelítések képviselői (ld. Callon, 1987, Latour, 1992) szerint a technológia, és annak tágabb értelemben vett politikai-társadalmi kontextusa egymást kölcsönösen befolyásolva fejlődik. A hálózatok ennek értelmében olyan dinamikus rendszerek, melyek heterogén, sajátos céllal és igényekkel rendelkező entitásokat (egyének, csoportok, tárgyak, képességek, szervezetek, intézmények), és a köztük lévő interakciók sokaságát foglalják magukban (Callon, 1992).

A Callon (1987) által kidolgozott cselekvő-hálózat elmélet (ANT), majd az annak alapján kidolgozott techno-gazdasági hálózat elmélet (TEN) szerint a társadalom természetes állapota a rendezetlenség, amelybe rendet csak a cselekvőknek a hálózatok létrehozására és stabilizálására irányuló erőfeszítései vihetnek (Kincsei, 2007. 12. o.). Callon azt is kijelenti, hogy nem létezik cselekvő hálózat nélkül, azaz a cselekvők a hálózatokban elfoglalt helyük, más entitásokkal való kapcsolataik alapján határozhatók meg, ez ad számukra célokat,

erőforrásokat, ösztönzőket, identitást (Kincsei, 2007). A hardverek mindaddig nem működnek, míg egy tágabb konfiguráció részévé nem válnak, a modern társadalom léte pedig elképzelhetetlen nélkülük²⁶. A technológia és a társadalom közötti folyamatos mozgásokat Latour (1992) translációknak nevezi (Kincsei, 2007, 12. o.). Az ANT és a TEN megközelítése szerint az új technológiák heterogén konfigurációkként jelennek meg, az innováció nem más, mint az alkotóelemek akkumulációjának, és azok működőképességük konfigurációkká válásának folyamata. Az új technológia életciklusának korai fázisában a hálózat csak néhány elemből és kölcsönkapcsolatból áll. Az új technológia a hálózat terjeszkedésével, a kapcsolódó elemek számának növekedésével, a társadalmi-technológiai kapcsolatok kiépülésével válik láthatóvá, ez határozza meg diffúzióját és stabilitását (Callon, 1987, 93. o.). Az elmélet kulcsszerepet tulajdonít az innovátorok hálózatának kialakulási folyamatát befolyásoló probléma-definiálásnak. A hálózatok létrehozásakor a cselekvők saját érdekeik érvényesítése érdekében erőforrásokatallokálnak és szövetségeket hoznak létre (Kincsei, 2007, 13. o.). Az egyes szereplők különböző közvetítők – emberek és kompetenciák, műtárgyak, írásos dokumentumok, pénz (Callon, 1992, 135. o.) - révén állnak egymással kapcsolatban, melyek az információáramlás biztosítékául szolgálnak. A transzformátor, vagy elsőként mozduló szereplő más szereplők mobilizálásával tesz kísérletet egy adott probléma megoldására, miközben dinamikát ad a szereplő-hálózat fejlődésének. A technológia létrehozását, támogatását biztosító hálózatok kialakulásának folyamatában a kiindulási pontokról, irányokról, együttműködésről, probléma-megoldásokról és lezárásról szóló döntések az azonos probléma-értelmezéseket valló egyének által alkotott csoportokon, hálózatokon belül, az ún. kikristályosodási folyamat során, konszenzus eredményeként születnek meg, mely konszenzus domináns problémamegfogássá válhat (Callon, 1992, 152. o.).

A nagy technológiai rendszerek elméletéhez hasonlóan, az ANT és TEN elméletek is hangsúlyozzák, hogy bármely entitást érintő változás a teljes cselekvő-hálózat változását eredményezi. A cselekvő-hálózatok bevesznek és átalakítanak szereplőket, értékeket, érdekeket, ennek köszönhetően épülhetnek ki, erősödhetnek meg, vagy akár meg is szűnhetnek a szereplők közötti kapcsolatok. A szereplők tehát érdekeiknek, értékeiknek, értelmezési módjaiknak megfelelően befolyásolni tudják a fejlődést, és az egyes hálózatok végül olyan informális intézményekké is válhatnak, amelyek az adott kontextusnak megfelelően támogatják, átveszik, és állandósítják a technológiákat (Luiten, 2001; Mulder et al, 1999). A szereplők a hálózatok csomópontjai, akiket az újrakombinálódási folyamat jellemez. A technológiai hálózatok az innovációs folyamat előre haladtával, vagy a céloknak, a technológia szerepének, a kapcsolatoknak, illetve az erőforrások megoszlásának változásával nőhetnek, erősödhetnek, komplexebbé válhatnak, módosulhatnak, vagy akár fel is bomolhatnak, és új hálózatok jöhetnek létre (Callon, 1992). Callon (1992, 133.o.) szerint az innováció megjelenésében és diffúziójában együttesen részt vevő heterogén szereplők koordinált halmazában, azaz a techno-gazdasági hálózatokban a szereplők három, a tudományos, a technológiai és a piaci pólus mentén szerveződnek, melyek kötött metakoordináció áll fenn. A szerzők techno-gazdasági hálózatok stabilitását és orientációját

²⁶ Ez fedezhető fel a Callon (1987, 84-92. o.) által tárgyalt, EDF és Renault vitáját eredményező elektromos autó esete.

a hálózatok teljessége, integritása, és mérete befolyásolja. Amennyiben a hálózat stabil (rideg) állapotban van, azaz az elemek egymással szoros szövődéket alkotnak, a technológia változás az ismert trajektóriák mentén, fokozatos fejlesztések révén megy végbe. Ha azonban a hálózat instabil (meleg) állapotban van, az elemek közötti kapcsolatok fellazulnak, szabad az út a radikálisan új elemek számára (Callon, 1992, 153-154. o.).

Az ANT és a TEN lehetővé teszi a technológiai döntések társadalmi oldalról történő vizsgálatát. A technológiai változás vonatkozásában a hangsúly a technológiai döntéseket támogató hálózatok jellemzőin, létrejöttük és interakciók elemzésén van. Bár a cselekvő-hálózat inkább a technológiai újítás életciklusának kezdeti fázisaival foglalkozik, a rendszerváltozások vonatkozásában két lényeges dologra is felhívja a figyelmet. Az új technológiák nem egyfajta légüres térben, hanem a már meglévő technológiák által uralt közegben jelennek meg, és a kezdeti fázist inkább a teljes rendszer funkcionalitásának javítása, mintsem az uralkodó technológia kiváltása, vagy helyettesítése jellemzi. Másrészt, egy új elem megjelenése nem hagyja érintetlenül az adott hálózatot, abban további transzformációkat indukálhat, így a technológiai helyettesítés a tágabb technológiai-társadalmi kontextusra is hatással lehet.

2.3.7. Kvázi-evolúciós irányzat és a többszintű perspektíva elmélete

A kvázi evolúciós irányzat a technológiai változás szociológiai, politológiai és menedzsment aspektusainak figyelembevételével egészíti ki az evolúciós elmélet megállapításait. A kvázi evolúciós elmélet ugyanis a technológiai variációt és szelekciót egymással szoros kapcsolatban álló, társadalmi elemeket is tartalmazó nem független eseményekként kezeli. A kvázi evolúciós irányzat kiemeli azt a társadalmi kontextust, melybe a gazdasági szereplők beágyazódnak, és vizsgálataik középpontjában a szelekciós környezetnek a technológia kiválasztódásra gyakorolt hatásainak elemzése áll. Ennek értelmében, a technológiai fejlődés nem más, mint az adott technológiai rezsím szereplőinek és technológiáinak koevolúciós folyamata (Elzen et al, 2004).

A kvázi-evolúciós elméletekben, a kontextust, melyben a technológiai fejlődés megjelenik, és amely befolyásolja annak folyamatát, technológiai rezsímnak nevezik. A technológiai rezsím magában foglalja a mérnökök probléma-megoldási tevékenységeinek kognitív aspektusait, a speciális tervezési opciókat és megoldásokat, továbbfejlesztési heurisztikákat és trajektóriákat, és a tágabb értelemben vett gazdasági és társadalmi tényezőket, feltételeket is, mint például a meglévő technológiai infrastruktúrák, piaci szabályok, vagy az üzleti kapcsolatok meglévő hálózatai (Rip - Kemp, 1998; Van der Poel, 2003). A „*technológiai rezsím egyfajta szabályrendszer, vagy nyelvezet, mely beágyazódik az adott intézményi és infrastrukturális környezet által uralt mérnöki gyakorlatok, termelési folyamattechnológiák, termékjellemzők, ismeretek és procedúrák, a releváns műtárgyak és emberek kezelési módjainak, valamint a probléma-megfogalmazási módok komplexumába*” (Rip - Kemp, 1998, 340. o.). Geels (2004, 900. o.) kiterjeszti a technológiai rezsím kifejezést társadalmi-technikai rezsímként értelmezi, mely magában foglalja a technológiákat, szabályozásokat, felhasználói gyakorlatokat, kulturális

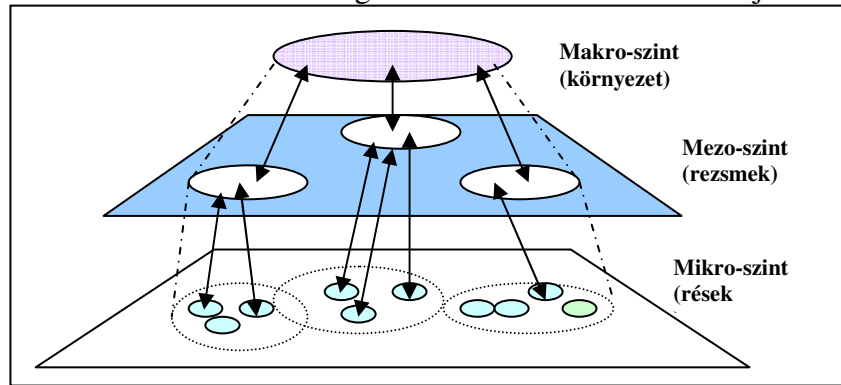
jelentéseket, infrastruktúrát, működtetési és ellátási hálózatokat. A társadalmi-technikai rezsimek társadalmi funkciókat (pl. energiaellátás, közlekedés) látnak el, amit az ezen elemek között fennálló kapcsolatok tesznek lehetővé.

A technológiai rezsimek megkönnyítik és egyben korlátozzák is a szereplők tevékenységeit, irányítják döntéseiket (Rip - Kemp, 1998). A szabályok tartalmilag és formálisan is számos alakot ölthetnek. Néhány szabályt explicit módon fektetnek le követelmények és utasítások formájában, míg más szabályok rejtve maradnak, és a szereplők azokat szokásaik, illetve tacit tudásuk alapján követik. A technológiai rezsimekben a szabályok a termelési apparátusba, vagy a technológiai műtárgyakba is beépülhetnek (Kemp et al, 1998). A kvázi evolúciós elmélet hangsúlyozza azt is, hogy a rezsimek a korábbi változások eredményeinek tekinthetők, és megadják a következő technológiai fejlődés alapstruktúráját is, a különböző szabályok ugyanis dominánssá válnak a variációk képzésében résztvevő szereplők között. A technológiai rezsimek helyi szintű szereplői (vállalatok, állam, kutatóintézetek, vevők, stb.) egymással interakcióban állnak, reagálnak egymásra, kölcsönös függőséget hozva létre. Így megjelennek azok a különböző műtárgyak, tervezési eszközök, technikai normák, stb. melyek lehetővé teszik, vagy éppen korlátozzák a további helyi szintű cselekedeteket. A technológiai fejlődés folyamatában tehát bizonyos fejlődési minta ismerhető fel (Geels, 2004).

Az irányzat képviselői (pl. Rip - Kemp, 1998; Geels, 2004) a technológiai változás folyamatának többszintű természetét is hangsúlyozzák, és három, egymásba ágyazódó, egymást kölcsönösen befolyásoló szintet különböztetnek meg egymástól (ld. 2.6. ábra). A technológiai trajektóriák az ún. *társadalmi-technikai környezetbe*²⁷ ágyazódnak be. Ez a társadalmi-technikai környezet adja a rezsimek és rések szereplőinek külső kontextusát. Heterogén elemekből áll, magában foglalja a viszonylag stabil, lassan változó tényezőket – pl. kulturális értékek, politikai koalíciók, környezetvédelmi problémák, hosszú távú gazdasági fejlődés, - miközben a meglepetések és sokkok – háborúk, olajár emelkedés - színterének is tekinthető (Elzen et al, 2004). A mezo szint öleli fel az uralkodó *technológiai rezsimet*, vagy Geels megközelítmódjában a *társadalmi-technikai rezsimet*. A rezsimelemek közötti kapcsolatok a társadalmi csoportok összehangolt tevékenységeinek eredményei. A tevékenységek orientációjának és koordinációjának megadásával a szereplők stabilitást adnak a rezsimeknek. Ez a stabilitás ugyanakkor egyfajta dinamikával is bír, azaz lehetővé teszi az innovációt, ám a fokozatos, megtartó innovációkat részesít előnyben. A fejlődési trajektóriák összekapcsolódnak a társadalmi-technológiai rendszer különböző dimenzióval, ami bezáródáshoz, útfüggőséghez vezethet megnehezítve a radikális újítások térnyerését. A harmadik szintet a radikális innovációknak teret adó *rések* képezik. Ezek a rések, eltérő szelekciós kritériumokat alkalmazva megóvják az uralkodó termékkel, mintával szemben általában alacsonyabb teljesítménnyel bíró, drágább, kockázatosabb újításokat a normális piaci szelekciótól. Ráadásul, lehetővé teszik az újítással kapcsolatos tanulási és társadalmi beágyazódási folyamatok beindulását (Schot et al, 1994; Geels, 2004).

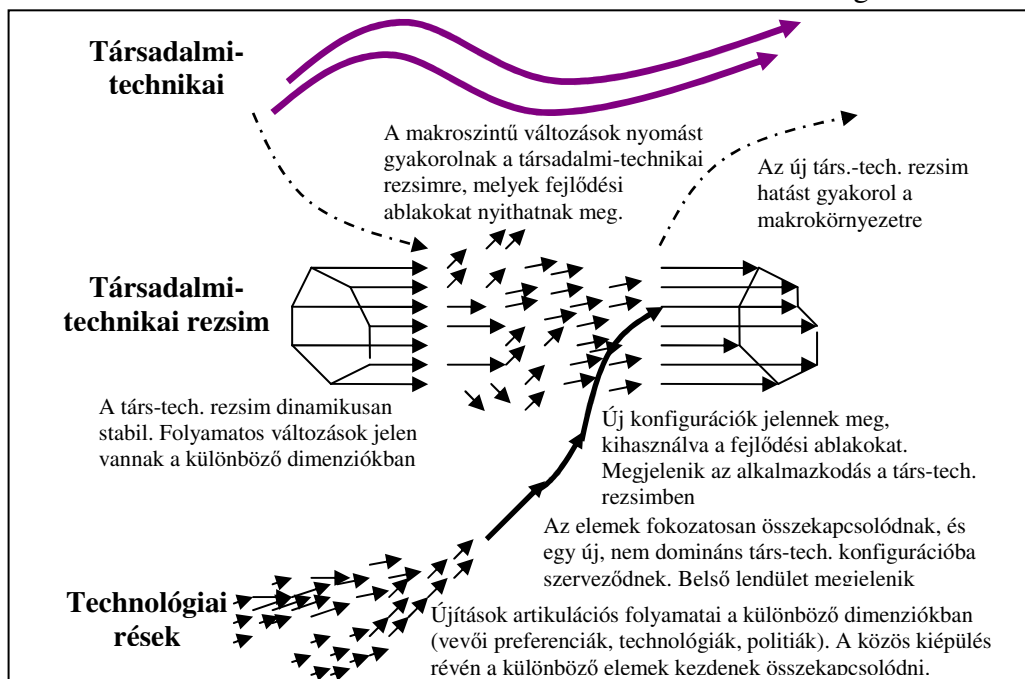
²⁷ Az angol „socio-technical landscape”, azaz nyers fordításban társadalmi-technikai tájkép kifejezés használatát Geels a társadalom relatív stabilitásának és materiális kontextusának érzékeltetési szándékával magyarázza (Elzen et al, 2004, 55. o.)

2.6. ábra: A technológiai változás többszintű modellje



Forrás: Geels (2004, 913. o.)

2.7. ábra: A rendszerinnovációk dinamikus szemlélete az MLP megközelítésben



Forrás: Geels (2004, 915. o.)

A többszintű perspektíva elmélete (MLP) a rendszerinnovációk megjelenésének és térnyerésének folyamatát is vizsgálja, mellyel kapcsolatos elgondolások lényegi elemeit az 2.7. ábra szemlélteti. Az elmélet szerint a radikális innovációk táptalaját a technológiai és piaci rések képezik. A vonatkozó szakirodalom azonban azt is hangsúlyozza, hogy az újításokban rejlő szakítási potenciál nem minden esetben nyilvánvaló, az újítások kezdetben nem gyakorolnak szignifikáns hatást az uralkodó rendszerre, gyakran csak bizonyos problémák megoldását segítik (ld. ANT, TEN, LWT). A technológiai és piaci rések szereplői a tanulási folyamatoknak köszönhetően egyre nagyobb tapasztalatra és ismeretre tesznek szert a vevői elvárások, technológiai jellemzők vonatkozásában, és a kezdeti eltérő fejlesztések, eltérő variációk fokozatosan egy megfelelően funkcionáló konfiguráció, vagy uralkodó minta irányába terelődnek (egyre hosszabb fekete nyíl megjelenése). Bár a réseket támogató szereplők és azok hálózatai reménykednek abban, hogy az újítás (tágabb piacon) a rezsímekben is alkalmazhatóvá válik, illetve kiválthatja az uralkodó technológiákat, a radikális

újítások azonban általában nem illeszkednek a meglévő rezsimbe, diffúziójuk intézményi, szervezeti, gazdasági és kulturális akadályokba ütközhet. Egy új fejlesztés csak akkor válik innovációvá, ha diffúziója révén egynél több részben is alkalmazásra kerül, hatást gyakorol az uralkodó technológiai rezsimre, miközben, az uralkodó társadalmi-technológiai kontextusba is beágyazódik, mely további terjedését teszi lehetővé (Geels, 2005).

A szakító technológiák diffúziója az MLP szerint az egyes szintek fejlődésének összekapcsolódása révén valósulhat meg, azaz a külső feltételek és belső hajtóerők megfelelő kombinációjának kialakulását igényli (ld. LTS, TEN). A technológiai rezsim és a társadalmi-technikai környezet folyamatai, a rezsim elemei, a szereplők tevékenységei közötti összhang felborulása fejlődési ablakokat nyithat a radikális újítások számára. A destabilizációnak és a fejlődési ablakok megjelenésének több oka is lehet. Előfordulhat, hogy a makroszintről érkező különböző nyomások, például a politikai környezetben, kulturális tényezőkben, externáliák hatásának megítélésében bekövetkező változások új igényeket támasztanak a rezsim szereplőivel szemben. Megtörténhet, hogy az uralkodó rezsim olyan technológia problémákkal terhelt (szűk keresztmetszet, technológiai anomália), melyek a fokozatos fejlesztések révén már nem oldhatók meg. Megváltozhatnak a vevői preferenciák, új termék vagy szolgáltatás-jellemzők válhatnak fontossá a vevők számára, melyeket az uralkodó termékek, szolgáltatások, technológiák már nem tudnak kielégíteni. Hasonló lehetőséget teremthet a már piacon lévő vállalatok közötti, innovációra épülő verseny megjelenése és erősödése is. A vállalatokat az elsőként mozduló előnyeinek kiaknázási vágya a rezsim megnyitására ösztönözheti, mely idővel a követési és másolási stratégiák, illetve az ún. csordahatás megjelenésének köszönhetően új fejlesztési pályákat indíthat meg (Geels, 2004). A szakító újítások terjedésében a fejlődési ablakok megnyílása mellett az ún. belső hajtóerőknek is kiemelt szerepe van. Ide sorolhatók a teljesítmény és árjellemzők fejlesztési igénye, az alkalmazás növekvő hozadékának megjelenése, a támogató szereplői csoportok számának növekedése, illetve az egyes elemek közötti kapcsolatok kialakulása és megerősödése (Geels, 2004). A rendszerinnováció tehát a különböző szintek fejlődésének összekapcsolódása révén jelenhet meg. Ha az új technológia eléri a fő piacokat is, akkor versenyre léphet az uralkodó technológiáival, illetve az uralkodó rezsimmel. A rendszerinnovációk nagyon ritkán köszönhetők egyetlen radikális újításnak, általában különböző technológiák kölcsönkapcsolódása és klaszteresedés eredményezi őket. Az új rezsim végeredményben a tágabb környezeti folyamatokra is hatást gyakorolhat. (Geels, 2005; Elzen et al, 2004)

Az MLP ugyanakkor azt is hangsúlyozza, hogy a rendszerinnováció alapvetően két úton valósulhat meg (Geels, 2005). Technológiai helyettesítés esetén egyfajta „technológiai tolás” érvényesül, hiszen a résekben megjelenő újítások a stabil, fokozatos fejlődéssel jellemezhető uralkodó rezsimre „háta mögött” jelennek meg, fejlődnek. Az újítások csak akkor lépnek be a fő piacokra, ha elegendő lendületre tettek szert, és ha a makroszintű fejlődés nyomást gyakorol a rezsimre. Az újítások hirtelen megjelenése meglepheti, visszavetheti a már piacon lévő szereplőket, és az a rezsimben változási, alkalmazkodási folyamatok sokaságát indíthatja be. Az új rezsim megjelenését követően újra a fokozatos újítások kerülnek előtérbe. Transzformáció esetén a rezsim a belső problémák,

makrokörnyezeti változások következtében nyílik ki, válik instabillá. Ekkor a rezsím különböző dimenzióban szimultán változások következnek be, az uralkodó rezsím kapcsolódásainak fellazulása, gyengülése pedig arra ösztönözheti a már piacon lévő szereplőket, hogy új technológiai megoldásokkal kísérletezzenek. A variációk sokaságával jellemezhető hevülési periódust a technológiai opciók számának szűkülésével egy lehülési periódus követi, mígnem egy adott technológiai opció piaci dominanciára tesz szert, amit az új rezsím megjelenése kísér (Geels, 2005)²⁸.

A kvázi-evolúciós elmélet a szakító rendszerinnovációk megjelenésének, terjedésének és stabilizálódásának magyarázata érdekében ötvözi az evolúciós közgazdaságtan, a nagy technológiai rendszer elmélet, a társadalmi hálózat elméletek, és bizonyos szempontból a hosszú hullámok elméletének megközelítéseit. Az elmélet képviselői hangsúlyozzák a mikro-, mezo- és makroszint egymástól való kölcsönös függőségét, és az egyes szinteken, illetve a szintek között fennálló interakciós folyamatok jelentőségét. A technológia és a társadalom együttfejlődésének feltételezésével próbálnak magyarázatot adni arra, hogy miért olyan nehéz feladat a technológiai fejlődés irányítása, és miért szükséges a rendszerinnovációk vizsgálata során kiemelt figyelmet szentelni a gazdasági, társadalmi, kulturális, intézményi tényezők változásának is.

2.3.8. Technológiai rendszerek változása és a technológiai rezsím jelensége az innovációs szakirodalomban

Az előző fejezetekben tárgyalt innovációs elméletek közös felismerése, hogy a technológiai fejlődést, innovációs folyamatot *nem lehet izolált jelenségként, egyszerű lineáris folyamatként értelmezni*, nagy hangsúlyt kell helyezni a változással kapcsolatos *bizonytalanságnak*, a változás *rendszerelvűségének*, *kumulatív jellegének* és *dinamikájának*, továbbá a *korlátozott racionalitás* érvényesülésének (Grübler, 1998, 21. o.). Emellett a különböző innovációs elméletek eltérő mértékben és módon foglalkoznak a technológiai rendszerek szintjén jelentkező radikális/szakító változásokkal, a rendszerek fejlődésével is. Az egyes elméletek rendszerváltozással kapcsolatos fő megállapításai a 2.2 táblázatban kerülnek összesítésre.

Ahogy az a táblázat is mutatja, az uralkodó technológiai rendszerek és a szakító innovációk kapcsolatának vizsgálata valamennyi korábban tárgyalt elméleti irányzatnál tetten érhető. Ugyanakkor a szakító innovációk megjelenését a nagy technológiai rendszerek, az evolúciós gazdaságtan, a társadalmi konstruktivizmus, a cselekvő-hálózat és a technogazdasági hálózat, valamint a kvázi evolúciós elméletek tanulmányozzák; az új rendszerre való átállás kérdésére a nagy technológiai rendszerek, a cselekvő-hálózat, illetve a technogazdasági hálózat elméletek, és a kvázi evolúciós elméletek próbálnak választ találni.

²⁸ Mindezen elgondolásokat az egyes szektorokban megjelenő – például közlekedési szektor (Geels, 2002), energiaszektor (pl. Raven 2004; Verbong - Geels, 2007), számítástechnika (Van den Ende – Kemp, 1999) – rendszerinnovációk vizsgálatára is alkalmazzák.

2.2. táblázat: Szakító innovációk és a technológiai rendszerek kapcsolata

Irányzat	Rendszer- elemek	Stabilitás koncepciója, rendszer-fejlődés	Szakító innovációkkal szembeni ellenállás	Elemzés szintje, rendszerváltoz- ás fázisa
Evolúciós elmélet Hosszú hullámok elmélete Innovációs rendszer elméletek	Heterogén elemek (vállalatok, állam, vevők, hálózatok, intézmények mint rendszer- elemek/szelekciós környezet elemei)	Fokozatos innovációk, uralkodó termék/minta, trajektóriák, szereplők között kialakuló koherencia, rendszer-működés javítása Szakító innovációk: tanulás révén, kulcselemek megjelenése, meglévő szűk kereszt-metszetek felszámolása	Technológiai rezsím, technológiai paradigma, technológiai útjelző, techno-gazdasági paradigma (Evolúciós elmélet: heurisztikák, rutinok szerepe, Innovációs rendszer elmélet: formális intézmények, hálózatok)	Vállalat, nemzeti, ágazati, helyi innovációs rendszerek, Szakító innovációk megjelenése, Rendszer működése
Nagy technológiai rendszerek elmélete	Heterogén elemek (természeti erőforrások, fizikai műtárgyak, szervezetek és egyének, intézmények)	Fokozatos innovációk: varrat nélküli hálózat kialakulása, méret és sebesség Szakító innovációk: elemek kapcsolatának megbomlása „negatív kiszögellések” megoldása, külső problémák, (formális és informális) intézmények változása miatt	Technológiai rendszer belső lendülete (meghatározza a képesség, tudás, technika, bürokrácia, technológiai stílus) (fizikai komponensek explicit szerepe)	Rendszer, alrendszer, komponensek, Szakító innovációk megjelenése, Új rendszerre való átállás
Cselekvő- hálózat elmélete Techno- gazdasági hálózat elmélete	Heterogén elemek (techno- gazdasági hálózatok)	Fokozatos innovációk, elemek között kialakuló kölcsön-kapcsolat a technológia megjelenésétől a hálózat folyamatos fejlődésével, Szakító innovációk helyettesítés révén, tovaryűrítő hatás, stabil (hideg) és instabil (meleg) állapotok	Hálózatok koherenciája, mérete, kölcsönös függősége (szereplők és hálózataik, közvetítők szerepe)	Specifikus hálózatok, Szakító innovációk megjelenése, Új rendszerre való átállás
Társadalmi konstruk- tívizmus elmélete	Heterogén elemek (társadalmi- technológiai egységek)	Fokozatos innovációk: optimalizáció, adaptáció révén elemek között kialakuló szoros kapcsolat, záródás elve Szakító innovációk: teljes /részleges kirekesztettség	Technológiai keret (elképzelt egyszerre 1, vagy több is) (releváns társadalmi csoportok, hálózataik, intézmények kiemelt szerepe)	Specifikus egységek, Szakító innovációk megjelenése, Új rendszerre való átállás
Kvázi evolúciós elmélet	Heterogén elemek (társadalmi csoportok, hálózataik, interakciók)	Fokozatos innovációk, szintek, elemek kölcsönkapcsolata, kölcsönös függősége (társadalmi- technológiai koevolúció) Szakító innovációk: résekben jelennek meg, fejlődési ablakok nyílhatnak meg	Technológiai rezsím, társadalmi-technológiai rezsím (intézmények, heurisztikák, interakciók, szerepe)	Mikro-, mezo-, makro-szint, és kapcsolataik, Szakító innovációk megjelenése, Új rendszerre való átállás

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált elméleti irányzatok mindegyike azonosítja továbbá az uralkodó technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállását. Hughes (1983) nem alkot külön kifejezést a változással szembeni ellenállást eredményező konfiguráció leírására, hanem

azt az uralkodó technológiai rendszer belső lendületének egyfajta tulajdonságaként kezeli. Ellenben, Nelson és Winter (1982), Malerba és Orsenigo (1993), Rip és Kemp (1998), Berkhout (2004) a technológiai rezsim, Geels (2004) a társadalmi-technológiai rezsim, Dosi (1982) a technológiai paradigma, Bijker (1995) a technológiai keret, Freeman és Perez (1988) pedig a techno-gazdasági paradigma fogalmának bevezetésével próbálja megragadni a jelenség lényegét. Ezek az eltérő megközelítések azonban egyetértenek abban, hogy a technológiai rendszerek ***egymástól kölcsönösen függő, szoros kölcsönkapcsolatban álló, heterogén elemekből épülnek fel.*** Ez az a tulajdonság, amit például Hughes (1983) „*varrat nélküli hálózatként*” azonosít. Míg azonban Hughes (1983) elméletében hangsúlyosan és explicit módon jelennek meg a rendszer materiális alapjai, addig a többi elmélet ezeket inkább implicit módon kezeli.

Valamennyi elméleti irányzatban megfigyelhető továbbá az az elgondolás, miszerint a ***rendszerelemek közötti koherencia a technológiai rendszer fejlődésének során alakul ki.*** A technológiai rendszerek társadalmi beágyazottságának kérdése, vizsgálata a nagy technológiai rendszerek és az evolúciós közgazdaságtani elméletekben is megjelent, és a szociológiai alapokon nyugvó elméletek kiindulási pontját jelenti, a kvázi evolúciós elméletek már hangsúlyozzák a technológiai és társadalmi elemek koevolúcióját.

A vizsgált elméletek szerint a technológiai rendszerek dinamikusan stabil konfigurációk, melyek fokozatos, megtartó innovációk révén fejlődnek, újulnak meg. Ezen megállapításokkal kapcsolatban fontos megjegyeznünk, hogy a változás ezen folyamatát tekintve az egyes megközelítések más-más entitások szerepét hangsúlyozzák. Hughes (1983) a materiális elemek, Nelson és Winter (1982), Dosi (1982), Bijker (1995) a heurisztikák és kognitív szabályok, az ANT és TEN elméletek a hálózatok, Geels (2004) a formális és informális intézmények, van de Poel (2003) a rendszerelemek közötti interakciók szerepét emeli ki. Ez utóbbi elméletek a fókusz a technológiáról a társadalom és technológia kapcsolatára irányítják, hangsúlyozva, hogy a technológia csak az emberekkel, társadalmi struktúrákkal és szervezetekkel együttesen biztosít funkcionalitást (Geels, 2004).

Az egyes irányzatok közös tulajdonsága, hogy a technológiákat, és az azokat politikai jellemzőik alapján működtető társadalmi rendszereknek is fontos szerepet tulajdonítanak. A heterogén elemekből álló rendszerek fejlődésük során, a ***megtartó innovációkat előnyben részesítő választásaik tekintetében homogén rendszerré alakulnak, így egyfajta, mind a belső, mind a külső szereplők magatartását befolyásoló politikai tulajdonságra is szert tesznek.*** A politikatudományban a kormányzási rendszer, a formális törvények és szabályozások, az informális társadalmi és kulturális normák, explicit és implicit módon érvényesülő elvek, döntéshozatali mechanizmusok leírására a rezsim kifejezést alkalmazzák.

Winner (1982, 271. o. Id: Hadjilambros, 1998, 187. o.) megfogalmazása szerint: „*annak érdekében, hogy a fennmaradásukat segítő termékek és szolgáltatások sokaságát biztosítani tudják, a modern társadalmak olyan bonyolult társadalmi-technikai rendszereket építettek ki, melyek a termelést, az elosztást és a fogyasztást következetes módon kapcsolják össze. Az ilyen*

rendszerekben a munkavégzési, vezetési, tervezési, finanszírozási, és marketing tevékenységeket, és az akaratot fejlett intézményi megállapodások koordinálják. Ezek az intézmények, és az általuk alkalmazott fizikai technológiák a politikatudományból ismert kifejezést alkalmazva rezsimeknek tekinthetők, melyek alapján a rendszer szolgáltatását igénybe vevő egyéneknek kötelezően élniük kell”. Más szavakkal, Winner azt állítja, hogy az emberek, akik egy adott technológiai rendszer termékeit, vagy szolgáltatásait használják (ld. villamos energia), annak rezsimje alatt kell, hogy éljenek. Emellett a „társadalmi szerződések” adják a rezsimek létrehozásának és legitimitásának alapját, azaz „az energiarendszerben a társadalmi szerződések explicit és implicit formát is ölthetnek, törvényekben jelenhetnek meg, vagy egyszerűen a közös értelmezés részét képezhetik” (Winner 1982, 272. o., Id: Hadjilambros, 1998, 187. o.). Winner azt is próbálja hangsúlyozni, hogy a technológiák szelekciós folyamataiban a politikai szempontok sokszor elsődlegességet élveznek a gazdaságossági, hatékonysági tényezők kárára²⁹.

Következésképpen kijelenthető, hogy bár az egyes innovációs elméletek eltérő módon és mértékben tárgyalják a technológiai rendszerek innovációját, és az uralkodó rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállását más fogalmakkal írják le, az egyes elméletek megállapításai alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a heterogén elemekből álló technológiai rendszerek egy, a körük fokozatosan kiépülő, működésüket és választásaikat befolyásoló, dinamikusan változó komplexum keretein belül fejlődnek.

A komplexum elnevezésére, a Winneri alapokat felhasználva, a továbbiakban a „technológiai rezsimek” kifejezést alkalmazom. ***A technológiai rezsimek véleményem szerint a mérnöki gyakorlat, a fogyasztói igények és gyakorlat, a termékjellemzők, technológiák, tudás és képességek, eljárások, kulturális értelmezések, szabályok, infrastruktúra, ágazati és politikai jellemzők összessége, és egyszersmind olyan normatív és kognitív keretrendszer, mely az egyéni és kollektív cselekvéseket meghatározza. A technológiák, egyének, szervezetek, hálózatok és intézmények összességéből felépülő technológiai rendszerek olyan technológiai rezsimekbe ágyazódnak, melyek speciális társadalmi feladatokat látnak el, társadalmi szolgáltatásokat biztosítanak, miközben arra tesznek kísérletet, hogy saját érdekeiket is kielégítsék, céljaikat megvalósítsák.***

A fent bemutatott következtetésem azt mutatják, hogy a szakító innovációknak sikerességük, azaz a technológiai rendszerek változtatása, érdekében az adott technológiai rendszer köré szerveződő komplexummal, azaz az uralkodó technológiai rezsimmal kell felvenniük a „küzdelmet”. Fontos feladat tehát a technológia rezsimek megjelenését és változással szembeni ellenállását képviselő területek, és az azt tápláló források azonosítása, melyekben a szakító innovációknak a rendszerváltoztatás érdekében újításokat kell előidézniük. A következő fejezetben ennek vizsgálatára vállalkozom.

²⁹ A műtárgyakba beépülő politikai akarat példaként említi meg a Long Island-beli, Robert Moses által tervezett hidakat, amelyeket olyan meglehetősen alacsonyra építettek, hogy csak az autók tudtak áthajtani alattuk. „A szegény és színesbőrű emberek, akik általában tömegközlekedést vesznek igénybe, távolmaradnak ezektől az utaktól, mivel a 12-láb magas buszok nem tudnak átjutni alattuk. Így korlátozták számukra a Jones Beach-hez, Moses legkedveltebb közparkjához, való eljutás lehetőségét.” (Winner, 1986, 22. o.).

2.4. A technológiai rezsím kialakulásának forrásai és változtatásának nehézségei

Az alábbi fejezet célja a technológiai rezsímek kialakulását előidéző technológiai és intézményi bezáródással, a technológiai rezsímek ellenállásának felszámolási nehézségeivel, valamint az állam szerepének vizsgálatával foglalkozó szakirodalmi források áttekintése.

2.4.1. A technológiai bezáródás és forrásai

A technológiai változással, innovációs folyamattal foglalkozó evolúciós és kvázi-evolúciós irodalmak egyik jellemző vonása az ún. „útfüggőség” elvének alkalmazása, mely szerint az egymással versengő innovációk kumulatív, és az adott technológiára jellemző fejlődési út eredményei (David, 1985). Mindez azt jelenti, hogy az időben távoli események is szignifikáns hatással vannak a technológiai változás jelenlegi, és jövőbeli alakulására³⁰. Az egyes rendszerek, fejlődési pályák dinamikáját a múltbeli események befolyásolják, és az új technológiák megjelenése függ a korábbi technológiai választásoktól, bizonyos mértékben tehát a technológiai trajektória egy önerősítő folyamaton alapul (Szakály, 2008).

Ezt az elvet követi munkáiban Arthur (1994) is, aki szerint az egyes technológiák alkalmazásának növekedése olyan pozitív visszacsatolásokkal rendelkezik, melyek elvezethetnek a meglévő technológia helyzetének, az újonnan megjelenő technológiákkal szembeni erősödéséhez (van den Bergh – Kemp, 2006). Az alkalmazás növekvő hozadéka azt az elgondolást hivatott szemléltetni, miszerint minél többen alkalmaznak egy adott technológiát, annál inkább valószínűsíthető annak további terjedése, végeredményben a „technológiai bezáródás” elérése. Más szavakkal, az is lehetségessé válhat, hogy a legjobb, legígéretesebb fejlődési lehetőséggel bíró technológiák terjedését akadályozhatják, esetleg kizárhatják a korábban már bevezetett, domináns szerepet játszó, kevésbé jó technológiák³¹. Az alkalmazás növekvő hozadékának elve szoros kapcsolatban áll az uralkodó-termék/minta elméletekkel is. Ez az elmélet (a vonatkozó forrásokat lásd bővebben Murmann – Frenkel, 2006) arra keresi a választ, hogyan válhat uralkodóvá egy adott termék/minta; illetve, mivel magyarázható, hogy megjelenésük az adott területen a változtatási kedvet visszafogja, a változtatási irányokat meghatározza (Szakály, 2002/a, 236. o.). Arthur (1994) megállapítása szerint az alkalmazás növekvő hozadéka az alábbi négy fő forrásból táplálkozik (Foxon, 2003; Sartorius – Zundel, 2005; van den Bergh – Kemp, 2006):

1) **Méretgazdaságossági hatások:** A méretgazdaságossági hatás olyan megtakarítást jelent, mely a termelés (vagy más tevékenység) volumenének, méretének növekedéséből adódik, feltételezve, hogy nem jár együtt minden költség arányos növekedésével. A méretgazdaságosság tehát azt jelenti, hogy egy termék, vagy technológia egységköltsége az

³⁰ Az evolúciós elmélet szerint az útfüggőség nem csupán a véletlen tényezők következménye, hanem a véletlen és a szisztematikus szelekciós tényezők interakciójának eredménye.

³¹ Fontos megjegyezni, hogy a gyakorlatban nem kívánom követni a szuboptimális technológiákhoz való kötődésre vonatkozó megállapítást, hiszen a gyakorlatban szinte lehetetlen egy olyan alternatíva tényleges előnyeit meghatározni, melynek nem volt lehetősége arra, hogy azokat a gyakorlatban is igazolja.

output mennyiségének növekedésével csökken, ahogy a fix költségek minél nagyobb termelési volumenen oszlanak meg. Amennyiben egy meglévő technológia jelentős elsüllyedt költségekkel rendelkezik, és még mindig képes hasznot hozni a rendszer szereplői számára, a szereplőknek az ezen előnyöket eltörölő, erodáló új technológiák alkalmazására, támogatására való motivációjuk rendkívül alacsony.

2) **Tanulási hatások:** Eltérő mértékben ugyan, de valamennyi innovációval foglalkozó szakember hangsúlyozza a tanulás innovációs folyamatban betöltött jelentőségét. Az alkalmazás növekvő hozadékának értelmében, a tanulási hatások azt tükrözik, hogy minél több ismeret, tapasztalat áll rendelkezésünkre egy termék, vagy technológia termelésének, alkalmazásának, és átvételének növekedésével, annál jobban csökkenthetők a termék, vagy technológia költségei, illetve javítható azok minősége. A tanulási hatásoknak alapvetően három típusát különböztethetjük meg:

- a) **Tevékenység alapú tanulás, termelésből származó tanulás** (learning-by-doing): A tevékenység általi tanulás lényege, hogy egy termék, technológia minősége javul, költségei csökkennek a termelési tevékenységből származó tapasztalatok, új ismeretek növekedésével³².
- b) **Használat alapú tanulás, használatból való tanulás** (learning-by-using): Technikatörténeti kutatásokat elemezve Rosenberg (1982) arra a következtetésre jutott, hogy új tudás, ismeret jöhet létre egy adott technológia vagy termék használata, alkalmazása révén is (van den Bergh – Kemp, 2006). Jelentős hatékonyságjavulást lehet ugyanis elérni azáltal, hogy a vevők, felhasználók ismeretei, tapasztalatai nőnek egy adott termék, vagy technológia használata során, és ezen ismeretek, tapasztalatok a termelők számára is elérhetővé válnak³³.
- c) **Együttműködés alapú tanulás** (learning-by-interacting): Lundvall szerint (1992) fontos tanulási forrást képviselnek a termelők és felhasználók közötti interakciók, szorosabb kapcsolatok (beleértve a kölcsönös bizalmat, kölcsönösen elfogadott magatartási mintákat, szabályokat stb.) is (van den Bergh – Kemp, 2006). Amennyiben a rendszerben problémák, vagy szűk keresztmetszetek jelentkeznek, mindenképpen szükség van a technikai képességek és a vevői igények közötti kommunikációra, mely mindkét fél tudását, kompetenciáját növelheti.

A különböző tanulási típusok közös vonása, hogy a pozitív visszacsatolások (az uralkodó termékkel, technológiával vagy rendszerrel kapcsolatos felhalmozódott tudás és tapasztalat rendelkezésre állása) miatt erősíthetik a meglévő technológiákat, termékeket, vagy rendszereket, következésképp azok a jelenlegi technológiák, termékek, vagy rendszerek fokozatos fejlesztését biztosító inkrementális innovációknak adnak teret³⁴.

³² A pozitív visszacsatolások ebben az esetben azért jelennek meg, mert a beruházási és termelési folyamatban felhalmozott tudás lehetővé teszi a termelési hatékonyság javulását. Ráadásul az így előálló új ismeret, tudás közös tudássá válása társadalmi hasznot képvisel.

³³ Kifejezetten igaz ez a hosszú életciklussal rendelkező termékek, vagy a komplex technológiai rendszerek részét képző technológiák esetében, hiszen ezek tényleges környezetben tanúsított teljesítménye bizonytalan, következésképp az aktuális használatból származó visszacsatolás elengedhetetlen a termékek, technológiák teljesítményének fokozásához.

³⁴ A tanulási hatások pozitív visszacsatolásának egyik legismertebb példája a QWERTY billentyűzet uralkodóvá válása (ld. bővebben David, 1985, Szakály, 2008, 146).

3) **Adaptív várakozások:** Az adaptív várakozások fogalma alatt azt a jelenséget értjük, hogy az adott technológia, vagy termék növekvő alkalmazása csökkenti az adott termékkel, technológiával kapcsolatos bizonytalanságot, azaz, mind a termelők, mind a vevők egyre inkább bíznak a termék, vagy technológia minőségében, teljesítményében, hosszú élettartamában.

4) **Hálózati externáliák, vagy koordinációs hatások:** A hálózati hatások azon jelenség szemléltetésére szolgálnak, miszerint a szereplők számára egyre nagyobb hasznot hoz a mások által alkalmazott technológia átvétele, azaz egy nagyobb hálózathoz való csatlakozás. Gondoljunk csak a mobiltelefonok esetére, ahol a hasonló hálózattal rendelkezők számának növekedése egyre előnyösebbé teszi az adott hálózathoz való csatlakozást egy új ügyfél számára³⁵. A hálózati hatások között kell megemlíteni azt a jelenséget is, hogy a különböző infrastruktúrák a már meglévő technológiák sajátosságai alapján épülnek ki, ami az eltérő jellemzőkkel rendelkező, új technológiák megjelenésének akadályát is jelenthetik (ld. például a villamosenergia-rendszer esetét).

Ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy az Arthur (1994) által azonosított források listája nem teljes, hiszen olyan fontos tényezőket mellőz, mint például:

- *Információk hatása:* Ez alatt azt a jelenséget értjük, hogy minél több információ áll rendelkezésünkre egy adott technológiáról, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy nőni fog az adott technológiát alkalmazók száma.
- *Utánzás hatása:* Egy technológia alkalmazásának növekedése, arra ösztönözheti a vállalatokat, hogy saját innovatív tevékenység folytatása helyett, inkább lemásolják a sikeres technológiákat, így tovább fokozva azok népszerűségét.
- *Technológiai kapcsolódás, kiegészítő technológiák hatása:* A technológiák közötti kapcsolódás, a kiegészítő technológiák megléte ösztönözheti a pozitív visszacsatolásokat, hiszen minél jobban illeszkedik egy technológia a már meglévő technológiákhoz, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy egyre többen fogják azt választani, azon technológiákkal szemben, melyeknél ez a kapcsolódás hiányzik.
- *Finanszírozási hatások:* Minél többen alkalmaznak egy adott technológiát, annál több erőforrás áll rendelkezésre az adott technológia fejlesztésére és tökéletesítésére, ami még vonzóbbá teszi azt a potenciális átvevők számára.
- *Agglomerációs hatások:* A térbeli tovagyrűzés, a kommunikáció egyszerűsödése, a kis szállítási távolságok, olyan pozitív externáliákat eredményezhetnek, melyek tovább ösztönözhetik a technológia terjedését.
- *Anyagi érdekelttség politikai ereje:* Minél nagyobb az egy technológiához, illetve annak alkalmazásához kötődő anyagi érdekelttség mértéke, annál nagyobb a valószínűsége a politikai lobbik megjelenésének, melyek végeredményben tovább erősíthetik az adott technológia helyzetét³⁶.

³⁵ Hasonló módon magyarázza például Sterman (2000) a VHS kazetták elterjedését az USA-ban (Szakály, 2008, 145. o.).

³⁶ Jó példa lehet erre a „lányvizes atomreaktorok” uralkodó válása. A technológiát eredetileg a tengeralattjárók lökhajtására tervezték, de a nukleáris energia békés céllal történő hasznosításának politikai nyomására átvették az első atomerőmű működtetéséhez, mely ezt követően uralkodó technológiai megoldásává vált (Cowan, 1990).

- *Piaci struktúrák:* az oligopol, vagy monopol piacok esetén a már piacon lévő szereplők a meglévő technológiák stabilizálására tesznek kísérletet, megtartva ezzel a magas belépési korlátot.
- *Kereslet:* A régi és új technológiák versenyében, az új technológiának számos új funkciót is biztosítania kell, annak érdekében, hogy az emberek hajlandóak legyenek kockázatot vállalni az új technológia alkalmazásával (van den Bergh - Kemp, 2006, 18-19. o.).

Természetesen mindez nem jelenti azt, hogy a technológiai trajektóriák bezáródását minden esetben az összes felsorolt tényező támogatja. Az egyes hatások megjelenése és mértéke szituációfüggőnek tekinthető, minél több stabilitást támogató tényező van érvényben, annál nehezebb az adott bezáródás felszámolása. Az útfüggőség és a technológiai bezáródás meglétének empirikus igazolására számos történeti tanulmány tett kísérletet, - lásd például a villamosenergia-ellátás (Islas, 1997); a megújuló energiahordozók (Cowan – Kline, 1996); az alternatív üzemanyaggal működő autók (Cowan – Hultén, 1996) rendszereivel foglalkozó írásokat -, melyeket gyakran illetnek azzal a kritikával, hogy nem adnak magyarázatot a technológiai bezáródás felbomlására (Liebowitz – Margolis, 1995).

2.4.2. Az intézményi bezáródás és forrásai

Ahogy azt a szociológusok, illetve az intézményi közgazdaságtan képviselői is hangsúlyozzák, az emberek, piaci szereplők magatartását, interakcióit a gazdasági és társadalmi életben érvényesülő, társadalmilag is szentesített intézmények irányítják. Pryor (1973, 337. o. Id: Bara-Szabó, 1996, 21. o.) szerint az intézmények lehetnek törvényben rögzített szabályok, szűkebb-tágabb közösségekben elfogadott és betartott tradíciók, morális elvek, valamint a különböző hiedelmek, attitűdök, értékek és ezek eredményeként kialakuló magatartási minták, melyek közvetve vagy közvetlenül hatnak a gazdasági magatartásra és teljesítményre.

Ezen meghatározásra építve, Scott (1995) az egyes intézményeket három csoportba sorolja (2.3. táblázat). Véleménye szerint léteznek *ún. szabályozó intézmények*, melyek azokat az explicit, és formális szabályokat foglalják magukban, melyek az egyének, piaci szereplők magatartását korlátozzák, interakcióit szabályozzák (pl. a gazdasági folyamatoknak keretet adó állami szabályozás). A formális intézmények mondják meg, hogy mit lehet, és mit nem lehet megtenni, megszegésük szankciókkal jár. A normatív intézmények közé sorolhatók az emberek szocializációja során kialakuló értékek, normák, kötelezettségek, jogok és szerepelvárások. A *normatív intézmények* mondják meg számunkra, hogy milyen viselkedés, magatartás tekinthető helyesnek, illetve helytelennek. Ezen intézmények mögött nem állnak formális szabályok, betartásukat a társadalmi köteleességtudat ösztönzi. A *kultúra-kognitív intézmények* azokat a gondolkodási kereteket, mentális paradigmákat, várakozásokat, széles körben osztott alapfeltevéseket ölelik fel, melyeket a társadalom, vagy bizonyos csoportjai hosszabb idő alatt „alakítottak” ki, adottságként kezelnek, nem vitatják, nem tesztelik azokat. Ezek a kulturális, illetve mentális alapfeltevések szabják meg a valóságról alkotott képet, az új jelenségek, illetve a tanulási folyamat folytatásaként megjelenő új ismeretek általában ezen keretek alapján kerül elrendezésre, a

referenciaalapot adnak a gondolkodás, problémamegoldás, magatartás számára. Ezek a különböző intézmények működésük során egymáshoz alkalmazkodnak, azaz hosszú ideig tartó fennállásuk során végül létrejöhet az uralkodó intézményi konfiguráció, melynek értelmében a különböző intézmények egymáshoz tartozva, egymással szerves egységben fejtik ki hatásukat. (Geels, 2004, 904 – 905. o.)

2.3. táblázat: Intézmények csoportosítása, azok jellemzői

	Szabályozó	Normatív	Kognitív
Példák	Formális szabályok; törvények; szankciók; ösztönzési struktúrák; kormányzási rendszerek; hatalmi rendszerek; protokollok, standardok; eljárások; jutalmazási és büntetési struktúrák	Értékek, normák, jogosultsági rendszerek; szerepelvárások; magatartási szabályok; kötelezettség	Prioritások; problémakeretek; hitek; mentális keretek; paradigmák; valóság modelljei; kutatási heurisztikák; zsargon/nyelvezet; értékelési rutinok; kategorizálás
Elfogadás alapja	Célszerűség	Társadalmi kötelesség	Magától értendő
Mechanizmus	Kényszerítő (büntetéstől való félelem)	Normatív nyomás (társadalmi szankciók, pl. szégyen; félelem a társadalmi csoportból való kizárástól)	Utánzás, tanulás, követés (rutinok, szokások, mint hordozók)
Logika	Közreműködés (stabilitás, játékszabályok megalkotása)	Megfelelés, csoport részévé válás	Hagyományokhoz való ragaszkodás (osztott nézetek, elvek)
Legitimáció alapja	Legálisan szankcionált	Morálisan vezérelt	Kulturálisan támogatott; elméletileg helyes

Forrás: Scott (1995, 35.-52. o.) alapján Geels (2004, 905. o.)

Ahogy az innováció különböző elméleteinél is láthattuk, az intézményi beállítottság jelentős hatással van a technológiai fejlődésre. Edquist és Johnson (1997, 52. o.) is megfogalmazta, hogy az intézmények az általuk nyújtott információk révén csökkentik a bizonytalanságot, irányítják és kezelik a konfliktusokat és ösztönzőket biztosítanak az innováció számára. Ugyanakkor, az intézmények meglehetősen stabilak, lassan változnak, sőt esetenként megváltozhatatlannak tűnnek, ez pedig gátat szabhat a radikális innovációk megjelenésének és terjedésének. Offe (1994, Id: Bara – Szabó, 1996, 24. o.) szerint az intézmények stabilitásának hátterében az azonos reprodukció társadalmi folyamata áll (egy adott intézmény alkalmazásának gyakorisága az intézmény megerősödéséhez vezethet). Azaz, „az intézmények bár az ember, társadalom által alkotott dolgoknak tekinthetők, az egyének, társadalom számára egy adott időpontban természetesnek tűnnek, abban az értelemben, hogy megváltoztatásuk legalább olyan lehetetlennek tűnik, mint a természeti törvényeké”.

North (1990) szerint, a technológiai bezáródást előidéző növekvő hozadékok elve, és azok forrásai az intézményekre, intézményi változásokra is értelmezhetők, hiszen

- 1) az új intézmények, - az új technológiákhoz hasonlóan - gyakran járnak magas bevezetési költségekkel;
- 2) az intézményi keretek nyújtotta lehetőségek miatt jelentős tanulási hatások jelentkezhetnek;

- 3) a szervezetek közötti formális kapcsolatok, és informális interakciók koordinációs, hálózati hatásokat eredményezhetnek; és
- 4) az adaptív várakozások ebben az esetben is tetten érhetők, hiszen egy adott intézményi keretrendszer alkalmazásának növekedése csökkentheti az intézmény fennmaradásával kapcsolatos kezdeti bizonytalanságot (Foxon, 2003, 9. o.).

Knusden (2008) a szokások és normák társadalmi és pszichológiai ellenállásának vebleni értelmezését alapul véve tesz kísérletet arra, hogy bemutassa milyen tényezők befolyásolhatják a szokások és rutinok bezáródását. Véleménye szerint a szokások és rutinok növekvő elfogadottságuknak, társadalmi kontextusban való terjedésüknek és problémamegoldást leegyszerűsítő természetüknek köszönhetően hálózati és tanulási hatásoknak vannak kitéve. A szokások és rutinok megerősödését és változtatásuk nehézségét magyarázhatja továbbá azok érzelmi függősége, a hozzájuk köthető rövid távon jelentkező előnyök hosszú távú hatásokat feledtető gyors érvényesülése, valamint a használatukhoz köthető ismeret, biztonság és kényelem (Maréchal – Lazaric, 2008).

Pierson (2000, Id: Foxon, 2003, 9. o.) és Sartorius - Zundel (2005) munkáikban arra a következtetésre jutnak, hogy az alkalmazás növekvő hozadékának elve a politikai intézmények vonatkozásában is értelmezhető, melyre a kollektív cselekvés³⁷ központi jelentősége, az adaptív várakozások kiépülése, az intézmények gyakorisága, a politikai hatalom hatalmi aszimmetria növelésére való alkalmazása³⁸, valamint a politika komplex jellege³⁹ adhat magyarázatot. Ugyanakkor, az intézményekre jellemző azonos reprodukció nem korlátlan, hiszen az intézmények kettős kontingenciának vannak kitéve. Ez azt jelenti, hogy bármikor megkérdőjeleződhet, hogy mely intézményt kell bizonyos tevékenység, problémamegoldás alapjának tekinteni, illetve, hogy be kell-e tartani az egyes intézményeket, van-e lehetőség eltérni tőlük (Bara – Szabó, 1996).

2.4. táblázat: Az intézményi változás szintjei

Intézményi szint	Változás időtartama
Kulturális értékek: Szokások, tradíciók, irányítási módok	Évtizedtől évszázadig
Formális intézmények: Játékszabályok, törvények, tulajdonjogok, szabályozó egységek	Több év
Szerződéses kapcsolatok: Játéktér, tranzakciós költségeket csökkentő struktúrák	Több hónaptól néhány évig
Piaci interakciók: Kereslet és kínálat összhangba hozatala	Folyamatos

Forrás: Williamson (2000) alapján Foxon (2003, 9. o.)

Az intézményi változás, változtatás időigényét és mértékét befolyásolja, hogy hol helyezkedik el az adott intézmény az intézményi hierarchia skáláján. Az intézményi hierarchia szerint az alapvető intézmények alkotta játéktérre egyre konkrétabb, és egyre

³⁷ Az egyéni vagy szervezeti tevékenységek következményei jelentős mértékben függenek más szereplők tevékenységeitől

³⁸ Ha bizonyos szereplőknek jogában áll más szereplők tevékenységét befolyásoló szabályokat alkotni, nagy valószínűséggel a szabályokat meglévő hatalmuk további erősítése irányába módosítják.

³⁹ A politikai intézmények nehéz megismerhetőségét, a hibák korrigálásának bonyolultságát eredményezi.

inkább tervezett, ún. származékos intézmények töltik be. Minél konkrétabb egy adott intézmény, annál könnyebben változtatható, ám annál lehatároltabb a változás hatóköre is. Ezen elgondolásra építve Williamson (2000) az intézményi változás 4 szintjét azonosítja (2.4. táblázat). Az intézményi szintek a szabályok és magatartások relatív stabilitását tükrözik, a folyamatos változás alatt álló piaci interakcióktól egészen az évtizedekig, vagy akár évszázadokig is állandó, nehezebben változtatható kulturális értékekig.

Ruttan (2001) szerint az intézményi változás és a technológiai változás között párhuzam vonható (Foxon, 2003). Az intézményi változások is lehetnek szervesek, ebben az esetben a meglévő intézményi keretek működése során felhalmozott problémák, vagy a technológiai változás miatt megjelenő problémák (pl. erőforrás allokációs egyenlőtlenség) váltják ki az uralkodó intézménytől való egyre gyakoribb eltérést, és az intézményi változás iránya a tömegessé váló eltérés irányát követi. Ezzel szemben, a szerves intézményi változás esetében olyan változásról van szó, mely iránt még nem alakult ki társadalmi igény, illetve a spontán eltérések más irányba mutatnak (Bara – Szabó, 1996). Ahogyan azt Williamson (2000) is kiemeli, az intézmények megváltoztatása gyakran magas tranzakciós költségekkel jár, és jelentős ellenállást vált ki azon szereplőkből, akiknek haszna származik a jelenleg uralkodó feltételekből. Következésképp a radikálisabb intézményi változások megjelenéséhez az intézményi keretrendszer változása iránti „kereslet” megjelenésére és kumulációjára, valamint a különböző társadalmi, gazdasági, politikai konfliktusok feloldását szolgáló intézményi „kínálatra” van szükség. (Foxon, 2003; Sartorius – Zundel, 2005).

2.4.3. Technológiai rendszerek techno-intézményi bezáródása, és a rezsimváltoztatás nehézségei

Unruh (2000) megközelítése szerint a technológiai rendszerek fejlődését a technológiai és intézményi elemek koevolúciója határozza meg, melyet a technológiai és intézményi útfüggőség együttese jellemez. Véleménye szerint, a technológiai rendszereknél is megfigyelhető, hogy a tanulási hatások, a méretgazdaságosság, az adaptív várakozások, és a hálózati externáliák révén, a rendszer alapját képező technológiák egyre erősebbé válnak megszabva a technológiai fejlődés pályáját. A rendszer szereplői a technológiai trajektória mentén fejlesztik tevékenységeiket, képességeiket, így, bár a technológiai trajektória az uralkodó termék, vagy minta fokozatos fejlődését eredményezi, korlátot szab a már piacon lévő, magas részesedéssel bíró vállalatok tudásbázisának fejlődése számára, és befolyásolja beruházási döntéseiket. A már piacon lévő vállalatok ugyanis a versenyképesség megőrzése érdekében tőkéjük domináns részét meglévő, alapvető képességeik fejlesztésére, azaz az uralkodó termék vagy minta megerősítésére fordítják. Ráadásul, a pénzügyi szervezetek kockázatkerülő hitel-kihelyezési gyakorlata is a már piacon lévő vállalatokat részesíti előnyben. A meglévő technológiai trajektóriát támogatják továbbá azok a formális intézmények, - törvények, szabályok, előírások, standardok – melyek egyrészt lehetővé teszik az állam számára, hogy különböző érdekeket követve beavatkozzon a technológiai fejlődésbe, másrészt a fejlesztésekkel kapcsolatos bizonytalanság felszámolását, valamint a technológia legitimitását hivatottak biztosítani.

A hálózati externáliáknak, tanulási hatásoknak és adaptív várakozásoknak köszönhetően a technológiai rendszer szereplőinek magatartása, tevékenysége, hitei, nézetei, és kapcsolatai, valamint a rendszer más technológiai rendszerekkel való interakciói is az uralkodó termék és technológiai trajektória támogatásának irányába rendeződnek. Ahogyan a technológia fejlesztésével és piacra vitelével foglalkozó vállalatok ereje nő, és az adott technológia dominanciája erősödik, az oktatási és kutatási tevékenységet folytató szervezetek is egyre inkább annak rendelik alá munkájukat, az új technológia tudományos és gyakorlati alapjait oktatják, annak továbbfejlesztésére, illetve az azzal kapcsolatos problémák felszámolására fordítják figyelmüket. Megjelennek azok az ipari, szakmai és társadalmi szervezetek, melyek összefogják a technológia fejlesztésével és alkalmazásával kapcsolatos tapasztalatokkal, képességekkel bíró egyéneket, csoportokat és szervezeteket, és amelyek aktívan közreműködnek az adaptív várakozások megjelenésében. A technológiai rendszer legitimitásának erősödésével, intézményesülésével pedig kialakulnak, átalakulnak a társadalom magatartását, életvitelét, és szemléletét befolyásoló normák, szokások és hitrendszerek. A technológiai rendszereknek, a technológiai és intézményi változások finomhangolásai, egymást erősítő hatásai, bonyolult, szimultán, kölcsönkapcsolatokon alapuló, fejlődése a változással szembeni ellenállás szövedékes hálóját teremti meg. Ezen korlátok azonosítása és vizsgálata figyelhető meg Genus (1993) és Östlund - Larsson (1994) empirikus vizsgálataiban is (Pataki, 2000, 75-76. o.).

Az uralkodó technológiai rendszer magasan intézményesült rezsime általában kizárja azokat az alternatívákat, melyek másfajta alapelvekre, a rendszerrelemek, valamint a társadalom, gazdaság, politika és tudomány újfajta kapcsolat- és viszonyrendszerére épülnek, és ellentétben állnak a rendszer domináns szereplőinek érdekeivel. A techno-intézményi komplexum hatására az egyes szereplők és hálózataik, a formális és informális intézmények a meglévő, felhalmozott tapasztalatokra, ismeretekre, elvárásokra épülő, és a rendszer folyamatos optimalizációját biztosító, megtartó innovációkat részesítik előnyben, miközben társadalmi szinten sem kérdőjeleződik meg a technológia, vagy a technológiai rendszer létjogosultsága. A techno-intézményi komplexum, vagy technológiai rezsime ebben az értelemben politikai hatalommal rendelkezik, hiszen képes arra, hogy az egyes szereplők tevékenységeit, alternatíva-választási döntéseit rögzítse, illetve megváltoztassa (Mokken – Stokman, 1976, 37. o.). Kemp (2008), Sartorius- Zundel (2005) illetve Cowan és Hultén (1996) szerint a technológiai rezsimek felszámolása bár nem egyszerű, de nem is lehetetlen feladat. A technológiai rendszereket alkotó heterogén szereplők eltérő érdekei, preferenciái, az új tudományos eredmények okozta konszenzus-rombolás, a technológiai anomáliák, az alapvető innovációk, a csökkenő hozadékok, vagy az új piaci szereplők megjelenése új technológiai és intézményi paradigmák megjelenését eredményezheti. A technológiai rendszerek gazdasági, környezeti és társadalmi szempontból fenntarthatóbb pályára állítását biztosító új technológiáknak tehát nemcsak az uralkodó technológiával (annak jellemzőivel) kell felvenniük a versenyt, hanem azzal a teljes rendszerrel, melybe az adott technológia beágyazódik. A fenntartható technológiák kifejlesztése, bevezetése és elterjesztése előtt tehát számos akadály tornyosul (Pataki, 2000, 77. o.).

A technológiai újításokat (termék- vagy folyamatinnovációkat) intézményi, strukturális és társadalmi változásoknak kell kísérniük, ahhoz, hogy az új technológiai rendszer irányába történő elmozdulás megjelenjen, lendületet kapjon. A technológiai innovációk rezsim-változtatási képessége, és így az ún. fenntartható innovációk rendszerváltoztatási képessége attól függ, hogy milyen mértékben kíséri őket (autonóm, vagy indukált módon) a rezsim szereplőinek (vállalatok, állam, szervezetek, hálózatok, társadalmi csoportok, egyének) gyakorlatát, tevékenységeit, és interakcióit befolyásoló intézményi logika eróziója, az új megoldásokat támogató intézményi, strukturális háttér és tudásinfrastruktúra kialakulása, a társadalmi elfogadottság erősödése. Míg bizonyos változtatásokat a szakító technológiai megoldásokat alkalmazó és piacra vivő⁴⁰ szereplők, illetve azok hálózatai képesek megvalósítani, vagy befolyásolni (pl. saját, beszállító vállalatok gyakorlatában bekövetkező változások), addig más, intézményi alapokon nyugvó - politikai, társadalmi, hálózat- és szabályozásbeli - változtatások az esetek többségében kívül esnek hatókörükön, vagy csak elenyésző hatást képesek gyakorolni rájuk. A fenntartható rendszerinnovációk megjelenését és terjedését tehát számos piaci és rendszerhiba (van den Bergh – Kemp, 2006; Klein-Woolthuis et al, 2005) befolyásolja, mely hibák megoldásában nagy szerep tulajdonítható az államnak. A következő alfejezetben az ezen szerephez tartozó, állam által ellátandó feladatok vizsgálatára vállalkozom.

2.4.4. Az állam szerepe a fenntartható rendszerinnovációk támogatásában

A 2.3. fejezetben bemutatott innováció-elméleti megközelítések, eltérő mértékben és módon határozzák meg, mely területeken, és hogyan avatkozhat be, illetve kell, hogy beavatkozzon az állam az innovációs folyamatokba, innovációs tevékenységekbe. Emellett, az állami beavatkozás lehetőségét, területeit és eszközeit befolyásolja az a mód is, ahogyan az egyes innovációs elméletek, azok képviselői az innovációs folyamatról gondolkodnak. Az egyes elméleti irányzatoknak az állami szerepvállalásról alkotott megközelítéseit az 1. mellékletben összesítem.

Az innováció **lineáris modelljét** alapul vevő elméleteknek az ún. *technológiai nyomást* előtérbe állító megközelítése szerint az innovációkat az új termékek, eljárások megjelenése ösztönzi. A technológiai nyomás gondolatmenete szerint az innovációs folyamat az alapkutatástól az alkalmazott kutatáson át a technológia fejlesztéséig és diffúziójáig terjed (Inzelt, 1998; 44. o.). Ennek megfelelően az állam szerepe abban áll, hogy az ipar versenyképességének érdekében, a K+F tevékenységek támogatása révén ösztönözze az új tudás megjelenését. Mindez összhangban áll a neoklasszikus elmélet azon felfogásával, miszerint a technológia fejlődés és az innováció kapcsán megjelenő piaci kudarcok korrigálása szükségessé teheti az állami beavatkozást (Jaffe et al, 2000). Az 1980-as évektől azonban egyre elterjedtebbé vált az az elgondolás, miszerint az állam a tudás és technológia fejlesztésének bátorítását segítő kínálat oldali politikái között helyet kell kapjanak az új technológiák terjedését segítő intézkedések, mint pl. az innovációs és transzferközpontok támogatása. A *kereslet húzó szerepét előtérbe állító* innovációs elméletek

⁴⁰ Ezek általában újonnan piacra lépő vállalatok (ld. Christensen, 1997)

(pl. Griliches, 1957; Schmookler, 1966) szerint, a termékek és szolgáltatások iránti kereslet ösztönzőbb hatást fejt ki az innovációra, mint a tudás állapotában bekövetkező változás, így az innováció kiindulópontjának az új termékek, szolgáltatások iránti igény tekinthető (Inzelt, 1998; 44. o.). Az állami beavatkozás vonatkozásában ez azt jelenti, hogy az állam a kereslet oldali politikák, mint pl. az oktatás, képzés, adókedvezmények, stb., - révén ösztönözheti a technológiai újítások megjelenését és terjedését. Az innováció evolúciós és rendszerszemléletű elméleteinek megjelenése, és az innovációs folyamat Rothwell (1994) által kidolgozott **visszacsatolós modelljének**, valamint a **hálózati megközelítéseknek** a térnyerése kibővítette az állami beavatkozások szerepét, területét is. Ezek értelmében az innováció nem egyszerű lineáris folyamat, hanem sokkal inkább a technológiai képességek és a piaci lehetőségek egymáshoz rendelését jelenti, és az újítások megjelenése, piacra vitele, terjedése a heterogén piaci szereplők tevékenységétől, együttműködési és tanulási képességeitől függ (Inzelt, 1998). Az állam beavatkozása révén olyan feltételeket teremthet, melyek kedvezően befolyásolják az új tudás megjelenését, és piaci fogadtatását, valamint, támogathatják és könnyíthetik a különböző szereplők, illetve az általuk alkotott hálózatok interakcióit. Az innovációk iránti kereslet és/vagy az innovációk kínálatának ösztönzésére szolgáló eszközök relevanciája egyaránt megjelenik (ld. Rosenberg, 1982; Utterback, 1996; Rycroft - Kash, 1999), ám a megfelelő eszközök kiválasztása és sikeressége alapvetően kontextus-függőnek tekinthető.

A **környezetbarát innovációk**, **fenntartható innovációk**, valamint a technológiai rendszerek fenntartható pályára való állítását segítő **rendszerinnovációk** kutatásával foglalkozó szakirodalom is kiemelt szerepet tulajdonít az állami beavatkozásoknak. Ezen megközelítések egyetértenek abban, hogy a szakító környezetbarát, fenntartható innovációk, vagy rendszerinnovációk háttérében álló technológiai toló és piaci húzó erők önmagukban nem elég erősek ahhoz, hogy ezen innovációk megfelelő terjedését eredményezzék (Rennings, 2000).

Rosenberg (1969) egyike azon szerzőknek, akik Hicks elméletére építve elsőként fogalmazták meg, hogy a környezetvédelmi szabályozások a termelési tényezők árának megváltoztatása révén technológiai innovációkat ösztönözhetnek (Clarke et al, 2006, 585. o.). Porter és van der Linde (1995), Funk (2003), Kerekes és Szilávik (1996, 2000) kutatásaikra építve azt hangsúlyozzák, hogy az állam a szabályozások szigorítása révén ösztönözheti a környezetbarát innovációk megjelenését. Véleményük szerint a megfelelően kidolgozott környezetvédelmi előírások a vállalatokat arra sarkallja, hogy újraszervezzék tevékenységeiket, új technológiai megoldásokat fejlesszenek ki, melyek nemcsak a környezetszennyezés csökkentését, az erőforrások hatékonyabb felhasználását eredményezhetik, hanem hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a vállalatok az elsőként mozdulók előnyét kiaknázva piacvezető szerepre tegyenek szert az újítások révén. Hasonló módon, az ökológiai közgazdaságtan képviselői a piaci eszközök hatékonyságát hangoztatják, és kiemelik a környezetvédelmi adók, kereskedhető bizonyítványok és kvóták innováció ösztönző hatásait. Huber (2004) azt állítja, hogy a szigorúbb környezeti teljesítménystandardok azok, melyek a környezetbarát innovációk megjelenését leginkább támogatják, és egyetért Ashford (1999) azon megállapításával, miszerint a szabályozások

szigorítására a Porter által mellőzött, új piaci szereplők, szervezetek megjelenéséhez vezethet. Egyes szerzők (ld. Jung et al, 1996; Jaffe et al, 2000; Schubert – Zagarné, 1998) amellet érvelnek, hogy a gazdasági ösztönzők kedvezőbb hatással vannak az innovációk megjelenésére, mint a már meglévő technológiák, illetve azok fokozatos fejlesztését támogató mennyiségi előírások, vagy normák, mivel azok újabb technológiai bezáródást is eredményezhetnek. Mol (1995), az ökológiai modernizáció egyik legismertebb képviselője szerint a termelés és fogyasztás szervezeteinek ökológiai reformja a kulcsfontosságú szereplők, - azaz az állam, az ipar, a tudomány és a környezetvédő mozgalmak, - és azok hálózatainak együttműködése révén érhető el. Mol úgy véli, hogy a gazdasági, politikai és társadalmi hálózatok saját intézményi beállítottsággal bírnak, melyekbe egyre inkább beépülnek az ökológiai megfontolások, így ezek intézményesülése és interakciói a gazdasági és környezeti szempontból is kedvező fejlődési pálya megjelenéséhez vezethetnek. Kemp (2000) az OECD számára készített tanulmányában a környezeti és innovációs politika ezen eszközeit vizsgálva megállapítja, hogy a környezeti előnyökkel bíró fokozatos technológiai innovációk megjelenését a legkedvezőbb mértékben a normák, szennyezési díjak, támogatások, és információ-szolgáltatási kötelezettségek támogatják. A radikális környezetbarát innovációk számára kedvező politikai eszközöknek a terméktilalmak, a támogatások és ökoadó, az innovációk terjedésének ösztönzése szempontjából pedig a kommunikációs eszközök, hálózatépítési tevékenységek, valamint a beruházási támogatások és technológiai normák bírnak kiemelt jelentőséggel.

A technológiai rendszerek fenntarthatóbb pályára állítását kutató rendszerinnovációs elméleti irányzat szerint az állam, a technológiai rendszer szereplőjeként, képes arra, hogy intézkedéseivel segítse a fenntartható rendszerinnovációk megjelenését, környezetvédelmi és innovációs politikái révén befolyásolja a technológiai és intézményi változás folyamatát. Ugyanakkor, kijelentik, hogy a hagyományos környezetvédelmi és innovációs politikák, illetve az általuk alkalmazott gazdasági és szabályozási eszközök főleg a fokozatos innovációk megjelenését támogatják, és a radikális innovációk ösztönzéséhez nem elegendő a környezetvédelmi és innovációs politika egyszerű kiterjesztése a környezetbarát, illetve fenntartható innovációk területére. A technológiai rendszerek fenntartható átmenetének ösztönzésére a öt, evolúciós és kvázi evolúciós elméleti alapokon nyugvó elméleti megközelítés látott napvilágot. Az alábbiakban röviden ezek sajátosságait összegzem.

2.4.4.1. Butter három rétegű elmélete

Butter (2002) megközelítése szerint egy technológiai rendszer kívánt irányba történő elmozdulása csak az azt segítő rendszerinnovációk révén valósulhat meg, a rendszerinnovációkat pedig csak a megfelelő intézményi és szervezeti innovációkkal kombinált technológiai innovációk idézhetik elő. A rendszerinnovációk megjelenését és terjedését az állam a variációs és szelekciós folyamatok kellő ösztönzése révén befolyásolhatja. A Butter (2002) által, a rendszerinnovációk támogatására, kidolgozott három rétegű modell értelmében az állam három szinten „avatkozhat be” a kívánt rendszerváltozás támogatása érdekében. A modell első rétege az innovációs klíma

kialakításával kapcsolatos általános politikákat foglalja magában. Ennek értelmében az állam feladata, hogy kialakítsa a fenntarthatóság egységes vízióját, valamint, hogy olyan elveket, intézkedéseket, ösztönzőket hívjon életre, melyek előnyben részesítik a fenntarthatóság elérését szolgáló technológiákat, tevékenységeket, és gyakorlatokat. Butter (2002) szerint egy rendszer megváltoztatása a különböző területekre vonatkozó egyedi innovációk ösztönzése és összehangolása révén érhető el, és az államnak mindkét területen aktív szerepet kell vállalnia (második és harmadik réteg). Következésképpen, a modell második rétege a rendszerinnovációk ösztönzésével kapcsolatos politikákat öleli fel, s hangsúlyozza, hogy az állam feladata, hogy segítse az adott rendszer egységes, a szereplők által kölcsönösen elfogadott jövőképek kialakítását, a rendszerváltozás szükségességének elismerését, valamint az egyedi szereplők tevékenységének, gyakorlatának összehangolását, a rés piacok és a kooperatív hálózatok ösztönzése, valamint a szükséges erőforrások biztosítása révén. Az egyedi innovációk ösztönzése érdekében – harmadik réteg - pedig az államnak a különböző, támogató eszközök (pl. adókedvezmények, beruházási támogatások, stb.) bevezetését kell megfontolnia.

2.4.4.2. Stratégiai rés menedzsment, és a rendszerátmenetek menedzselése

A **stratégiai résmenedzsment** (SNM) elmélete a kvázi evolúciós elméletre épül, célja a radikális innovációk támogatásának, és a technológiai rezsimok bezáródásának vizsgálata. A technológiai rezsimok változásának többszintű perspektíva elméletét alkalmazva az SNM az ún. technológiai és piaci rések⁴¹ szerepét hangsúlyozza. Schot et al (1994) és Kemp et al (1998) szerint az új technológiák fejlődéséhez – különösen igaz ez a környezetbarát, vagy fenntartható innovációkra, melyek társadalmi előnyeit általában alábecsüli a piac – olyan védett helyek kialakítására és menedzselésére van szükség, melyek óvják a technológiát a normál szelekciós erőktől. A védettséget az iparág, az állam, az NGO-k, vagy akár a vevők is biztosíthatják⁴² (Mulder et al, 1999). Ezek az inkubátorok lehetővé teszik a technológiával kapcsolatos tapasztalatszerzést, és megkönnyítik a technológia, vagy technológiai rezsim fejlődése számára alapvető tanulási és társadalmi beágyazódási folyamatokat (Weber - Hemmelskamp, 2005). A technológiai résekben megjelenő tapasztalatszerzés, az innovációk tényleges alkalmazása segíthet felszámolni a vevői igényekkel, teljesítményjellemzőkkel, infrastrukturális és kiegészítő technológiák iránti igényekkel, társadalmi és környezeti hatásokkal, intézményi kontextussal, valamint a technológia előállításának és használatának területére vonatkozó változtatási igényekkel kapcsolatos bizonytalanságot. Az alkalmazás révén szerzett információk felhasználhatók a technológiával szembeni korlátok felszámolásához, az előállítás, a használat, valamint a politikaalkotás és szabályozás területein nélkülözhetetlen módosítások, kiigazítások meghozatalához. A megfelelő rések kiválasztása, valamint az eltérő keretfeltételek tesztelése a költségek csökkenését, kedvező meghatározását segíthetik.

⁴¹ Míg a piaci rés kifejezés az új termék, technológia által kielégíthető, speciális vevői elvárásokkal jellemezhető, piacokra vonatkozik, addig a technológiai rés kifejezés azokra a fejlesztési helyekre alkalmazható, melyek védettséget biztosítanak az új technológia számára a szelekciós erőktől.

⁴² Az állam a különböző támogatások, ösztönzők révén, az iparág az új szervezetek létrehozása, vagy a gazdasági szempontok súlyának mérséklése révén.

Az SNM azt is hangsúlyozza, hogy a rések védettsége és a versenyerők érvényre juttatása közötti egyensúly megteremtése alapvető fontosságú. A támogatásoknak ideiglenesnek kell lenniük, és a szelekciós környezet bizonyos erőinek is meg kell jelenniük ahhoz, hogy az adott technológia továbbfejlődjön, elmozduljon tanulási görbéjén, ennek hiányában ugyanis könnyen előfordulhat a szuboptimális megoldások terjedése. Ahhoz, hogy a technológiai rés piaci réssé váljon, a technológiának igazolnia kell az elvárásokat, támogató hálózatok és kiegészítő technológiák megjelenésére, kéthurkos tanulási és tudásmegosztási folyamatok kialakulására, intézményi beágyazódásra van szükség. A sikeres technológiai és piaci rés-alkalmazások – a többszintű perspektíva modell értelmében – réselágazásokhoz vezethetnek, az újabb fejlesztések, alkalmazások, újabb és újabb referencia és kritériumrendszereknek való megfelelés révén a rés szupralokális szintre emelkedhet, önállóan, vagy a meglévő fejlesztésekkel összekapcsolódva, az új elvek, hitek nézetek révén elvezethetnek az uralkodó rezsim „problémamegoldó képességeinek” és továbbfejlesztési lehetőségeinek erodálásához, hosszú távon az új rezsim megjelenéséhez. Természetesen ezek még nem garantálják a fenntarthatóbb rezsim megjelenését, a fenntarthatóság kölcsönösen osztott vízióinak, valamint a fenntarthatóság felé vezető „folyosók” azonosítását és lehatárolását segítő elvek megfogalmazására is szükség van (Kemp - Loorbach, 2003).

Az SNM nem követi az egy adott technológia terjesztésének stratégiai tervezési, vagy irányított politikaalkotási módszertanát. Az elmélet nyitott, reflexív szemléletet követ, célja a lehetséges fejlesztési pályák feltárásának és megismerésének támogatása. Az újabb bezáródás elkerülése, a szükség esetén rugalmas reagálás lehetővé tétele a fejlesztési opciók számának megtartását igényli. Bár a tanulási és hálózatosodási folyamatok alapvetők, az elmélet azt hangoztatja, hogy ezek önmagukban nem elegendők, a technológiák sikeres piaci bevezetéséhez, a rezsimváltozás eléréséhez. Ehhez a technológiai fejlődés kooperatív támogatási stratégiáinak és a mobilitási feltételeket meghatározó intézményi és szervezeti keretrendszer kiigazításának kombinált politikákra, eszközrendszerek alkalmazására van szükség (Weber, 2003, 160. o.). A környezetvédelmi és innovációs politikák nem korlátozódhatnak a kereslet vagy kínálat oldali beavatkozásokra, a kedvezőbb technológiák támogatására, hanem az állami beavatkozásnak azokat a területeket kell megcéloznia, ahol hozzájárulhatnak a társadalmi-technológiai változás folyamataihoz. Az állam szerepe, hogy a változások modulátorként tevékenykedjen, szükség esetén részt vállaljon a tanulási és tapasztalatszerzési programok, hálózatok és rések kialakulásának ösztönzésében, és a különböző szereplői csoportok bevonásával kialakítsa a fenntarthatóság osztott vízióit, az ahhoz vezető folyosók azonosítási elveit (Kemp – Loorbach, 2003; Smith, 2003; Loorbach – Rotmans, 2006).

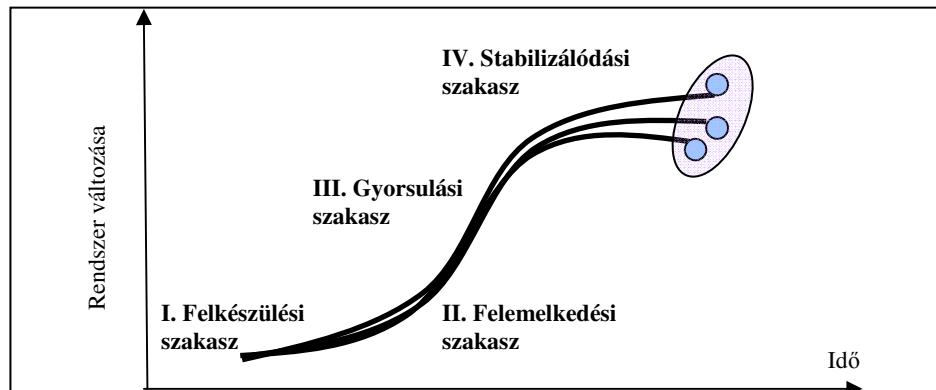
A stratégiai résmenedzsmentet magába olvasztó **rendszerátmenetek menedzselésének elmélete** (továbbiakban TM) (pl. Kemp et al 1998; Geels 2004; Kemp - Loorbach, 2003) szerint a technológiai rendszerek strukturális változásához olyan transzformációs folyamatokra van szükség, melyek a meglévő struktúrák, intézmények, gyakorlatok, kultúrák egyfajta „lerombolásához” és új rendszerjellemzők kialakulásához vezetnek. Ezeket a rendszerátmeneteket kaotikus és nem-lineáris, a technológiai, intézményi,

gazdasági és társadalmi fejlődési folyamatok között kialakuló dinamikus interakciók jellemzik, eredményezik. A TM képviselői ezért azt is hangsúlyozzák, hogy az irányzat elnevezésében alkalmazott menedzsment kifejezés arra utal, hogy a rendszerátmenetek nem irányíthatók, irányuk és léptékük csupán befolyásolható. A TM szakít a hagyományos, adott eredmények elérését segítő tervezési és megvalósítási politikákkal, folyamat-orientált szemléletet követ, és a rendszerben megjelenő dinamikát befolyásolja, tereli a társadalom által kívánatosnak tartott irányba (Kemp - Loorback, 2003).

Az átmenet-menedzsment egy iteratív, ciklikus folyamat, mely különböző fejlesztési körökből áll. Az egyes fejlesztési körök alapját az ún. *átmeneti aréna* létrehozása képezi, mely egyszerre ad teret a piaci és politikai erők érvényesülésének, az állami, az üzleti, a társadalmi és a tudásszervezeti képviselők bevonásának. A résztvevőket speciális szerepük, hátterük, kompetenciáik, innovációs ambícióik alapján választhatják ki (Loorbach – Rotmans, 2006). Az elmélet nagy hangsúlyt helyez a reális, innovatív és vonzó jövőkép, *átmeneti vízió* kialakításának. A szereplők által kölcsönösen elfogadott fenntarthatósági vízió segíthet abban, hogy hosszú és rövid távú célokat, azokhoz illeszkedő politikákat fogalmazzunk meg, és elérésüket támogató projekteket, programokat indíthassunk. A TM azt is kiemeli, hogy egy átmeneti víziót többféle kívánt átmeneti állapot tükrözhet, de nem törekszik a különböző átmeneti állapotok optimalizálására, ehelyett azokat olyan integrált célkitűzéseknek tekinti, melyek idővel az új tapasztalatok, ismeretek függvényében változhatnak. A közös problémafelfogás alapján kialakított, kölcsönösen osztott fenntarthatósági vízióhoz, valamint a különböző átmeneti képekhez ún. átmeneti ütemtervek társíthatók, melyek megadják az átmeneti folyamat kidolgozásának és menedzselésének vezérfonalát. Ennek keretében határozhatók meg az *átmeneti pályák* is. Az elmélet képviselői felhívják a figyelmet arra, hogy egy kívánt jövőbeli állapot elérését több átmeneti pálya támogathatja, sőt, egy átmeneti pálya több átmeneti állapot elérését is szolgálhatja. Míg hosszabb távon törekednünk kell arra, hogy az átmeneti vízió a különböző elgondolások közötti konszenzust tükrözze, rövid távon nyitva kell hagynunk a különböző átmeneti állapotok elérését szolgáló pályákat. Az átmeneti pályák megadják azokat az átmeneti kísérleteket, kutatási és fejlesztési projekteket, melyek tesztelését a résekben ösztönözhetjük. A résekben szerzett tapasztalatokat, valamint az átmeneti ütemtervek és az átmeneti folyamat ellenőrzése és monitoringja során szerzett ismereteket felhasználva kell döntenie az átmeneti vízió, az egyes átmeneti képek, hosszú és rövid távú célok, átmeneti ütemtervek, politikai eszközök kiigazításáról. Az átmenetek menedzselése tehát egy olyan fejlesztési körökre épülő, dinamikus célkeresési és kiigazítási folyamat, melyben a hangsúly a tapasztalatszerzési és tanulási folyamatokon van (Kemp - Loorbach, 2003, Elzen et al, 2004; Geels, 2005).

Az átmenet-menedzsment az MLP elméletére építve hangsúlyozza a rendszerátmenetek többszintű és többfázisú természetét, és az állami beavatkozásra, szerepvállalásra vonatkozó javaslatait a különböző szintek és fázisok alapján fogalmazza meg (2.8. ábra).

2.8. ábra: A rendszerátmenet szakaszai és az átmenet-menedzsment feladatai



	Előkészület	Növekedés	Gyorsulás
Stratégiai	Probléma-strukturálás, vízió-alkotás, támogatás	Irányítás, vezetés, támogatás	Szabályozás, intézményesülés
Taktikai	Stratégiai, átmeneti pályák kialakítása	Koalíció-építés, hálózatosodás	Integráció, összhang-teremtés
Operatív	Tudásteremtés, tapasztalatok, innovációk	Részvétel, Tudásáramlás	Gyakorlat

Forrás: saját szerkesztés Kemp - Loorbach (2003) és Elzen et al (2004) alapján

Az operatív átmenet-menedzsment, azaz a rések szintjén megjelenő TM célja, hogy bátorítsa az újításoknak teret adó védett terek megjelenését, az egyedi tapasztalatok és ismeretek szerzését, és az egyedi kísérletek átmeneti vízióhoz való hozzájárulási mértékének azonosítását. A taktikai résmenedzsment a társadalmi-technikai rezsimeket veszi célba, feladata, hogy felszámolja az átmeneti vízió, valamint az ígéretes rés-innovációk útjában álló strukturális akadályokat. A stratégiai átmenet-menedzsment a társadalmi rendszer szintjén törekszik a kölcsönösen vallott átmeneti vízió, és célok megfogalmazására, azok folyamatos kiigazítására.

A rendszerátmenetek kiinduló fázisában, az állami szerepvállalás stratégiai szinten a közös vízióépítést, a kölcsönösen osztott cél és normarendszer kialakítását, valamint az átmeneti stratégia megvitatásának támogatását, taktikai szinten a kölcsönösen osztott vízió irányába mutató pályák és átmeneti kísérleti portfóliók kialakítását, operatív szinten ezen kísérletek, új innovációk beindításának támogatását (rés-menedzsment eszköztára) segítő programok meghatározására, eszközök kialakítására kell, összpontosuljon. A növekedés szakaszát az állam az egymást követő fejlesztési körök tapasztalatai alapján az átmeneti vízió és célok kiigazítását, a szereplők mobilizálását, illetve a tudásáramlást lehetővé tevő hálózatosodást segítő eszközök kidolgozása és bevezetése révén támogathatja. Az áttörés, vagy begyorsulás fázisában az állam feladata, hogy részt vegyen a vízió elérését segítő opciók meghatározásában és ösztönzésében, a szereplők és hálózataik közötti összhang kialakításában, és a strukturális változásokat támogató és terelő formális és informális intézmények kialakításában (Loorbach – Rotmans, 2006, Nill – Kemp, 2009).

2.4.4.3. Integrált állami beavatkozás modellje

A fent bemutatott elméleti megközelítésekre építve dolgozta ki Ashford (1999, 2002) integrált állami beavatkozási modelljét. Míg azonban a TM elmélet, illetve a Butter által kidolgozott három rétegű elmélet szerint az állam feladata a rendszerinnovációk ösztönzése, és a rendszerátmenetek pályájának „terelése”, addig Ashford szerint az állam sokkal erőteljesebb szerepet kell, hogy vállaljon az adott technológiai rendszer fenntarthatóságának támogatásában. Egyetért azzal, hogy az állam feladata, hogy kialakítsa a fenntarthatóság kölcsönösen elfogadott vízióját, ám kijelenti, hogy az állam a megfelelő politikák, és eszközök kidolgozásával, összhangba hozatalával, és integrált alkalmazásával részt kell, hogy vegyen az annak elérését biztosító technológiák kiválasztásában. Emellett, valamennyi, korábban tárgyalt rendszerfunkció, - K+F tevékenységek támogatása, beruházások ösztönzése, tudásteremtés és tapasztalatcsere, piacok létrehozása, társadalom, piaci szereplők oktatása, képzése, erőforrások biztosítása - életre hívása, valamint a gátló mechanizmusok felszámolása terén is az állam aktív jelenlétét állítja előtérbe. Miközben az erőteljes állami beavatkozás fontosságát hirdeti, Ashford (2002) a kormányzási elméletekre (ld. EC, 1993), valamint az átmenet-menedzsment megközelítésére építve, hangsúlyozza a különböző érintetti csoportoknak az ún. „backcasting” típusú vízióépítésbe, döntéshozatalba való bevonásának fontosságát is. Az államnak a kellő intézkedések meghozatalához tehát fel kell mérnie, hogy a kívánt állapot eléréséhez vezető transzformációs folyamat beindításához milyen háttérrel tud biztosítani a meglévő politikai és intézményi környezet, és egyúttal azt is meg kell határoznia, hogy szükséges van-e új stakeholderek bevonására a transzformációs folyamatba. Az integrált állami beavatkozási modell is osztja azt a nézetet, miszerint az egyedi, illetve a rendszerinnovációk ösztönzésére eltérő stratégiákat, és megvalósításukat támogató politikákat és eszközöket kell kidolgozni, bevezetni, alkalmazni, annak megfelelően, hogy azok milyen mértékű társadalmi, intézményi, szervezeti változást igényelnek.

2.4.4.4. Időzítési stratégiák, avagy a fejlődési ablakok elmélete

Az időzítési stratégiák, vagy fejlődési ablakok elmélete (ld. Sartorius – Zundel, 2005; Nill – Kemp, 2009) is az evolúciós, kvázi evolúciós alapokra épül, és a fenntartható fejlődés elérésében kiemelt szerepet tulajdonít a környezetbarát innovációknak, radikális újításoknak, valamint az állami intézkedések megfelelő időzítésének. Ennek okát az elmélet képviselői főként abban látják, hogy a neoklasszikus elméleti alapokon nyugvó adózási (Pigou-adó), illetve az externális költségek magántulajdoni kompenzációs szemléletet képviselő internalizálási (Coase tétel) megoldások csak bizonyos körülmények között alkalmazhatók, és elegendők a negatív környezeti hatások kezelésére (Sartorius – Zundel, 2005, 12-13. o.). Ráadásul, érvényre-juttatási és ellenőrzési költségeik magasak lehetnek, gyakorlati használatukat pedig megnehezíti, hogy az ökológiailag elfogadható emissziós szint, valamint a kivetendő adók mértékének meghatározása jelentős, elsősorban tudás- és módszertanbeli korlátokba ütközik.

A fejlődési ablakok elmélete szerint a techno-gazdasági rendszerek fejlődési dinamikája stabil és instabil fázisokkal jellemezhető. A stabil szakaszokat az útfüggőség, és az önerősítő folyamatok megléte és ereje jellemzi, melyek az uralkodó termék, technológia, vagy rendszer gazdasági szelekcióját támogatják (csak az uralkodó technológia biztosítja a méret- és profilgazdaságosságot, csak az részesül a hálózati szinergiákból, az illeszkedik leginkább az intézményi környezethez, stb.). Bár ezek az önerősítő folyamatok jelen vannak, külső hatások, vagy belső problémák – lásd szereplők összetételének, attitűdjeinek, igényeinek, preferenciáinak, keresletének megváltozása, tudományos kutatások révén új ismeretek megjelenése, beruházási ciklusok lelassulása, a csökkenő hozadék, a technológia érettsége miatti optimalizáció korlátainak, vagy a technológiai anomáliák megjelenése – destabilizálhatják az uralkodó pályát. Ezen instabil állapotok fejlődési ablakoknak, olyan ideiglenes körülményeknek tekinthetők, melyek lehetővé tehetik az új megoldások kiválasztódását, megkönnyítik a rendszer új dinamikus egyensúlyi állapotra történő átállítását. Az elmélet szerint, a fő feladat abban áll, hogy a techno-gazdasági és politikai rendszerek dinamikájának vizsgálata révén azonosítsák ezen fejlődési ablakokat. A hangsúly tehát sokkal inkább a politikai intézkedések megfelelő időzítésén, mintsem az alkalmazandó politikák, eszközök, módszerek pontos és részletes, ex ante meghatározásán van⁴³. Az alkalmazható politikai idő-stratégia attól is függ, hogy, milyen típusú fejlődési ablak nyílik meg az adott techno-gazdasági rendszerben. Amennyiben az uralkodó technológiát támogató erők gyengülnek, és már elérhető az új technológia, abban az esetben régi-új versenyről, ablakról; míg az adott célra kifejlesztett technológiák megjelenési fázisában az új-új technológiák versenyről, ablakáról beszélhetünk. Meg kell jegyezni azonban, hogy az új-új technológiák közötti verseny nem elemezhető önmagában, csak a régi-új technológiák versenyével összefüggésben vizsgálható, hiszen ez utóbbi ad lehetőséget a további újdonságok megjelenésére. Másként fogalmazva, az új-új technológiák versenye a régi és új technológia közötti interakció eredményének tekinthető (Sartorius – Zundel, 2005, 22. o.).

Sartorius és Zundel (2005) szerint az azonosított idő-állapotok alapján három, politikai területen alkalmazható időstratégiát különböztethetünk meg egymástól (Nill – Kemp, 2009, 673-674. o.):

- Ha az adott állapotot a stabil régi pálya, és legalább egy ígéretes új megoldás megjelenése jellemzi, az *ablak-előkészítési politikák* alkalmazandók. A politikai eszközöknek a piaci erők érvényesítését, az ígéretes megoldások diverzitásának megtartása mellett a technológiák versenyképességének támogatását kell szolgálniuk.
- Ha a fenti helyzetet erős társadalmi, vagy politikai kényszerek, nyomások is kiegészítik, az állam *ablak-teremtési politikákhoz* kell, hogy folyamodjon. Az új technológiák számára kedvező „léggör” kialakulásának támogatása mellett nagy figyelmet kell szentelni arra is, hogy a társadalmi, vagy politikai nyomás miatt ne feltételek nélkül kerüljenek kiválasztásra, domináns pozícióba a meglévő

⁴³ Az alapfeltevés szerint a rosszul időzített politikai intézkedések nem várt, kedvezőtlen eredményekhez is vezethetnek, míg a megfelelő időzítés esetén akár a gyengébb politikák, eszközök alkalmazása is ösztönözheti a környezeti innovációk megjelenését és térnyerését (Sartorius – Zundel, 2005).

technológiák továbbfejlesztett változatai, vagy az egy adott problémát megoldó ún. csővégi technológiák.

- Ha az uralkodó pálya meggyengül, és a megjelenő fejlődési ablak lehetőséget biztosít az ígéretes technológiák számára, ráadásul legalább egy új megoldás versenyképessége igazolható, az állam az *ablak-kihasználás stratégiáját* kell követnie. Az átmenet támogatása érdekében az állam a szelektív környezet befolyásolásának eszköztárát alkalmazhatja. Fontos azonban megjegyezni, hogy kerülni kell a gyors alternatíva választást, és csökkenteni kell az újabb bezáródás kialakulásának valószínűségét, azaz menedzselni szükséges a diverzitás megtartása és az átmenet támogatása között fennálló „trade-off” kapcsolatot is.

Az elmélet követői szerint, az egyes stratégiáknál a környezetvédelmi politikai eszközök, valamint az adott időállapotnak megfelelő, speciális innovációs dinamikát célzó politikai eszközök megfelelő mixének alkalmazásával támogathatja az állam a radikális újítások megjelenését és terjedését, valamint az új pályára való átállás folyamatát (Sartorius – Zundel, 2005; Nill – Kemp, 2009). Mindeközben azonban észben kell tartani, hogy nem elegendő a környezetbarát innovációk egyszerű ösztönzése. A technológiai változás dinamikáját, koevolúciós természetét figyelembe véve ugyanis, a technológiai innovációk problémageneráló és problémamegoldó képessége, valamint az átmenet ösztönzése és az alkalmazkodás rugalmassága közötti egyensúly létrehozása, illetve annak megtartása vezérelvként kell, szolgáljon az állami beavatkozások számára.

2.4.4.5. Az állami szerepvállalás evolúciós és kvázi evolúciós irányzatainak értékelése

Az állami szerepvállalás fent bemutatott evolúciós és kvázi evolúciós elméleteinek központi állítása, hogy a megfelelően kiválasztott és bevezetett politikai intézkedések segíthetik a szakító innovációk terjedését gátló hatások azonosítását és felszámolását.

Ahogy láthattuk, a három rétegű modell túllép a beavatkozás-reagálás egyszerű lineáris szemléletén, ám nem ad iránymutatást arra vonatkozóan, hogy a rendszerinnovációk ösztönzéséhez milyen mértékű állami beavatkozásra van szükség, illetve, hogy az egyes rétegeknél milyen eszközök alkalmazása kívánatos. Az Ashford nevéhez köthető integrált elmélet inkább az egyes politikák integrálására, és az egyes intézkedések különböző stakeholderi csoportokra gyakorolt hatásainak vizsgálatára, mintsem a különböző intézkedések koordinálására helyezi a hangsúlyt.

A stratégiai résmenedzsment, átmenet-menedzsment és időzítési stratégia közös vonása, hogy dinamikus szemléletű, folyamat-orientált, esettanulmányokra épülő elméleteknek tekinthetők. Valamennyi irányzatnál megjelenik az egységes vízió- és stratégiaalkotás szükségessége, valamint az új technológiák diverzitásmegtartásának igénye. Ugyanakkor eltérések is felfedezhetők közöttük. Az időzítési stratégiák elmélete az egy adott technológiai trajektóriához való bezáródást vizsgálja, és arra keresi a választ, hogyan lehet radikális innovációk révén felszámolni a bezáródást, így segítve a technológiai pályák közti átmenetet. A stratégiai résmenedzsment a radikális innovációk támogatását és a

rendszer-szintű bezáródás felszámolásának lehetőségeit kutatja, míg az átmenet-menedzsment elmélet a technológiai rezsimekben végbemenő rendszerinnovációk elemzésére összpontosít (Nill - Kemp, 2009). Különbségek tapasztalhatók tekintetben is, hogy az egyes elméletek milyen eszközöket és beavatkozási módokat javasolnak a radikális innovációk támogatása és a techno-intézményi bezáródás felszámolása érdekében. Míg az SNM a kezdeti fázissal, azaz a résekben jelentkező dinamika ösztönzésével foglalkozik, és kiemeli a támogatások és a versenyerők együttes érvényesülésének fontosságát, addig az átmenet-menedzsment a rendszerinnovációk folyamatának további fázisait is elemzés alá vonja. Az időzítési stratégia elmélete a verseny szelekciós hatásaira alapoz és a rendszerváltozások különböző fázisaiban más-más követendő stratégiai javaslatokat fogalmaz meg, nagy hangsúlyt helyezve a politikai interakciók tanulmányozására.

Mind az átmenet-menedzsment, mind az időzítési stratégiák elméletére igaz, hogy hiányoznak az empirikus tapasztalatok a rendszerváltozások későbbi fázisaira vonatkozóan. Nem állnak rendelkezésre továbbá, - főként a technológiai haladás figyelembe vételének nehézségei miatt - a különböző alternatívák közötti választást segítő kritériumrendszerek, melyek lehetővé tennék a diverzitás-teremtés korlátozását. Bár a stratégiai résmenedzsment, az átmenet-menedzsment, és a fejlődési ablakok elméleti alapjaira épülő empirikus vizsgálatok alátámasztják az egyes elméletek gyakorlati alkalmazhatóságát, hiszen számos elemüket, javaslatukat már a gyakorlatba is átültették, az egyes elméletek empirikus alátámasztása még hiányosnak mondható. Ugyanakkor, ha figyelembe vesszük, hogy a három elmélet egymást kiegészítő, lefedő jelleggel is bír, megfelelő alapot szolgáltathatnak egy, a vizsgált elméletek előnyeit ötvöző fenntartható innovációs politikai elmélet számára.

A fent bemutatott állami szerepvállalással kapcsolatos elméleti irányzatok nemcsak a rendszerváltozás támogatására, a rendszerváltozás adott szakaszaiban alkalmazható innovációs politikai modellek, eszközök kialakításában, kiválasztásában nyújtanak segítséget. A korábbi alfejezetekben azonosított változtatási igényekkel és területekkel, illetve ezen változások és változtatások nehézségeivel együtt a szakító innovációk rendszerváltoztatási potenciáljának összetett jellegét is felszínre hozták.

Annak érdekében, hogy a szakító innovációk ezen összetett rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatára alkalmas módszert javasolhassak szükségszerű áttekinteni a technológiai rendszerek szakirodalomban alkalmazott elemzési modelleiket. Az értekezés következő fejezetében ezen elemzési módszerek bemutatására vállalkozom.

2.5. Technológiai rendszerek és technológiai rezsimek vizsgálati modelljei

A technológiai rendszerek és rezsimek elemzésével foglalkozó tanulmányok a rendszerek elemzésére, a bennük végbemenő változások vizsgálatára más-más megközelítésmódokat, elemzési eljárásokat alkalmaznak. A következő fejezetben rövid összefoglalást adok a technológiai rendszerek ezen elemzési keretrendszeiről.

2.5.1. Technológiai rendszerek elemei és interakciói

A technológiai rendszerek vizsgálatával foglalkozó munkák nagy hangsúlyt helyeznek a rendszerelemek, és közöttük fennálló interakcióik elemzésére, bár jelentős eltérések mutatkoznak az elemek összetétele, illetve az egyes elemek szerepének hangsúlyozása terén. A technikatörténeti és szociológiai alapokon nyugvó kutatások a technológiai rendszerek, valamint az egyes innovációk megjelenésének, terjedésének vizsgálata során a rendszerelemek és interakcióik történeti, elsősorban leíró elemzését állítják előtérbe. Ugyanakkor, a rendszerelemek és interakcióinak vizsgálata más elemzési eljárások explicit, vagy implicit részeként is megjelenik (a következő alfejezetekben bemutatásra kerülő rendszerfunkciós, illetve dimenzionális elemzési keretrendszerek is kitérnek, természetesen más-más módon és súllyal, az elemek és interakcióik vizsgálatára). A technológiai rendszerek, technológiai rezsimek értelmezésem szerint négy fő csoportból, azaz a technológiák, a szereplők; a hálózatok; és az intézmények csoportjából, illetve a közöttük lévő interakciókból épülnek fel, és ezen elemek, valamint a közöttük kialakuló kapcsolatok határozzák meg fejlődésük jellegét is.

A technológiai rendszerek *materiális részét* a rendszerben található különböző technológiák, technológiai komponensek (műtárgyak és technikák) alkotják. Az egyes technológiák, alkotóelemek rendszeren belüli kapcsolódásai jelentős mértékben befolyásolhatják a rendszerek működését és fejlődését, hiszen az uralkodó termékek, azok alapjait képző elvek, nézetek és probléma-megfogalmazások megszabhatják a rendszeren belüli kutatási és megoldás-keresési irányokat, fejlődési pályákat, korlátozhatják az újdonságok megjelenését, illetve azok radikális voltát (Utterback, 1996; Arthur, 1994; Unruh, 2000; stb.). Amennyiben a rendszerek változását, megújulását eredményező ún. rendszerinnovációkat kívánjuk vizsgálni, az alternatív technológiai megoldások olyan kulcsfontosságú jellemzőinek, mint a rugalmasság, sokoldalúság vagy többoldalú kapcsolódási potenciál, kiemelt jelentőséget tulajdoníthatunk.

A technológiai rendszerek *szereplőinek* csoportjába a vevők, vagy felhasználók; a szolgáltató, vagy termelő vállalatok, az állam, és egyéb szervezetek, valamint az egyes szereplők kompetenciái, hitei, erőforrásai és céljai sorolhatók. Bár az uralkodó technológiai rezsimek befolyásolja és korlátozza fejlődésüket, magatartásukat, és rendszeren belüli viszonyaikat, a technológiai rendszerek szereplői aktív módon is hozzájárulhatnak a rendszerek fejlődésének alakításához. Az egyes aktorok döntései, cselekedetei, beruházásai és stratégiái befolyásolják a technológiai rendszerek fejlődési pályáját, a technológiailag, pénzügyileg, és politikailag hatalommal bíró szereplők a „rendszerátalakítás motorjai”

lehetnek, ösztönözhetik, kezdeményezhetik, támogathatják az új technológiák fejlesztését, diffúzióját és alkalmazását. Ugyanakkor az egyes szereplők (egyének, vagy szervezetek) által kifejlesztett rutinok, melyek keretet szabnak az egyéni és szervezeti magatartás számára, hatással vannak az egyéni és szervezeti döntéshozatalra, és olyan közös hit, norma, és érték-rendszereket, problémaértelmezési és megoldás-keresési tevékenységeket hívhatnak életre, melyek az uralkodó rendszerek, technológiai rezsimek stabilizációjához, vagy bezáródásához is vezethetnek.

Az eltérő szereplők, szereplői csoportok a technológiai rendszerek különböző *hálózatainak* keretein belül találkozhatnak, léphetnek egymással interakcióba, oszthatják meg nézeteiket, információikat, véleményüket, tudásukat, ismereteiket és erőforrásaikat egymással, valamint érdekeik védelme, és a közös célok elérése érdekében alakíthatnak ki együttműködést. A hálózatok azok, melyek a tudáscsere színteréül szolgálhatnak, miközben hozzájárulnak az újfajta problémakezelési és a megoldás-keresési módszerek kialakulásához, elősegíthetik a közösen osztott jövőképek, nézetek, elgondolások, alapelvek kialakulását (Metcalfé, 1992). A technológiai rendszerek változásában, és a lehetséges fejlődési pályák kialakulásában kiemelt szerepet tulajdoníthatunk a konfrontációs mechanizmusoknak, hiszen az új problémaértelmezéssel, megoldásokkal való megismerkedés lehetővé teszi a megszokottól eltérő gondolkodási modellek és cselekvési minták megjelenését. Bár a hálózatokban való részvétel egyfajta kötöttséget jelent az egyes szereplők számára, hiszen korlátot szabhat a technológiai választások, fejlődési pályák (Lundgren - Nordenloköw, 1995) vonatkozásában, a rendszerváltozások olyan ösztönzőiként is megjelenhetnek, amelyek segítik a folyamatos alkalmazkodást, tudáscserét és az egymástól való tanulást.

A technológiai rendszerek belső játékszabályait a releváns *intézmények* alakítják, befolyásolják. Intézmény alatt a továbbiakban azokat a gazdasági és társadalmi életben érvényesülő, társadalmilag is szentesített, formális és informális szabályokat, szokásokat, magatartási elveket, mintákat és normákat értjük, melyek magukba foglalják betartásuk kényszerét is (Bara – Szabó, 1996, 19. o.). Ezek az intézmények lehetnek ún. kemény, vagy formális szabályok, mint például a törvények, tulajdonjogok, szabadalmak, piaci szabályok; vagy ún. puha, informális szabályok, mint a kulturális szokások, a tárgyalások, az együttműködés, vagy a bizalom elvei. A különböző típusú intézmények igazolják az egyes tevékenységek ellátási módját, a rutinok kialakulását (Williamson, 2000; North, 1990), így az intézmények jelentős mértékben befolyásolják az egyes technológiák, illetve technológiai rendszerek fejlődési pályáját, illetve társadalmi elfogadottságuk jellegét.

Ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy a *technológiai rendszerek elemei között kölcsönkapcsolatok* fedezhetők fel, melyek révén működik, ellátja funkcióit, illetve fejlődik az adott rendszer. A technológiai rendszerek fejlődésének és stabilizálódásának folyamataiban az egyes elemek közötti összhang kialakulása az uralkodó termék, a rendszer szereplői közötti munkamegosztás, a standardok megjelenése, illetve a fejlesztéssel, a technológiai rendszer jövőjével kapcsolatos, kölcsönösen osztott nézetek, hitek, elvek megjelenése révén kerülhet sor. Következésképp, a technológiai rendszerek

stabilitásának és fejlődésének megértésében alapvető szerepet játszik a különböző rendszerelemek közötti interakciós folyamatok elemzése.

Amennyiben elfogadjuk azt a csoportosítást, miszerint a technológiai rendszerek négy fő alkotóelem-csoportból épülnek fel, akkor alapvetően tízféle kölcsönkapcsolatról beszélhetünk. Természetesen a különböző elemek között fennálló kapcsolatok lehetnek azonos jellegűek, és két elem között többféle kapcsolat is felfedezhető. A kapcsolatok jellegét és természetét a 2.5. táblázat szemlélteti.

2.5. táblázat: A technológiai rendszerek elemei között fennálló kapcsolatok

Rendszer elemei	Kapcsolatok jellege			
	Fizikai	Funkcionális		
Technológia – technológia	Fizikai	Funkcionális		
Technológia – szereplők	Fizikai	Funkcionális	Szándékos	
Technológia – hálózat	Fizikai	Funkcionális	Szándékos	
Szereplő – szereplő	Fizikai	Funkcionális	Szándékos	
Szereplő – hálózat	Fizikai	Funkcionális	Szándékos	
Hálózat – hálózat		Funkcionális	Szándékos	
Intézmény – szereplő		Funkcionális	Szándékos	Normatív, regulatív, kognitív
Intézmény – hálózat		Funkcionális	Szándékos	Normatív, regulatív, kognitív
Intézmény – technológia		Funkcionális		Normatív, regulatív,
Intézmény – Intézmény		Funkcionális		Normatív

Forrás: Ottens et al. (2006) adaptált, átdolgozott változata

Ahogy a táblázat is mutatja, **fizikai kapcsolatok** állhatnak fenn a rendszer technológiai elemei között (hiszen például egy termék számos együttműködő technológiai elemből épülhet fel (pl. a turbina és a generátor közötti kapcsolat a széleróművekben), a technológiai elemek és a rendszer szereplői, illetve hálózatai között (a technológiai elemek kifejlesztése, gyártása, működtetése, irányítása során; sőt szereplői csoportok, hálózatok is szerveződhetnek az egyes technológiák köré). Emellett, fizikai kapcsolatok az egyes szereplők, illetve a szereplők és hálózatok között (a technológiai rendszerek szereplői egyrészt maguk is tagjai lehetnek különböző hálózatoknak, illetve más szereplők alkotta hálózatokkal is kapcsolatban állhatnak) is értelmezhetők.

Funkcionális kapcsolatban a technológiai rendszer valamennyi eleme állhat egymással. Például, egy technológiai elem egy másik technológiai elemen belül, vagy annak működése érdekében láthat el bizonyos funkciókat (gondoljunk csak a villamosenergia-rendszeren belül az egyes erőművek és a szállítóhálózat kapcsolatára). Az egyes műtárgyak a rendszer szereplői, hálózatai számára nyújtanak szolgáltatásokat (villamosenergia-termelés, ellátás), míg az egyes szereplők, egyének, hálózatok is biztosíthatnak számukra bizonyos technikai alfunkciókat, mint például a rendszerek irányítása. Hasonló módon, a technológiai rendszer szereplői – egyének, vevők, szolgáltatók, állam, vállalatok, egyéb szervezetek -, is nyújthatnak egymás számára bizonyos szolgáltatásokat. A technológiai rendszer szereplői, illetve a szereplők alkotta hálózatok között is fennállhatnak funkcionális kapcsolatok, hiszen a rendszer szereplői is tagjai lehetnek bizonyos hálózatoknak, azok működést segíthetik, míg az egyes hálózatok is biztosíthatnak tagjaik, más szereplők, hálózatok számára különféle funkciókat.

A technológiai elemek, szereplők, hálózatok és intézmények kapcsolatviszonyait egyfajta *szándékosság* is vezérli. Az egyes technológiai elemek a szereplők, hálózatok különböző célkitűzéseinek eszközéül is szolgálhatnak (villamos energia használata világításra, fűtésre, háztartási gépek üzemeltetésére, stb), és a szereplők, hálózatok egymással alkotott kapcsolatait is uralhatja egyfajta szándékosság, hiszen a rendszer részét alkotó szereplők, egyének, vállalatok mind bizonyos célok által vezérelve tevékenykednek, a hálózati tagság, illetve a hálózatokkal történő interakciók pedig megkönnyíthetik célkitűzéseik elérését.

A technológiai rendszerek szereplőinek, hálózatainak tevékenységét, magatartását a *formális és informális intézmények* befolyásolhatják, alakíthatják. Az egyes intézmények normatív, regulatív és kognitív módokon irányíthatják a technológiai rendszerekben jelen lévő hálózatok, szereplők tevékenységét, segíthetik céljaik elérését. Ugyanakkor, a rendszer szereplői, hálózatai funkcionális kapcsolatban is állhatnak az intézményekkel, politikákat fogalmazhatnak meg, törvényeket hagyhatnak jóvá, ellenőrizhetik azok betartatását. Ráadásul, az egyes szereplők, hálózatok saját érdekeik, céljaik érdekében is felhasználhatják az egyes törvényeket, szabályokat, elveket, számukra kedvező szabályozásokért lobbizhatnak, sőt akár meg is szeghetik azokat. Emellett, bizonyos technológiák segíthetik az intézmények érvényesítését (pl. a fogyasztóknál elhelyezett mérőműszerek alkalmasak arra, hogy a vevők a tényleges villamosenergia-fogyasztásnak megfelelő összeget fizessék), míg az egyes intézmények normatív és regulatív módon is kötődhetnek a technológiai elemekhez. A törvények meghatározhatják például, hogy hány év után kell gondoskodni bizonyos műtárgyak cseréjéről, hogy az egyes technológiák milyen feltételek mellett üzemelhetnek, hogyan változhatnak meg az egyes elemekre vonatkozó szabványok. A technológiai elemek és az intézmények között fennálló kognitív kapcsolatok értelmében, bizonyos informális intézmények (hitek, nézetek, elvek) szentesíthetik a technológiai elemek fejlesztését és alkalmazását. Végül, de nem utolsó sorban, az intézményi elemek között is felfedezhetünk funkcionális és normatív kapcsolatokat. Egyes törvények például segíthetik egy politikai szándék elérését (pl. az állam és a szolgáltatók közötti megállapodások ösztönözhetik a megújuló energiahordozóra épülő technológiák alkalmazását, terjedését), ugyanakkor bizonyos értelemben normatív kapcsolat is felfedezhető köztük, hiszen például az egyes szerződések normatív módon kapcsolódnak a törvényekhez, melyek meghatározzák, milyen típusú megállapodások engedélyezhetők.

2.5.2. Technológiai rendszerek funkciói

Edquist (2004) szerint az innovációk megjelenését, terjedését és használatát leginkább befolyásoló tényezők visszavezethetők az innovációs rendszerekben megjelenő tevékenységekhez. Az innovációs rendszerek elemzésénél azon rendszerfunkciók vizsgálatára kell összpontosítani, melyek az innovációs rendszerek céljait befolyásolják. Jacobsson és Johnsson (2000) szerint a rendszerfunkciók „*egy komponensnek, vagy a komponensek egy halmazának a rendszer teljesítményéhez való hozzájárulását*” jelentik, azaz azon funkciók halmazát ölelik fel, melyek egy új technológiai innovációs rendszer

megjelenéséhez, uralkodóvá válásához hozzájárulnak. Minél több ilyen rendszerfunkció kerül kielégítésre egy technológiai innovációs rendszeren belül, annál jobb annak teljesítménye, ami kedvezően befolyásolja a vizsgált újítások fejlesztését, terjedését és alkalmazását.

2.6. táblázat: Rendszerfunkciók a különböző innovációs művekben

Johnson (1998)	Johnson – Bergek (2004)	Edquist (2004)	Jacobson et al (2004)	Carlsson et al (2005)	Hekkert et al (2007)	Bergek et al (2008)
Ösztönzők biztosítása a vállalatok számára az innovatív tevékenységek folytatására	Új tudás létrehozása és diffúziója	K+F ösztönzés, kompetenciaépítés	Tudás-teremtés	Vállalkozói tapasztalatszerzés támogatása	Vállalkozói tevékenység ösztönzése	Vállalkozói tevékenység ösztönzése
Társadalmi bizonytalanság csökkentése		Szükséges szervezetek létrehozása, változtatása		Tudásbázis létrehozása	Tudásfejlesztés	Új tudás létrehozása és diffúziója
Információ és tudás cseréjének könnyítése	Pozitív externáliák megjelenése	Hálózatosodás	Pozitív externáliák megjelenésének támogatása	Pozitív externáliák ösztönzése	Tudásterjesztés a hálózatok által	Pozitív externáliák megjelenése
Kutatás irányának vezetése	Kutatási folyamatok irányának befolyásolása	Innovációt ösztönző intézmények támogatása, gátló intézmények változtatása, innováció finanszírozása, tanácsadás	Kutatási folyamatok irányának alakítása	Ösztönzők alkalmazása	Kutatási tevékenységek irányának befolyásolása	Kutatási tevékenységek irányának befolyásolása
Piacok ösztönzése, létrehozása	Piacok ösztönzése	Új termékpiacok kialakítása, minőségi elvárások megjelenése	Piacok létrejöttének támogatása	Piacok létrehozása, megfelelő piaci feltételek megteremtése	Piac kialakítása	Piac kialakítása
Erőforrás biztosítása	Erőforrás biztosítás	Innovációt ösztönző intézmények támogatása, gátló intézmények változtatása, minőségi elvárások megjelenése	Erőforrás biztosítás	Erőforrások megteremtése	Erőforrások mobilizálása	Erőforrások mobilizálása
Változással szembeni ellenállás csökkentése, legitímáció					Támogató koalíciók	Legitímáció

Forrás: saját szerkesztés Hekkert et al (2007) és Bergek et al (2008) alapján

Ahogy a 2.6. táblázat is igazolja, bár a témakörrel foglalkozó szerzők számos, sok tekintetben megegyező rendszerfunkciót azonosítanak, mégis konszenzus arra vonatkozóan, mely rendszerfunkció-halmaz az, ami a vizsgálati célt, azaz a technológiai innovációs rendszerek dinamikájának megragadását a legjobban szolgálná. Összességében véve négy olyan funkció van, melyet a szerzők egyaránt fontosnak tartanak, bár eltérő tartalmi részletezettséggel foglalkoznak velük. A rendszerfunkciós elemzési modellek egyetértenek abban, hogy a tanulás mechanizmusai az innovációs folyamat lényegi elemét alkotják, így a technológiai rendszerek egyik legfontosabb funkcióját a különböző

forrásokból (K+F tevékenység, kutatás és kísérletezés, a használat, vagy tevékenység alapú tanulás, utánpótlás, a régi és az új tudás innovatív módon való kombinációja, a régi tudás utánpótlás révén való újrahaznosítása) származó új tudás megjelenésének, terjedésének támogatásában látják. Az egyes modellek kiemelt figyelmet fordítanak továbbá az innovatív tevékenységek ellátása, az új technológiák fejlesztése, megjelenése és terjesztése szempontjából nélkülözhetetlen erőforrások (emberek, tőke, kiegészítő termékek, technológiák, hálózatok, stb.) elérhetőségének. A szerzők azt is hangsúlyozzák, hogy annak érdekében, hogy az új technológiák a már piacon lévőkkel versenybe szállhassanak, a védett piacok kialakulásának ösztönzésére, illetve az ideiglenes versenyelőnyt biztosító intézkedések bevezetésére (pl. adókedvezmények, ártámogatások, stb. révén) van szükség. Ahhoz pedig, hogy egy technológiai rendszer megjelenjen, megerősödjön különböző szereplői csoportoknak kell csatlakoznia hozzá. A kutatási tevékenységek irányításának funkciója hivatott összegezni azokat az általában állam által indított kezdeményezéseket, melyek az egyes szereplők elgondolásainak, hiteinek és várakozásainak befolyásolása révén az új technológia megjelenését és terjedését támogató magatartásokat ösztönözhetik.

Carlsson et al (2005), Hekkert et al (2007) valamint Bergek et al (2008) modelljében is megjelenik a vállalkozói tevékenység ösztönzésének funkciója. A szerzők egyetértenek abban, hogy az innovációs rendszerek fejlődése szempontjából elsődleges fontossággal bír a vállalkozók jelenléte, nélkülük nem lenne innováció, az innovációs rendszer egyszerűen nem is létezne. Ők azok, akik az új tudás létrehozásának, fejlesztésének, valamint a hálózatosodás és a piacteremtés lehetőségét konkrét cselekvésre váltják a bennük rejlő üzleti lehetőségek kiaknázása érdekében. A vállalkozók lehetnek új belépők, akik azonosítják az új piaci lehetőségeket, vagy a már piacon lévő vállalatok is, akik az új fejlesztések révén diverzifikálják tevékenységüket. Sőt, vállalkozói magatartást nemcsak a magánszektor szereplői, hanem a közszektor, illetve a két szektor együttműködése révén létrejövő szervezetek is tanúsíthatnak. A változással szembeni ellenállás felszámolásának, illetve a technológia legitimitásának funkcióját kiemelő megközelítések (Johnson, 1998; Hekkert et al, 2007; Bergek et al, 2008; Edquist, 2004) szerint az új technológia terjedése szempontjából nélkülözhetetlen a technológiák társadalmi elfogadottságának, azok releváns intézményekkel való megfeleltetésének ösztönzése. Az intézményesülés és „legitimációszerzés” révén a tevékenységek, funkciók bizonyos ellátási módja beágyazódik a rendszerszereplők elvárásait és tevékenységét befolyásoló regulatív, normatív és kognitív intézményekbe, csökkentve az újítással kapcsolatos bizonytalanságot, növelve a társadalmi elfogadottságot. Ugyanakkor, ez a folyamat hosszabb távon jelentkezik, és ahogyan azt Hekkert és szerzőtársai (2007) kiemelik, ahhoz, hogy az újítások versenyre tudjanak kelni a meglévő rendszert védő, már piacon lévő szereplőkkel és intézményi keretrendszerrel, olyan támogató koalíciókra van szükségük, melyek az uralkodó erőkkel szemben fellépve lobbizhatnak (erőforrásokért, vagy a kedvezőbb adórendszer kialakításáért) támogatva az új technológiai trajektória legitimitását. Míg egyes szerzők (ld. Johnson, 1998; Edquist, 2004; Hekkert et al, 2007) az újítások megjelenése és terjedése szempontjából a szereplők hálózatokon keresztül történő tudás- és információ-cseréjének fontosságát hangoztatják, addig mások (pl. Carlsson et al, 2005; Jacobson et al, 2004; Bergek et al, 2008) a tudás- és információ-cserét is felölelő pozitív

externáliák megjelenését emelik ki. A pozitív externáliák csoportjába mindazon kedvező hatások besorolhatók, melyeket a szereplők magatartása, vagy bizonyos tevékenységek megjelenése idéz elő, és amelyekből a technológiai rendszer más elemei is profitálhatnak⁴⁴.

Fontos megjegyezni, hogy a fent bemutatott rendszerfunkciók egymástól nem függetlenek, kölcsönösen alakítják, befolyásolják egymást, egymással pozitív és negatív módon is kapcsolatban állhatnak, az interakciók természete pedig befolyásolja a teljes rendszer teljesítményét. A pozitív funkciók kielégítése pozitív folyamatkörökhöz vezethet, melyek egymást erősítve létrehozhatják azt a lendületet, mely révén az alkotó rombolás folyamata megjelenhet (Jacobsson – Bergek, 2004). A jól teljesítő technológiai innovációs rendszerek egy vagy több pozitív körfolyamattal bírnak, míg a visszaesőben lévő rendszereket a gyengítő ciklusok jellemzik (Hekkert et al, 2007, 14. o.). A rendszerfunkciós vizsgálatok középpontjában tehát az egyes funkciók, és a köztük fennálló interakciók révén kialakuló, a rendszer dinamikáját meghatározó, körfolyamatok elemzése áll. Bergek et al (2008, 410. o.) a funkcionális elemzés egyszerűsített folyamatát is bemutatják, bár hangsúlyozzák annak többkörös, visszacsatolások sorozatára épülő jellegét. Eszerint a módszertan első lépését a vizsgálat tárgyát képező technológiai rendszer meghatározása, és struktúrájának feltárása, azaz a rendszert alkotó elemek – szereplők, hálózatok, intézmények, és a köztük fennálló interakciók azonosítása jelenti. A következő lépésben a technológiai rendszerben uralkodó funkciók, és a funkciók között interakciók, körfolyamatok vizsgálata történik, az ún. folyamateljárás módszerének alkalmazásával⁴⁵. A következő lépésben az ideálisnak tartott funkciók jellemzőinek meghatározására, illetve a rendszerfunkciók normatív értékelésére kerül sor. Így, az eljárás ezt követő szakaszában a technológiai rendszer azon mechanizmusainak azonosítására kerülhet sor, melyek a kívánt funkcionális minták megjelenését támogathatják, illetve annak akadályait képezhetik. A támogató és gátló mechanizmusok feltárása pedig azt is lehetővé teszi, hogy a vizsgálat a politikai javaslatok megfogalmazásával záruljon.

2.5.3. Technológiai rezsimek dimenziói

A technológiai rezsimek dimenziális vizsgálati modelljének megalkotása Hadjilambrinos (1998) nevéhez köthető. Ő részletekbe menően elemzi Winner (1982) energiarendszerekre vonatkozó kutatásainak megállapításait, és arra a következtetésre jut, hogy az egyes technológiai rezsimek megkülönböztetéséhez a technológiai rezsimek négy dimenzióját kell vizsgálat alá vonni. A technológiai rezsimek dimenziális elemzési modelljét, és az egyes dimenziók vizsgálatának jellemzőit a 2.7. táblázat szemlélteti.

⁴⁴ Bergek et al (2008) a pozitív externáliák példájaként említi meg, hogy az újonnan piacra lépő vállalatok számának növekedése, vagy a számukra nélkülözhetetlen kiegészítő szolgáltatások, termékek elérhetőségének emelkedése növeli annak valószínűségét, hogy újabb vállalatok jelennek meg a piacon, ezáltal legitimálva az új technológiai innovációs rendszert.

⁴⁵ Ez az eljárás a fejlődési és változási folyamatokat események sorozatának, az eredményeket pedig az események sorrendjének eredményeként kezeli. Lehetővé teszi a kumulatív és ok-okozati kapcsolódások feltárását, és a visszacsatolási hurkok tanulmányozása révén a rendszer belső dinamikáját is feltárja.

2.7. táblázat: A technológiai rezsimek dimenziói, azok jellemzői, és vizsgálati módjai

Dimenzió	Jellemzők	Vizsgálati lehetőségek
Fizikai dimenzió	Technológiák	
	A rendszer alapvető technológiáinak típusa, mértéke	Minőségi, mennyiségi
	Alapvető technológiák komplexitása	Minőségi
	Fizikai erőforrások	
	Az alapvető technológiák által alkalmazott erőforrások típusa	Minőségi
	Ezen alapanyagok térbeli megoszlása	Minőségi, mennyiségi
	Az alapvető technológiák által létrehozott hulladékok elhelyezésénél használt erőforrások	Minőségi
	Munkaerő	
	Munkaerő-intenzitás	Mennyiségi
	Munkaerő képzettségének megkívánt szintje, típusa	Minőségi
	Tőke	
	Tőkeintenzitás	Mennyiségi
Az alapvető technológiák minimális tőkeigénye	Mennyiségi	
Szervezeti dimenzió	Szervezet mérete	Minőségi, minőségi
	Szervezet struktúrája	Minőségi
	Menedzsment technikák	Minőségi
Intézményi dimenzió	Belső	
	Intézményi struktúra	Minőségi
	Rendszert alkotó intézmények közötti interakciók szabályai	Minőségi
	Külső	
	Koncentráció	Mennyiségi
	Tulajdonviszonyok	Minőségi
	A rendszerrel interakcióban lévő külsős intézmények	Minőségi
A külsős intézményekkel való interakciókra vonatkozó szabályok	Minőségi	
Politikai dimenzió	Döntéshozatali folyamat irányításának helye	Minőségi
	Előnyök megosztásának jellege	Minőségi
	Ideológiai alapok	Minőségi

Forrás: Hadjilambrinos (1998, 191. o.)

A fenti táblázat értelmében:

- A **fizikai dimenzió** a rendszer technológiai alapjait foglalja magában. Ebbe a kategóriába sorolhatjuk a rendszerre jellemző technológiákat, valamint azok alapanyag-, tőke-, munka-, és egyéb erőforrás-igényét, illetve azok jellegzetességeit, mint például a technológiai komplexitás, a képzett munkaerő iránti igény, vagy a tőkeintenzitás.
- A **szervezeti dimenzió** a rendszer méretét, struktúráját öleli fel. Ide sorolhatók a rendszert alkotó szervezetek méretének, struktúrájának jellegzetességei, az alkalmazott menedzsment módszerek, stb.
- Az **intézményi dimenzió** az adott rendszer és a társadalom, illetve az adott rendszer más rendszerekkel való kapcsolatait, kapcsolódási módjai, interakciói tartoznak ezen dimenzióba. Leírja a rendszeren belüli struktúrákat, és a rendszer külső kapcsolatait, azaz a rendszerek intézményi struktúráját, és a rendszer fizikai és intézményi környezettel való interakcióinak szabályozását tárja fel.
- A **politikai dimenzió** a rendszer politikai tulajdonságát, jellemzőit adja meg. Más szavakkal, leírja, hogy milyen politikai hatalommal bír az adott technológiai rendszer a társadalom felett. A Winner (1982) szerint ugyanis a technológiai rendszerek politikai entitásoknak tekinthetők, mely azon tulajdonságukban nyilvánul meg, hogy keresletet hoznak létre, és gondoskodnak azok kielégítéséről.

A technológiai rendszerek rendelkeznek azzal a politikai szándékkal és akarattal, hogy befolyásolják a politikai feltételeket, mégpedig úgy, hogy azok megfelelően szolgálják érdekeiket. A technológiai rendszerek gazdasági és társadalmi céljai, illetve a társadalom kulturális céljai közötti konvergencia a technológiai rendszer autonómiájának mértékéül szolgálhat (Hadjilambrinos, 1998, 188-189. o.).

A rendszerelemek és interakcióinak, illetve a rendszerfunkciók vizsgálatának módszertanához hasonlóan a dimenzionális vizsgálati módszer is a leíró elemzést támogatja. Ahogyan azt a fentiek is mutatják, a technológiai rendszerek elemeit bonyolult, szövedékes kapcsolati háló köti össze. A technológiai rendszereknek az egymással kölcsönkapcsolatban álló elemek és a köztük megnyilvánuló interakciók vizsgálatára épülő elemzése így csak a vizsgált rendszer megfelelő idő- és térbeli lehatárolásával végezhető el. Hasonló módon, a rendszerfunkciós módszertan, elsősorban a bonyolult visszacsatolási mechanizmusok vizsgálata miatt, az időben és térben szigorúan lehatárolt, alacsonyabb aggregáltsági szinten lévő technológiai rendszerek dinamikus természetének feltárására alkalmas, ami korlátozhatja a vizsgálatok általánosíthatóságát⁴⁶.

Bár a dimenzionális elemzési keretrendszer esetében, - a technológiai rendszerek már bemutatott elemzési modelljéhez hasonlóan, - az elemzési egységek (dimenziók, aldimenziók) vizsgálata során azok egymásra gyakorolt hatásával is foglalkozni kell, - a modell alkalmas a magasabb aggregáltságú szinten lévő rendszerek, rezsimiek vizsgálatára, és lehetővé teszi az egyes dimenziók aldimenziók minőségi és mennyiségi ismérvekkel történő jellemzését is.

2.6. Következtetések a rendszerinnovációs potenciál gyakorlati vizsgálatának vonatkozásában

Ahogyan azt a korábbi fejezetekben láthattuk, a rendszerinnovációk különböző innovációk kombinált összességét jelentik, melyek új vagy meglévő termékek, szolgáltatások nyújtását teszik lehetővé, miközben új logikát, alapelveket és gyakorlatokat hívnak életre. A technológiai változással foglalkozó szakirodalom vizsgálata alapján az is megállapítható, hogy a technológiai rendszerek történetileg kialakult stabilitása az, mely a változással szembeni ellenállás fő forrásául szolgálhat. Amint egy új technológia piaca növekedni kezd, azt az intézményi keretek fokozatos változása követi, azaz a formális és/vagy informális intézmények igazodni kezdenek az új technológia igényeihez. Ezeknek az intézményi változásoknak is egyre növekvő elfogadottságra kell szert tenniük, mert az intézményekkel szembeni erős ellenállás meggátolhatja, elhalaszthatja az új technológia átvételét. Ha az új technológia jellemzői eleget tesznek a vevői igényeknek, akkor a hozzájuk illesztett intézményi keretekkel együtt elfogadottá válnak, melynek köszönhetően

⁴⁶ Több, a különböző villamosenergia-termelési technológiák szintjén értelmezhető technológiai rendszer vizsgálatával foglalkozó kutatás is alkalmazza a rendszerfunkciós vizsgálat fentiekben bemutatott modelljét. A funkcionális elemzés segítségével Jacobson et al (2004) a napelemes technológiák német technológiai rendszerének elemzésére, Negro et al (2007) a holland biomassza erjesztés technológiai rendszerének vizsgálatára tesznek kísérletet, míg Jacobsson és Bergek (2004) német, holland és svéd esettanulmányok funkcionális elemzése alapján fogalmazzák meg következtetéseiket a megújuló energiatechnológiák terjedésének vonatkozásában.

az új technológia gyors növekedésnek indulhat, és elérheti az uralkodó termék, vagy minta állapotát. A technológiai, társadalmi, intézményi, és pénzügyi forrásokból táplálkozó útfüggőség és techno-intézményi bezáródás eredményeként létrejött technológiai rezsim pedig a rendszer alapjait érintetlenül hagyó, a működés javítását szolgáló fokozatos fejlesztéseket támogatja. A technológiai rezsim kialakulásának technológiai, társadalmi, intézményi, és pénzügyi forrásai vannak, hatásainak feltárása és felszámolása nélkülözhetetlen a radikális újítások térnyeréséhez. A rendszerinnovációt előidéző szakító innovációknak így nemcsak az új vagy módosított termékek, szolgáltatások biztosítását kell lehetővé tenniük, hanem a technológiai, iparági, politikai és társadalmi változásokat eredményező új logikát, alapelveket és gyakorlatokat, azaz fokozatos és/vagy radikális újítások sokaságát is életre kell hívniuk.

Következésképpen, a technológiai rendszerek változását eredményező szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatához az alábbi területek elemzésére van szükség:

- **Technológiai változás:** Az egyes műtárgyak közötti kapcsolatok feltárása, az egyes technológiák életciklusának vizsgálata (uralkodó technológia vs. megjelenő technológia, illetve annak klaszterei) segítheti a rendszerváltozás adott fázisának, a technológiai szűk keresztmetszeteknek és lehetőségeknek, valamint a megjelenő technológiák diffúzióját támogató, vagy hátráltató tényezőknek az azonosítását.
- **Iparági változás:** Az iparági struktúra, valamint a technológia-fejlesztő, előállító és alkalmazó szereplők, beruházók hálózatainak, követett stratégiáinak, alkalmazott rutinjaiknak és képességeiknek azonosítása és elemzése segítheti megismerni a rendszer-változás hajtóerőit és fő akadályait.
- **Politikai változás:** A politikai keretrendszer, a tágabb értelemben vett formális, jogi intézmények a változások hajtóerői, gátjai is lehetnek. Ahogyan a technológiai változás, úgy a formális intézményi változások vonatkozásában is beszélhetünk ún. pályafüggőségről, abban az értelemben, hogy kialakításuk célja, hogy adott területen korrigálják, optimalizálják a társadalom, gazdaság tevékenységét, teljesítményét.
- **Társadalmi változás:** A rendszerinnovációk sikerességét meghatározza a társadalmi szereplők tapasztalatai, értékei, attitűdjei, és reakciói. A társadalmi változások ösztönözhetik és akadályozhatják is az új, ígéretes technológiák megjelenését és diffúzióját. A rendszerben megjelenő változások a vevői preferenciákat és várakozásokat érintő akkulturáció és szocializáció folyamatait öleli fel. Ugyanakkor, a változások olyan ellentétes társadalmi magatartást is kiválthatnak, melyek az új rendszerjellemezők beágyazódásával szembeni ellenálláshoz vezethetnek (Könnöla, 2007).

Mindebből logikusan következik, hogy a szakító innovációk rendszerváltoztatási képességének vizsgálata csak az uralkodó rezsimmel való kapcsolatrendszerük fényében történhet. Véleményem szerint a 2.5. fejezetben bemutatott vizsgálati módszerek közül, ennek legjobb eszközéül Hadjilambrinos (1998) dimenzionális modellje szolgálhat. *Úgy vélem ugyanis, hogy a dimenzionális keretrendszer struktúrája nemcsak két technológiai rezsim összemérését, hanem az uralkodó technológiai rezsim és a szakító innovációk kölcsönkapcsolatának elemzését is lehetővé teszi, hiszen az uralkodó technológiai rezsim*

valamennyi, a rendszerváltoztatási potenciál feltárása szempontjából szükséges dimenzió vizsgálatát támogatja.

Véleményem szerint ugyanakkor az eredeti elemzési keretrendszer módosítására van szükség. Ennek oka egyrészt, hogy Hadjilambrinos a szervezet és az intézmény fogalmakat egységesen kezeli, ami nem felel meg az általam követni kívánt megközelítésnek. Ahogyan azt a 2.4. fejezetben már leírtam, jelen dolgozatban „intézmény” alatt azokat a gazdasági és társadalmi életben érvényesülő, társadalmilag is szentesített szabályokat, szokásokat, magatartási elveket, mintákat és normákat értjük, melyek magukba foglalják betartásuk kényszerét is. Ezzel szemben, a „szervezet” fogalma alatt a különböző aktorok rendezett, és szabályok által irányított együttesét értjük (Bara - Szabó, 1996, 19. o.). Ráadásul, Hadjilambrinos két olyan aldimenziót is figyelmen kívül hagyott, melyek tárgyalására mindenképpen ki kell térnem. Az eredeti modell szervezeti dimenziója ugyanis nem tartalmazza a domináns piaci szereplők által követett stratégiák és a fő funkcionális területek jellemzését, csak a rendszer domináns szervezeteinek méretével, struktúrájával és menedzsment elveivel foglalkozik. Emellett, a politikai dimenzió vonatkozásában Hadjilambrinos csak az előnyök megoszlásával foglalkozik, melyet véleményem szerint ki kell egészíteni a hátrányok megoszlásának vizsgálatával is. Mindezen szemléletbeli eltéréseket figyelembe véve került sor az általam javasolt, és a gyakorlati részben követni kívánt, ötdimenziós elemzési keretrendszer kialakítására.

2.8. táblázat: A szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálati modellje

Dimenzió	Uralkodó rezsím jellemzői	Szakító innováció hatásai
Fizikai dimenzió	Technológiai alapok	
	Rendszer alapját képező technológiák mérete, típusa	Minőségi, mennyiségi
	Természeti erőforrás igény	
	A technológiák által használt erőforrások típusa, mennyisége	Minőségi, mennyiségi
	Alapanyagok térbeli megoszlása	Minőségi, mennyiségi
	A technológiák környezeti hatásai	Minőségi
	Humán-erőforrás-igény	
	Munkaerő-intenzitás	Mennyiségi
	Munkaerő képzettségének megkívánt szintje, típusa	Minőségi, minőségi
	Tőke-igény	
Tőkeintenzitás	Mennyiségi	
Piaci dimenzió	Piaci struktúra, szereplői csoportok	Minőségi, mennyiségi
	Piaci koncentráció	Mennyiségi, minőségi
Szervezeti dimenzió	Stratégia és funkcionális területek	Minőségi
	Szervezeti mérete és struktúra	Minőségi
	Tulajdonosi viszonyok	Minőségi
Jogi dimenzió	Szabályok, előírások, törvények	Minőségi
Politikai dimenzió	Ideológiai alapok	Minőségi
	A rezsím informális intézményei	Minőségi
	Döntéshozatali folyamat és irányítás	Minőségi, mennyiségi
	Előnyök és hátrányok megosztása	Minőségi

Forrás: saját szerkesztés

Ahogy a 2.8. táblázat is mutatja, a módosított dimenzionális elemzési keretrendszert a technológiai rezsime jellemző technológiai alapokat összesítő fizikai dimenzió, a rendszer piaci struktúráját és szereplőit képviselő szerkezeti dimenzió, a domináns szervezetek jellemzőit összegző szervezeti dimenzió, a rendszer működését befolyásoló formális intézményeket magában foglaló jogi dimenzió, valamint az informális intézményeket, a rendszer politikai tulajdonságait felölelő politikai dimenzió alkotja.

A **technológiai rendszerek fenntartható pályára állításának kérdését** tekintve megállapítható, hogy a technológiai rezsime jelensége a szakító innovációkkal szemben a csövégi és megtartó innovációk preferálását eredményezheti. Ugyanakkor Liebowitz és Margolis (1998) arra is figyelmeztetnek, hogy az uralkodó rendszer domináns technológiai alapjait megtartó innovációk támogatása akkor jelent kritikus problémát, ha a régi és új technológiák közötti választás pillanatában már tudjuk, hogy a domináns technológiánál az orvosolandó probléma (környezeti, gazdasági és társadalmi fenntarthatóság) tekintetében hatékonyabb megoldások is léteznek (Id: Lafferty – Ruud, 2008, 21.o.).

Mindez az azonos alapfunkció kielégítését szolgáló régi (domináns) és új (megjelenő), valamint az új és új technológiák jellemzőik alapján történő szétválasztását, és adott probléma szerinti összemérését teszi szükségessé. Más szavakkal, meg kell bizonyosodnunk arról, hogy a szakító innovációt képviselő új technológiák az uralkodó rezsime domináns technológiáitól eltérő csoportba tartoznak, és környezeti, társadalmi, gazdasági és műszaki jellemzőik alapján a meglévő, domináns technológiákhoz viszonyítva, a fenntarthatóság szempontjából kedvezőbb választásnak tekinthetők.

Nem szabad azonban megfeledkeznünk arról, hogy mégha egy, az uralkodó technológiával szemben kedvezőbb környezeti, társadalmi és gazdasági jellemzőkkel bíró szakító innováció rendszerváltoztatási potenciállal is bír, az nem garantálja automatikusan a környezeti, társadalmi és gazdasági szempontból fenntartható technológiai rendszer kialakulását. Rendszerelméleti szempontból ezt csak az uralkodó és a megjelenő rendszerek fenntarthatósági kritériumok alapján történő dinamikus, komplex összehasonlítása igazolhatja.

Mindezen elméleti következtetéseket alapul véve a dolgozat további fejezeteiben egyrészt a központosított villamosenergia-rendszer társadalmi, gazdasági és környezeti értelemben vett fenntarthatóságának problematikáját, és annak elosztott termelési egységek segítségével történő feloldási lehetőségét, másrészt - a rendszerinnovációs potenciál feltárására javasolt modell segítségével - az elosztott villamosenergia-termelési egységek rendszerváltoztatási képességét veszem górcső alá.

3. A központosított villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés kérdésköre

Az értekezés ezen fejezetében a központosított villamosenergia-rendszer technológiai rezsimként történő értelmezésével, és a rendszerrel összefüggésbe hozható környezeti, gazdasági, társadalmi problémák fő technológiai megoldási módjainak azonosításával foglalkozom. Kiemelt figyelmet szentelek az elosztott termelési egységek fogalmának meghatározására, valamint az egyes villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági színvonalelemzésére.

3.1. A villamosenergia-ellátás fejlődésének rövid története

A modern társadalom működésének feltétele, hogy tagjaik mindennapi életéhez, gazdálkodásához rendelkezésükre álljon a villamos energia, mely feladatot a villamosenergia-rendszer hivatott ellátni. A villamosenergia-ágazat viszonylag fiatal iparágnak tekinthető, melynek gyökerei az ipari forradalomig nyúlnak vissza. A villamosenergia-ellátás kezdeti korszakában az értékesített termék a fény, és nem az áram volt. Az elektromágneses elmélet, valamint a mechanikai indukció révén keletkező folyamatos áramellátás elméletének megjelenését követően láttak napvilágot a kisteljesítményű generátorok, valamint a gázvilágítás kiváltására alkalmas komplett ívlámpás berendezések (Hart et al, 2000). A villamosenergia-ellátás kezdetének azonban Edison 1878-as izzólámpás felfedezése, valamint az arra épülő közvilágítás kialakulása tekinthető. Edison egy olyan rendszert tervezett meg, mely a gázszolgáltatás üzleti modelljére építve, egy központi erőműből biztosított villamos energiát a magánházak, közintézmények, hivatalok számára (GRI, 1999). 1882-ben Edison felépítette az első olyan erőművet, mely a Wall Street-i hivatalok világítását látta el és hozzájárult a villamosenergia-ellátási ágazat, egyben a felfedező-tulajdonú szolgáltatások megjelenéséhez (Unruh, 2002; Hart et al, 2000).

A felfedezést mind az USA-ban, mind Európában gyors kereskedelmi reakció követte. Vállalatok sokasága próbálkozott meg a profitszerzés és a drága generátortelepítés kikerülése érdekében ilyen, ún. minihálózatok kiépítésével, bár a magántulajdonban lévő rendszerek viszonylag lassan terjedtek. Az alacsony feszültségű, egyenáramot alkalmazó helyi rendszerek ellátási körzete csupán néhány km-re korlátozódott, ám ebben az időben ez nem jelentett problémát, hiszen a célcsoportot a sűrűn lakott belvárosi kerületek jelentették. Mind a rendszerek diffúziója, mind a tulajdonviszonyok átrendeződése terén komoly áttörést jelentett az első köztulajdonban lévő villamosenergia-ellátási rendszer 1889-es kiépítése Bradfordban. Míg az USA-ban továbbra is megőrizte domináns helyzetét a helyi, állami és szövetségi szabályozású magántulajdoni modell, addig például a skandináv országokban az önkormányzati tulajdonú modell, Németországban pedig a vegyes, azaz a magán és közszektor együttműködésére épülő minihálózati modell nyert teret (Hart et al, 2000). Ám, a Westinghouse által kifejlesztett váltóáramos megoldás megtörte az egyenáramra épülő minihálózatok uralmát. A váltóáramos rendszerek, a transzformátor és a háromfázisú vezeték felfedezése, illetve a nagyobb teljesítményű gőzturbinás termelési egységek megjelenése lehetővé tette a vállalatok számára a villamos

energia nagyobb távolságra történő szállítását. A két rendszer közötti harc egészen a századfordulóig tartott, és az egyes országokban, régiókban a tulajdonviszonyok, a finanszírozás, a technológiai jellemzők alapján is eltérő rendszerek terjedtek el. A minihálózatok azonban kezdték lefedni egymást, a vállalatok pedig felismerték, hogy a nagyteljesítményű erőművek alkalmazása, a nagyobb szolgáltatási körzetek ellátása, és az ennek köszönhető terhelés-diverzitás⁴⁷ más ágazatokra is jellemző méretgazdaságossági előnyökkel járhat (Philipson – Willis, 2006).

A villamosenergia-ellátás integrálásának és központosításának tendenciái az első világháborút követően indultak el. A tagolt villamosenergia-ellátási struktúra nemzeti szintű integrált, központosított villamosenergia-ellátási rendszerre történő átalakítása az alábbi elvekre épült:

- kevesebb, de nagyobb teljesítményű villamosenergia-termelési erőmű alkalmazása, melyek alacsonyabb egységáron állítják elő a villamos energiát,
- az erőművek a kitermelési helyek, bányák, vagy vizek közelében helyezkedhetnek el,
- a termelési egységek egyetlen rendszerbe állítása megtakarításokat eredményezhet, összekapcsolása segítheti a terhelési problémák megoldását, csökkentve a drága tartaléktartási igényt.
- a rendszer megfelelő menedzselésével valamennyi terhelési igény kielégíthető.

Mivel a piacon lévő szereplők sok esetben nem akartak önszántukból együttműködni, egyre nagyobb szerep hárult az egyes országok kormányaira. Míg például Franciaországban, Nagy-Britanniában, Spanyolországban és Svédországban az állam építette ki az új infrastruktúrát, Hollandiában a nagyszolgáltatók beolvasztották kisebb versenytársaikat, és az állam távortartásának érdekében közös erőfeszítéssel hozták létre a nemzeti hálózatot. A harc tehát a váltóáramos technológia győzelmével, uralkodóvá válásával zárult. A méretgazdaságossági szemlélet mellett egyre általánosabbá vált az az elgondolás is, hogy a villamosenergia-termelés, átvitel és elosztás rendszerét “természetes monopóliumnak” kell tekinteni, hiszen ennek köszönhetően garantálható a legolcsóbb, és leghatékonyabb szolgáltatás⁴⁸. Az első és második világháborút követően az áramellátás terjedésének gyorsítása érdekében az egyes kormányok így olyan törvényeket, szabályozásokat fogadtak el, melyek a központosított energiaellátást óvták a versenytől. A monopol jogokat szerzett vállalatok egyetlen kötelezettsége a megfelelő minőségű és alacsony költségű ellátás garantálása volt.

A második világháborút követően a nemzeti kormányok a hálózatok és ellátási struktúrák újraépítését arra használták fel, hogy az adminisztratív és a technológiai rendszerekben is bevezessenek bizonyos változásokat. Az egyes kormányok egyre inkább feladatuknak tekintették a teljes lakosság számára történő villamosenergia-ellátás biztosítását, és annak

⁴⁷ Insull a villamosenergia-ellátás fix és változó termelési költségeinek meghatározásával arra a felismerésre jutott, hogy minél több ideig működik egy üzem, annál nagyobb a profit, és annál kisebb az egy kW-ra jutó átlagos költség a fogyasztóknál.

⁴⁸ Érdemes megjegyezni, hogy Insull már 1898-ban a villamosenergia-szolgáltatás természetes monopóliumként történő kezelése mellett érvel, véleménye szerint ez teheti lehetővé a tőkeintenzív beruházásokat, a piaci kockázatok kellő szintre csökkentését (Hirsh – Sovacool, 2006).

fejlesztését a gazdasági fejlődés motorjaként tartották számon. A villamosenergia-szolgáltatás közszolgáltatássá vált, melynek biztosítékát a legtöbb ország az ágazat (teljes) államosításában látta. Az állam tehát átvállalta a villamosenergia-ellátás menedzselésének és terjesztésének feladatait (Hart et al, 2000; Unruh, 2000; Harris, 2006). Kivételt képez ez alól az USA, valamint Németország és Japán, ahol a kiépített központosított rendszert továbbra is a magántulajdonban lévő vállalatok dominálták. Európában fokozatosan kezdtek megjelenni a nemzetközi együttműködést, a határkeresztező kereskedelmet támogató fizikai infrastruktúrák, nemzetközi szervezetek, együttműködő rendszerek.

A villamosenergia-ellátás és fogyasztás kapcsán megjelenő technológiai innovációk is az uralkodó rendszert támogatták. A meglévő technológiák méretének és hatékonyságának fejlesztésével, az új termelési technológiák megjelenésével, új gyártási eljárások felfedezésével kapcsolatos innovációk eredményeként, 1900 és 1970 között az erőművek hatásfoka 5%-ról 40% fölé, 1950 és 1960 között az erőművek átlagos mérete 30MW-ról 300MW-ra emelkedett, míg az 1980-as évek végére a legnagyobb transzformátorok teljesítménye 500-szorosra nőtt, fajlagos súlyuk egy nagyságrenddel csökkent, hatásfokuk pedig 99% fölé került (BME, é.n., 3.o.). Bár a földgáz és atomenergia hasznosításra épülő villamosenergia-termelési egységek megjelenése radikális innovációt jelentett a villamosenergia-ellátási lánc bizonyos szintjein, és az atomenergia villamos energia célú hasznosítása egy teljesen új iparág megjelenését is eredményezte, ezen megoldások mind megtalálták helyüket a villamosenergia-ellátás központosított modelljében (Praetorius et al, 2009). A fokozatos innovációknak köszönhetően a termelési költségek is folyamatosan csökkentek, és az egységárak is visszaestek⁴⁹, ami egyúttal a használat további növekedését eredményezte⁵⁰ (BME, é.n., 3. o.). A villamosenergia-rendszer terjeszkedése, és a villamosenergia-fogyasztás növekedése tulajdonképpen kéz a kézben haladt az elektronikai cikkek megjelenésével (melynek gyártásával kezdetben a villamos energia szolgáltatók foglalkoztak). A villamos energia megjelenése ösztönző hatással volt a villanymotorokkal, áramkörökkel üzemelő ipari és háztartási berendezések kifejlesztésére, az újabb és újabb eszközök (pl. porszívó, mosógép, rádió, televízió, számítógép, stb.) megjelenése és terjedése pedig a villamosenergia-fogyasztás gyors növekedését eredményezte.

Az 1960-as és 1970-es években megtorpanni látszó gazdasági növekedés, az energiakereslet növekedésének lassulása sok országban a villamos energia árak emelkedéséhez vezetett. Az 1973-74-es olajválság hatására a fosszilis energiahordozók ára jelentősen nőtt⁵¹, és a válság rávilágított arra, hogy a legtöbb nyugati gazdaság erőteljesen függ a külföldi fosszilis energiahordozók rendelkezésre állásától. Ezzel egyidőben, a fosszilis energiahordozók kimerülésével, a környezeti problémákkal, majd a nukleáris erőművek biztonságával kapcsolatos kérdések előtérbe kerülése, a környezetvédő mozgalmak megjelenése, a nem fosszilis energiahordozókkal kapcsolatos kutatások és

⁴⁹ Míg például az USA-ban 1892-ben a fogyasztók átlagosan 344c\$-t fizettek kilowattóránként, addig 1970-ben 1 kWh áram mindössze 10c\$-be került (BME, é.n., 3. o.).

⁵⁰ 1900 és 1970 között a villamosenergia-fogyasztás évente átlagosan kb. 7-10%-kal emelkedett (BME, é.n., 3. o.)

⁵¹ Az olaj ára 1970-80 között évi átlag 26%-kal, a szén ára évi 16%-kal emelkedett.

fejlesztések támogatását, a környezetvédelmi és biztonsági előírások szigorítását ösztönözte.

Az 1980-as években az újabb olaj és földgáz lelőhelyek számának növekedésével, és így a fosszilis energiahordozók árának csökkenésével a villamosenergia-ellátás környezetvédelmi és ellátás-biztonsági szempontjai átmenetileg veszítettek jelentőségükből, teret engedve a gazdasági hatékonyság előtérbe kerülésének (Hart et al, 2000). Az 1980-1990-es években, más hálózati ágazatokhoz hasonlóan, a villamosenergia-ellátás kapcsán is felmerült a piac liberalizációjának, deregulációjának kérdésköre. A liberalizáció hívei szerint a villamosenergia-ágazat terjedését és a stabil kereslet, technológiai háttér kialakulását támogató monopolpiaci feltételek ideje lejárt, a rendszer alapját képező technológiák, vevőbázis, és az általa betöltött szerep évtizedek óta stabilnak mondható, ráadásul a verseny megjelenése lehetővé teheti a tevékenységek hatékonyságának fokozását, elősegítheti a megfelelő diverzifikáció megjelenését, sőt a villamos energia árak csökkenését is eredményezheti. Az 1990-es évektől a világ valamennyi országában végigsöpört a liberalizációs hullám, a fejlett országokon túl, 1990 és 1997 között 62 fejlődő ország vezetett be bizonyos mértékű magánszektorbeli részvételt a villamos energia ágazatban.

Az 1990-es években az emberi tevékenységhez köthető klímaváltozás problémájának, valamint a fenntartható fejlődés elvének előtérbe kerülése az ellátás-biztonsági, gazdasági, és környezetvédelmi célok szimultán érvényesítésére hívta fel a figyelmet. Az Európai Unió tagállamainak fő energiapolitikai célkitűzésévé a versenyképes, biztonságos és fenntartható energiarendszer, és a közös belső piac kiépítése vált. Az európai piacok liberalizációja a villamosenergia-rendszer valamennyi dimenziójában érezte hatását (ld. később 4. fejezet), a környezetvédelmi és fenntarthatósági szempontok pedig a rendszerrel kapcsolatba hozható problémák felszámolását segítő megoldások kutatását és fejlesztését ösztönözte. Mielőtt ezen kérdések részletesebb vizsgálatával foglalkoznánk, célszerű tisztázni, hogy mit értünk a villamosenergia-rendszer fogalma alatt, illetve, hogy miért is tekinthető a központosított villamosenergia-rendszer technológiai rezsimnek.

3.2. A központosított villamosenergia-rendszer mint technológiai rezsim

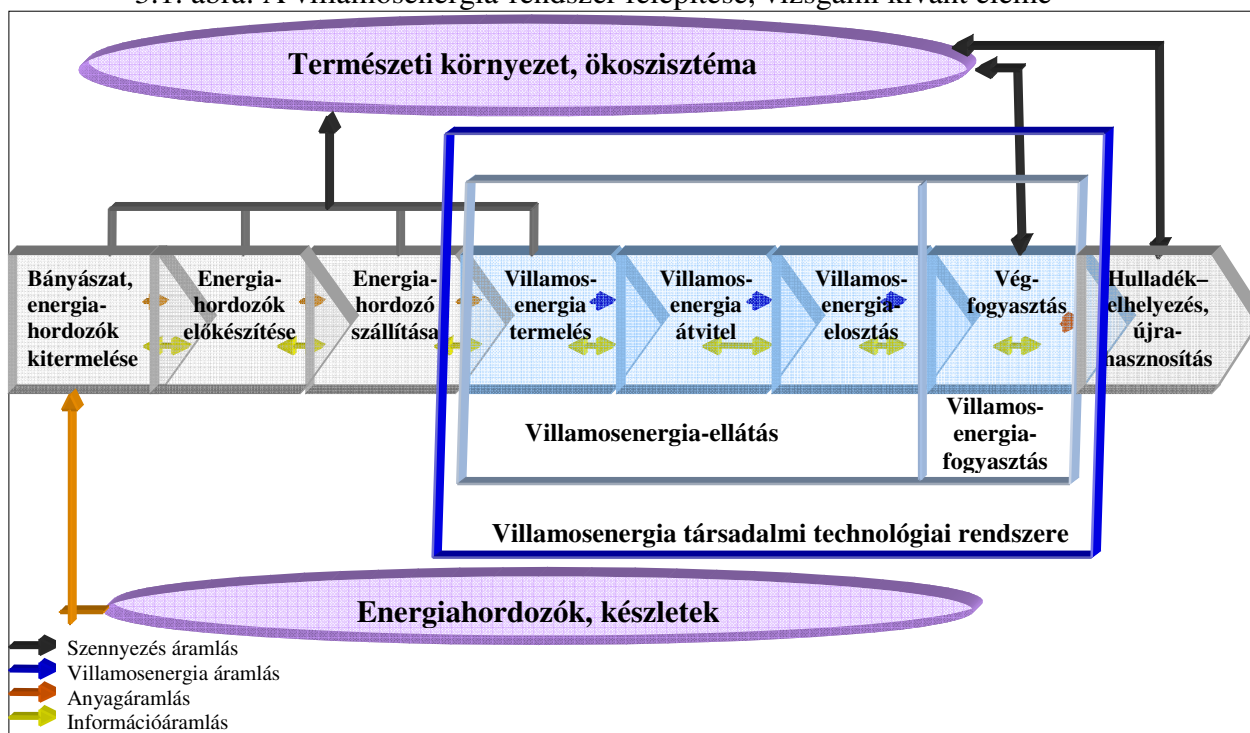
Bár a rendszer fogalmát az általános rendszerelmélet megalkotói és képviselői (pl. von Bertalanffy, 1968; Boulding, 1956 stb.) eltérő definíciókkal írják le, ezek a definíciók azonosak a tekintetben, hogy „*a rendszer valamilyen közös ismérv alapján együvé tartozó elemekből épül fel, melyeket kölcsönös kapcsolatok kötnek össze egymással*” (Daellenbach, 2005, 27. o.). A villamosenergia-rendszer technológiai rezsimként történő értelmezéséhez, vizsgálatához tovább kell lépniünk az egyszerű rendszerfogalmon.

Magée és Weck (2002, 4. o.) különbséget tesznek a rendszerek, a komplex rendszerek, és a műszaki rendszerek között. Meghatározásuk szerint a rendszer egymással interakcióban álló elemek összessége, mely jól definiált céllal, magatartással rendelkezik. A komplex rendszerek ezen túlmenően olyan rendszerek, melyek számos olyan elemből,

kölcsönkapcsolatból, interakcióból épülnek fel, melyeket nehéz leírni, megismerni, megérteni, előre jelezni, tervezni, irányítani és változtatni. A műszaki rendszerek alatt a szerzők olyan technológiai és társadalmi dimenzióval is rendelkező, nagyméretű komplex rendszereket értenek, melyeket az emberek alkottak meg speciális céljaik elérése érdekében. A műszaki rendszerek ezen meghatározása szoros kapcsolatba hozható a társadalmi-technológiai rendszerek fogalmával. A társadalmi-technikai rendszerek elve szerint, amennyiben az emberek egy folyamat vagy rendszer szükséges elemét képezik, a kívánt eredmények, a kitűzött célok elérése a társadalmi és technikai rendszerek működése révén valósítható meg (Emery – Trist, 1960; Geels, 2004). **A villamosenergia-rendszer jó példája lehet a térben kiterjedt, tagolt hierarchiájú, többszörösen egymásba ágyazott műszaki rendszereknek.**

A villamosenergia-rendszeren az általános definíció szerint a műszaki objektumok, berendezések, eszközök jól körülhatárolható, egymással fizikai kölcsönkapcsolatban lévő összessége értendő, értelemszerűen a villamosenergia-ellátás területén (Fazekas, 2006, 26. o.). A villamos energia teljes ellátási lánc az energiahordozók kitermelésétől egészen a végfogyasztásig, valamint a hulladék-elhelyezési és újrahasznosítási szakaszig terjed. **Jelen dolgozatban, ahogyan azt a 3.1. ábra is mutatja, a villamosenergia-rendszer a villamosenergia-termelés, átvitel, elosztás és a villamosenergia-fogyasztás alrendszerit foglalja magában.**

3.1. ábra: A villamosenergia-rendszer felépítése, vizsgálni kívánt elemek



Forrás: Cheng (2005, 49. o.) módosított változata

A központosított villamosenergia-rendszer egyik fő jellemzője, hogy adott területen számos fogyasztó/felhasználó található, az együttműködő erőművek, és a hálózat pedig olyan rendszertechnikai egységet képeznek, melyben a rendszerelemek között szoros kölcsönhatás

van (Fazekas, 2006, 26. o.). A hagyományos villamosenergia-rendszer **termelési, vagy erőművi alrendszere** az általában nagyteljesítményű erőműveket, illetve villamosenergia-termelő objektumok összességét tartalmazza. A villamos energia termelőktől fogyasztók felé történő továbbítását, valamint a villamosenergia-rendszerek közötti kapcsolatot az **átviteli és elosztási hálózatok** biztosítják. A villamos energia átviteli hálózatok együttműködő rendszere több, különböző célú, és feszültségű, hierarchikusan összekapcsolódó rendszerből áll. A feszültségzinteket transzformátorok kötik össze⁵². (Bihari, 1998). A **fogyasztói alrendszer** alatt az egyes fogyasztói berendezések, készülékek hálózatra csatlakoztatását biztosító, a fogyasztó tulajdonában lévő elosztóhálózatot és rendszert értjük. A fogyasztói alrendszer tekintetében érdekes kérdést vett fel a villamos energia áruként, szolgáltatásként való értelmezése. Általában véve a villamos energiát önmagában értékes, speciális közjóságnak tekintjük. Létezik ugyanakkor egy másik, érdekes megközelítés is, miszerint a villamos energia a tárolás megoldatlan volta miatt sem árucikknek (kereskedése csak a termelés adott pillanatában lehetséges), sem energiaforrásnak (a villamosság energiahordozói a töltéshordozók, mivel azokat önállóan nehéz észlelni, a gyakorlatban az áramot tekintik energiahordozónak, ami fizikailag nem szabatos kifejezés (Bihari, 1998, 95. o.) nem tekinthető. A villamosság egy fizikai jelenség, a villamosenergia-ellátás olyan szolgáltatás, mely akkor válik hasznossá, ha azt valamilyen energiatechnológia - pl. motor, számítógép, lámpa, stb. – segítségével hasznos formára alakíthatjuk. Következésképp, ha a villamos energiát különböző technológiák révén használjuk, az adott technológia a villamosenergia-rendszer funkcionális részévé válik (Patterson, 2007, 46. o.). Ugyanakkor, bár szigorú értelemben véve a mindenkori fogyasztási alrendszer a villamosenergia-rendszer szerves részét képezi, azt hagyományosan nem sorolják a villamosenergia-rendszer alrendszerei közé, mivel kiépítésüket, működtetésüket a vállalkozások nem, vagy csak közvetett módon befolyásolhatják (Fazekas, 2006, 839. o.).

Bár a fentiek megadják a vizsgálni kívánt rendszer határait, nem jelenti azt, hogy a vizsgált rendszert zártnak tekintenénk. A villamosenergia-rendszer ugyanis más rendszerekkel is kapcsolatban áll. Emellett érdemes felhívni a figyelmet arra, hogy bár az általam vizsgált rendszeren kívül helyezkednek el az ellátási lánc alapanyag kitermeléssel, előkészítéssel, és szállítással, illetve hulladék-elhelyezéssel és újrahasznosítással kapcsolatos szakaszai, a hosszú távú villamosenergetikai döntések során ezeket a szakaszokat, illetve releváns szempontjaikat is figyelembe kell venni. Ugyanakkor a rendszer végső inputját és outputját is képviselő természeti környezetet, a villamosenergia-rezsim külső határának tekintjük.

A rendszeren belül négyféle áramlást különböztetünk meg egymástól, így beszélhetünk anyag (energiahordozó) áramokról, villamos energia áramlásról, szennyezés-áramlásról, valamint információ-áramlásról. Ahogyan az ábra mutatja a különböző energiahordozókat - szükség esetén a kitermelést, előkészítést és szállítást követően -, illetve az általuk közvetített energiát a villamosenergia-termelési egységekben alakítják át villamos energiává. Az áramot az egyes termelési egységektől a szállító és elosztó hálózatok

⁵² Az egyes feszültségzintek kiválasztása a szállítási távolság, a szállítandó mennyiség, a berendezéselemek ára, valamint az alkalmazott elemek egységessége alapján történik (Bihari, 1998).

juttatják el a fogyasztókhöz. Az energiahordozók kitermelése és átalakítása, a villamos energia termelése, illetve a hulladék-elhelyezés során keletkező szennyező anyagok nem megfelelő ellenőrzés, kezelés esetén a környezetbe kerülhetnek, káros hatást gyakorolva az emberekre, a természeti környezet állapotára. A rendszerben az információáramlás az esetek többségében kétirányú, melynek egyik fő oka a villamos energia tárolás jelenleg meg nem oldott problematikája. A tökéletlen, esetenként hiányos információáramlás a rendszerben jelentős működési és tervezési problémákat okozhat.

Annak ellenére, hogy a villamosenergia-rendszer a 3.1. ábrán alrendszerek lineáris sorozataként került ábrázolásra, az egyes alrendszerek inkább hálózati jellegűek, hiszen minden egyes alrendszer szereplők sokaságát foglalja magában. A **műszaki rendszerek, esetünkben a villamosenergia-rendszer vonatkozásában négyféle komplexitásról is beszélhetünk** (Sussman, 2000). Érvényesül egyfajta *belső komplexitás*, azaz az alrendszerek és a szerelemek száma és típusa sokféle, és köztük különféle interakciók állhatnak fenn. A villamosenergia-rendszerre is érvényes, hogy az érintettek és a politikai döntéshozók véleménykülönbsége a rendszer megfelelő teljesítményszintjének tekintetben, *értékelési komplexitáshoz* vezethet. *Magatartási komplexitásról* is beszélhetünk abban az értelemben, hogy a rendszer interakciói olyan új tulajdonságok megjelenéséhez vezethetnek, melyek megnehezítik, szinte lehetetlenné teszik a rendszer magatartásának előre jelzését. Ez utóbbi szempont a műszaki rendszerekre érvényes *dinamikus komplexitás*⁵³ jelenségét emeli ki. Sussman (2000) szerint ugyanis a magatartási komplexitás azt a jelenséget ragadja meg, miszerint a magatartás rövid, illetve hosszú távon, eltérő módon értékelhető, és az inputokban bekövetkező kisméretű változtatások a magatartás nagy változásait eredményezhetik. Példaként említhetjük a villamosenergia-termelés okozta emissziók hosszú távú egészségre és természeti környezetre gyakorolt hatásait, vagy a villamos energia árak emelkedésének a szolgáltatókra, társadalomra, a teljes gazdaságra, életvitelre gyakorolt hatásait. A rendszerbeli ok-okozati kapcsolatok ezen összetett és késleltetett természetének köszönhetően, nehéz megfogni, értelmezni és irányítani a szereplőket, és a rendszer mechanizmusait. Emellett, a dinamikus komplexitás egy másik fontos tényezője lehet a külső és belső alrendszerekből is eredeztethető bizonytalanság, mely előrejelzési nehézségekhez vezethet. A negyedik, és egyben utolsó komplexitás, mellyel a műszaki rendszerek esetében számolnunk kell, az a beágyazódási komplexitás, azaz a fizikai alrendszerek intézményi szférába való beágyazódása.

A villamosenergia-ellátás és fogyasztás tehát egy olyan technológiai és társadalmi dimenzióval is rendelkező, nagyméretű komplex rendszer, melyet az emberek alkottak meg speciális céljaik elérése érdekében.

A rendszer technológiai komponenseinek tekinthetők az egyes termelési egységek, szállító és elosztó hálózatok, transzformátorok, tárolási technológiák, vagy a rendszer határát képező fogyasztóoldali berendezések. A villamosenergia-rezsim szereplői közé sorolhatók

⁵³ Senge (1998) kijelenti, hogy amennyiben ugyanaz a tevékenység drámaian eltérő hatással jár rövid, illetve hosszú távon, illetve ha egy tevékenység egy bizonyos következménnyel jár egy adott helyen, miközben más következményekkel jár a rendszer egy másik pontján, akkor dinamikus komplexitásról beszélhetünk.

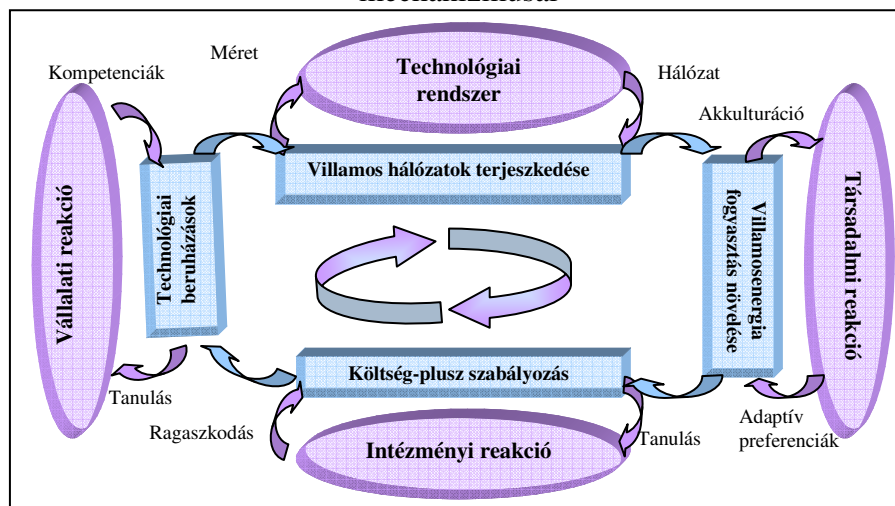
az ellátási oldalon található villamosenergia-termelők, értékesítők és hálózatüzemeltetők, - azok alkalmazottai, illetve hálózatai, - akik szabad piaci feltételek esetén egymással versenyben állnak. Az *ellátási oldal szereplőinek* legfontosabb céljai között a versenyképesség, a szabályozásoknak való megfelelés, a villamos energia iránti kereslet kielégítése, a helyi közösségekkel való kapcsolattartás, a villamos energia hatékony termelési, szállítási és elosztási technológiáinak elérése szerepel. A *keresleti oldalon* található egyrészt az ipari fogyasztók csoportja, akik számára az üzleti versenyképesség ugyanolyan fontos, mint a szolgáltatóknak; másrészt, a háztartások, a kereskedelem, a mezőgazdaság csoportjai, akik minőségi energiatechnológiákat, információkat, és szolgáltatásokat igényelnek. Emellett, a központosított rendszer kapcsolatban áll a különböző berendezégyártókkal, alapanyag-beszállítókkal, helyi közösségekkel, egészségügyi és környezetvédelmi szervezetekkel, kutató és oktatási intézetekkel, és természetesen az állammal is. Az ellátási és fogyasztási rendszer egy olyan *környezetbe ágyazódik be, melyet a különböző intézmények, azaz szabályozások, normák, szokások és a különböző érintetti elvárások, várakozások jellemeznek*. A törvényeken, szabályozásokon túl, a rendszer működését technológiai, szervezeti, működési és társadalmi standardok, normák is vezérlik. Míg a technológiai és működési standardok a technológiai rendszerelemek fizikai kölcsönkapcsolatait, kölcsönös működésüket hivatottak biztosítani, addig az ún. szervezeti standardok a szabályozásokkal együtt fogalmazzák meg az egyes szereplők, szereplői csoportok jogait és kötelelességeit. A rezsimet jellemző társadalmi standardok a rendszer társadalmi beágyazódásának következményei, ezek befolyásolják a fogyasztási szokásokat, a vevői várakozásokat, valamint a rendszer működésével, létével kapcsolatos hiteket, elveket és normákat. *A villamosenergia-rendszer ezen elemei egymással többféle kölcsönkapcsolatban is állnak, mely kapcsolatok bonyolult hálót szőnek*.

A rendszert alkotó legtöbb technológiai komponens egymással fizikai és funkcionális kapcsolatban van, mely kapcsolatok befolyásolják a villamosenergia-rendszer stabilitását, sőt, probléma esetén más technológiai rendszerek működésének ellehetetlenedését is eredményezhetik. A rendszer szereplőit, illetve az egyes szereplők alkotta hálózatokat jogi, gazdasági, és informális kapcsolatok is összeköthetik egymással. A szereplők, szereplői csoportok pedig közös és egyedi célokat is követhetnek. A technológiai elemek és a rezsim szereplői között mind fizikális, mind funkcionális, mind szándékolt kapcsolatok is fennállhatnak. Az egyes műtárgyak – pl. termelési egységek, szállító és elosztó hálózatok, műszaki berendezések - a szereplők, valamint a szereplők alkotta hálózatok számára nyújtanak, bizonyos céljaik elérése érdekében szolgáltatásokat, melyekkel akár fizikai kapcsolatban is lehetnek. A rezsim intézményei pedig regulatív, normatív, és kognitív módon is befolyásolhatják, vezérelhetik az egyes aktorok, csoportok, vagy hálózatok magatartását, nézeteit, elgondolásait, ellátott szerepeit, jogait, kötelelességeit, valamint a különböző műtárgyak piaci elérhetőségét, működési és kapcsolódási feltételeit, miközben egymásra is hatást gyakorolnak.

Unruh (2000), a technológiai és intézményi bezáródás elméleti hátterére építve, kijelenti, hogy *a villamosenergia-rendszer fejlődésének története egyúttal a villamosenergia-*

ellátás és fogyasztás technológiai és intézményi bezáródásának folyamatát is leírja. A villamosenergia-rezsimre jellemző fosszilis techno-intézményi komplexum, azaz az uralkodó rezsim kialakulását azzal magyarázza, hogy az uralkodó terméké váló váltóáramos rendszer, - mely megteremtette a központosított villamosenergia-rendszer kialakításának lehetőségét – olyan politikai, szervezeti, szerkezeti és intézményi aspektusokkal fejlődött együtt, melyek a pozitív visszacsatolások révén idővel olyan állandó ösztönzési keretrendszert hívtak életre, ami erőteljesen befolyásolja a technológiai rendszer stabilitását és fejlődését. Véleménye szerint a villamosenergia-ellátás története során a technológiák és az intézmények együtt, egymást befolyásolva fejlődtek, növekvő alkalmazásuk egymás megerősítéséhez vezetett. Unruh (2000, 826. o.) a villamosenergia-ellátás és fogyasztás rendszerére jellemző techno-intézményi komplexum kialakulását és megerősödését eredményező pozitív visszacsatolási mechanizmusokat a 3.2. ábra segítségével szemlélteti.

3.2. ábra: A villamosenergia-rezsim techno-intézményi komplexumának visszacsatolási mechanizmusai



Forrás: Unruh (2000, 826. o.)

Bár Unruh (2000) hangsúlyozza, hogy a folyamat nem rendelkezik valódi kiindulási ponttal, Unruh a fosszilis alapú techno-intézményi komplexum kialakulásának és megerősödésének folyamatát a termelési kapacitásba történő befektetések állami ösztönzéséből kiindulva magyarázza. Az új termelési kapacitásokba történő beruházási kezdeményezések, - a piacon lévő vállalatok technológiai választásainak köszönhetően, - eredményezhetik ugyanis az uralkodó technológiai rendszer méretének növekedését. A rendszer növekedésével, az alkalmazás növekvő hozadékainak (pl. méretgazdasági és tanulási hatások, hálózati externáliák, stb.) mechanizmusai a költségek csökkenését, a rendszer hozzáférhetőségének és megbízhatóságának javulását okozhatják. Az olcsó villamos energiához való hozzáférés lehetősége, intézményesült logikája pedig a társadalmat (háztartási és ipari fogyasztókat egyaránt) növekvő fogyasztásra, a felhasználó oldali berendezéseket, eszközöket gyártó vállalatokat pedig újabb és újabb technológiák

kifejlesztésére ösztönözheti⁵⁴. A megnövekedett keresletre reagálva, az állam tovább támogatja az új kapacitások kiépítését, mellyel újabb lendületet ad a körfolyamatnak. A pozitív, egymást erősítő visszacsatolások folytatódásának köszönhetően az uralkodó rendszer egyre erősebbé válik, megszilárdítva ezzel a techno-intézményi komplexumot. A rendszert mozgató erők egyre nehezebbé teszik a kialakult fejlődési pálya, technológiai trajektória elhagyását, és az uralkodó minták még a nyilvánvaló negatív jelek (pl. környezetszennyezés, klímaváltozás) ellenére is megőrzik piacaikat, és kísérletet tesznek a szakító technológiai megoldásokat támogató politikák, intézmények, szervezetek helyzetének gyengítésére. Ráadásul, minél nagyobb az adott újítás változási potenciáljának mértéke, annál nagyobb az uralkodó techno-intézményi komplexum ellenállása is.

A techno-intézményi komplexum technológiai oldalról történő fellazítását nehezíti, hogy a villamosenergia-ellátás rendszerét óriási tökeigénnyel bíró infrastruktúra jellemzi. Ezen infrastruktúra élettartama alatt, - megközelítőleg 20-40 év – a beruházások olyan elsüllyedt költségeknek, az amortizáció adóvédelmi hatása révén olyan „bevételeknek” tekinthetők, melyeknek köszönhetően a már piacon lévő vállalatok nem motiváltak a radikális innovációk támogatásában. Ehelyett, mindent megtesznek annak érdekében, hogy megelőzzék az intézményi keretrendszerek változását, és fokozatos innovációk segítségével stabilizálják az uralkodó technológiai trajektóriát. A komplexum intézményi oldaláról kezdeményezett felszámolása sem egyszerű feladat, hiszen a villamosenergia-rendszerben uralkodó techno-intézményi komplexum keretei között tevékenykedő szervezetek, társadalom nem tudja, nem akarja felismerni a változtatás szükségességét: a fogyasztók az uralkodó rendszer feltételeihez igazították tevékenységeiket, életvitelüket, a villamosenergia-ellátás szereplői pedig az uralkodó technológiai és intézményi keretrendszerhez illeszkedő kompetenciáikat fejlesztették ki.

A központosított villamosenergia-rendszer ennek megfelelően nem más, mint egy,- a technológiák, egyének, szereplők, intézmények, valamint a közöttük lévő kapcsolatból felépülő, - olyan technológiai rezsim, melynek célja a villamosenergia-ellátás biztosítása.

A villamosenergia-rendszer fő feladata tehát, hogy a fogyasztók által vételezni kívánt energiamennyiség minden pillanatban rendelkezésre álljon. Ezt azonban a villamosenergia-ellátás és fogyasztás két lényeges, sajátos tulajdonsága nehezíti. Egyrészt, a termelők és a fogyasztók magatartása, valamint az általuk alkalmazott technológiák köre dinamikusan változhat, másrészt, a villamosenergia-tárolási technológiák korlátozott rendelkezésre állása miatt az előállított villamos energia mennyisége meg kell, hogy egyezzen az áram iránti kereslet mennyiségével. A rendszer tehát akkor működik jól, ha a változások nem korlátozzák a fogyasztást, valamint a termelés és fogyasztás egyensúlyát⁵⁵ minden pillanatban fenn lehet tartani. A ***villamosenergia-ellátás biztosításának fő követelményrendszerét*** tehát a rendszer ***megbízhatósága*** (azaz, minimálisra kell szorítani a

⁵⁴ Jó példa lehet erre, hogy míg 1970-ben a brit lakások belső hőmérséklete átlagosan 13,8°C volt, és az elektromos berendezések háztartásonkénti átlagos száma mindössze 17-et tett ki, addig ezen értékek 2004-re 18,2°C-ra, illetve 47 darabra emelkedtek (Martiskainen, 2008)

⁵⁵ Ez az oka annak, hogy a hálózat üzemeltetője és a fogyasztó szerződésükben rögzítik a legnagyobb csatlakozási értéket (Zánády, 2005).

váratlan üzemzavarok előfordulását), az *ellátásminőség* (pl. frekvencia állandósága, hálózatok zavarmentessége) fenntartása, valamint a rendszer *gazdaságos működése* (a villamosenergia-ellátás teljes ellátási láncán belül biztosítani kell, hogy az egyes használóknak okozott többletköltség minimális legyen) alkotják (Zánády, 2005, 5. o.). Ehhez társulnak még az olyan célkitűzések, mint az importfüggőség csökkentésének, az ellátásbiztonság fokozásának szándéka. Ugyanakkor, a villamosenergia-rendszer működését, - más technológiai rendszerekkel együtt, - befolyásolhatják az olyan általános célkitűzések, mint például *a természeti környezet és emberi egészség védelme, vagy a gazdasági és társadalmi fejlődés ösztönzése, vagy akár a fenntartható fejlődés elveinek érvényesítése* is.

A következő fejezetben azt vizsgálom meg, milyen kapcsolat fedezhető fel a fenntartható fejlődés koncepciója és a villamosenergia-rendszer között, hogyan értelmezhetők az EU fenntarthatósági elvei a villamosenergia-rendszer vonatkozásában, illetve, hogy milyen problémák indokolják a központosított-rendszer változtatásának szükségességét. Az EU-s szintű vizsgálat lefolytatását több tényező is indokolja. Egyrészt, az ágazat az Európai Unió piacliberalizáció és fenntarthatóság melletti elkötelezettségének köszönhetően óriási változásokon ment át az elmúlt évtizedekben. Másrészt, az EU ambiciózus célkitűzéseket fogalmazott meg, intézkedések sokaságát foganatosította a megújuló és CHP termelési technológiák hasznosításának növelésére. Harmadrészt, úgy vélem, hogy ez az elemzési szint teszi lehetővé számomra az általánosabb érvényű megállapítások megfogalmazását.

3.3. A villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés koncepciója az Európai Unióban

Az Európai Unióban a környezetvédelem csak az 1972-től, a környezetvédelmi szektort érintő cselekvések szükségességéről szóló Párizsi Nyilatkozattal vált a közösségi politika részévé. Az EU 1973-tól indította el a környezetpolitikai célokat és feladatokat tartalmazó első Környezetvédelmi Akcióprogramját is, mely a lakosság életminőségének, életkörülményeinek és megfelelő környezetének biztosítását tűzte célul maga elé. Bár ezen időszak alatt számos irányelv született a levegő- és vízszennyezés, a hulladékgazdálkodás, a természetvédelem és az emberi egészségvédelem vonatkozásában, a környezetvédelem témakörét csak 1987-es az Egységes Európai Okmány illesztette be az Alapszerződésbe (Kerényi, 2003; Kerekes, 2007). Az Egységes Európai Okmány a környezet állapotának megőrzését, védelmét és fejlesztését; az emberi egészség megőrzéséhez való hozzájárulást; valamint a természeti erőforrások körültekintő és racionális felhasználásának biztosítását tekintette a Közösség legfontosabb környezetvédelmi feladatának. 1992-ben a Közösség a Riói Konferencián az Agenda 21 dokumentum elfogadásával kötelezettséget vállalt a fenntartható fejlődés érvényesítése mellett, melyet a „*Fenntarthatóság felé*” elnevezést viselő 5. Környezetvédelmi Akcióprogram szerkezete és tartalma is tükrözött (Láng, 2003).

Az 1994-ben hatályba lépő Maastrichti Szerződés már új dimenzióba helyezte a környezeti gondoskodás témakörét. A szerződés 2. cikkének értelmében „A Közösség feladata, hogy közös piac, valamint gazdasági és monetáris unió létrehozásával, továbbá a 3. és a 3a. cikkben meghatározott közös politikák, illetve intézkedések végrehajtásával a Közösség egész területén előmozdítsa a gazdasági tevékenységek harmonikus, kiegyensúlyozott fejlődését, a környezetre figyelmet fordító, fenntartható és inflációt nem gerjesztő növekedést, a gazdaság teljesítmények nagyfokú konvergenciáját, a foglalkoztatottság és a szociális védelem magas szintjét, az életszínvonal és életminőség emelését, valamint a tagállamok közötti gazdasági és társadalmi kohéziót és szolidaritást”⁵⁶. A fenntartható fejlődés 1997-ben, az Amszterdami Szerződéssel vált az Európai Unió egyik fő célkitűzésévé. 2000-ben az Európai Tanács célul tűzte ki, hogy az „Európai Uniót 2010-re a világ legversenyképesebb és legdinamikusabb tudásalapú gazdaságává tegye, mely képes a fenntartható gazdasági növekedésre, több és jobb munkalehetőséggel, nagyobb társadalmi kohézióval”⁵⁷. A 2001-es göteborgi csúcson kiegészítették a lisszaboni stratégia gazdasági és társadalmi dimenzióját a környezeti dimenzióval, és kinyilvánították, hogy a fenntartható fejlődés érdekében a különböző uniós politikákat összhangba kell hozni a fenntarthatóság általános célkitűzésével. Elfogadták az Európai Unió fenntartható fejlődés iránti elkötelezettségét alátámasztó, az egész unióra érvényes fenntartható fejlődési stratégiát is.

3.1. táblázat: Az Európai Unió fő fenntartható fejlődési célkitűzései

Célkitűzés	Tevékenység
Környezetvédelem	A föld eltartó-képességének védelme a diverzitás és a természeti erőforrások megőrzése tekintetében, a magas szintű környezetvédelem és a környezet minőségi fejlesztésének támogatásával. Csökkenteni és megelőzni a környezetszennyezést, támogatni kell a fenntartható termelést és fogyasztást, a gazdasági fejlődés és a környezetszennyezés közötti kapcsolat felszámolása érdekében.
Társadalmi egyenlőség és kohézió	A demokratikus, szociálisan koherens, egészséges, biztonságos és igazságos társadalom, az alapvető emberi jogokat és kulturális diverzitást is figyelembe vevő támogatása, mely egyenlő lehetőségeket biztosít, és minden jellegű diszkriminációval szembe száll.
Gazdasági prosperitás	A virágzó, innovatív, tudásintenzív, versenyképes és ökohatékony gazdaság támogatása, mely magas életszínvonalat, teljes és magas minőségű foglalkoztatás biztosít az EU valamennyi tagállamában.
Nemzetközi kötelezettségek teljesítése	A béke, biztonság és szabadság elveire épülő demokratikus intézmények létrehozásának bátorítása és védelme a világ valamely táján. A fenntartható fejlődés világszintű aktív támogatása, és annak biztosítása, hogy az EU bel- és külpolitikái összhangban állnak a globális fenntartható fejlődéssel, és annak nemzetközi követelményrendszerével.

Forrás: Voß – Rath-Nagel - Ellersdorfer (2005, 30. o.)

2005-ben az Európai Tanács ülésén meghatározták a fenntartható fejlődési általános célkitűzéseit (ld. 3.1. táblázat) és a fenntarthatóság fő alapelveit⁵⁸. Ezek a célkitűzések és alapelvek adták a 2006-ban újraalkotott fenntarthatósági stratégia alapját. Az új

⁵⁶ http://www.univie.ac.at/RI/eur/20040401/HU_EC_Treaty_Vienna.pdf

⁵⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:347:0008:01:HU:HTML>

⁵⁸ A vezérelvek közé tartozik: a) alapvető jogok támogatása és védelme, b) generációk közti és generációkon belüli szolidaritás, c) nyitott és demokratikus társadalom, d) állampolgárok bevonása, e) üzleti és társadalmi partnerek bevonása, f) politikai integritás, h) politikai koherencia és kormányzás, i) elérhető legjobb tudás alkalmazása, j) szennyező fizet elv, k) óvatosság elve (Kerényi, 2003, 445.o.).

fenntarthatósági stratégia keretein belül azonosították azokat a kulcsfontosságú területek, melyek a legnagyobb kihívást jelentik a környezetvédelem, a társadalmi egyenlőség és kirekesztettség, a gazdasági prosperitás és a nemzetközi kötelezettségek teljesítése kapcsán. A hét legkritikusabb területként, ennek értelmében a klímaváltozás és tiszta energia, a fenntartható közlekedés, a fenntartható fogyasztás és termelés, a természeti erőforrások megőrzése, a közegészségügy, a társadalmi kirekesztettség, demográfia és migráció, valamint globális szegénység és fenntarthatóság került megnevezésre. A kulcsterületeken történő előrehaladás mérése érdekében kidolgozásra került az Európai Unió Fenntarthatósági Indikátorrendszere, valamint meghatározásra kerültek azok a politikai intézkedések, eszközök, melyek alkalmazása az adott területen történő előrehaladást ösztönözhetik.

Az energiarendszer több szálon is kapcsolódik a fenntartható fejlődés kérdésköréhez, és így a fent bemutatott kritikus területekhez egyaránt. A versenyképes energiaárak, és a jól működő energia-infrastruktúra a gazdasági növekedés és versenyképesség meghatározó eleme, számos alapvető emberi szükséglet kielégítésének előfeltételeit, így a szegénység, az éhezés és a társadalmi kirekesztettség elleni küzdelem alapfeltételét is jelentik. Ugyanakkor, a korlátozottan rendelkezésre álló fosszilis energiahordozók hasznosításának dominanciája, valamint a globális és lokális környezetszennyezéshez való hozzájárulása az energiaszektor ökológiai dimenzióra gyakorolt kedvezőtlen, felszámolandó hatásait tükrözik. A fenntartható energiarendszer követelményeit a 2. melléklet tartalmazza.

Az energiarendszer és a fenntarthatóság kapcsolatát felismerve, az EU 2000-ben megjelent II. Zöld Könyvében jelentette ki, hogy az energiapolitikai stratégiai célok a versenyképesség⁵⁹, az ellátásbiztonság⁶⁰ és a fenntarthatóság⁶¹ hármasság követelményeinek kell, hogy megfeleljenek. Ennek értelmében legfontosabb célként jelenik meg a jelenlegi energia-rendszer átalakítása fenntarthatóbb, az importált üzemanyagoktól kevésbé függő és az energiaforrások – különösen a megújuló energiaforrások –, az energiahordozók és a nem szennyező energiaforrások változatos kombinációján alapuló rendszerré; az energiahatékonyság fokozása, ideértve az energiafelhasználás és -tárolás racionalizálását; az ellátás biztonságával és az éghajlatváltozással összefüggő égető kihívások megválaszolása, és egyúttal az európai iparágak versenyképességének növelése. Az uniós energiapolitika célja tehát az európai gazdaság nagy energiahatékonyságú és kis CO₂-kibocsátással működő energiaágazaton alapuló gazdasággá történő átalakítása. Ehhez

⁵⁹ Fő feladat, hogy az energiapiac megnyitásából a fogyasztóknak és a gazdaság egészének előnye kell, hogy származzék, ösztönözni kell a tiszta energiatermelésbe és az energiahatékonysági fejlesztésekbe történő befektetéseket; mérsékelni kell az emelkedő nemzetközi energiaáraknak az EU gazdaságára és polgárokra gyakorolt hatását, valamint gondoskodni kell arról, hogy Európa továbbra is élen járjon az energiotechnológiai újítások terén.

⁶⁰ Csökkenteni kell az EU energiaimporttól való egyre növekvő függését, a helyben rendelkezésre álló és megújuló versenyképes energia nagyobb mértékű használatának ösztönzésével; egy olyan keretprogram kidolgozását kell támogatni, mely elősegíti az energia iránti növekvő kereslet kielégítéséhez szükséges befektetéseket; javítani kell az EU-n belül a szükséghelyzetek kezelésére való felkészültséget; kedvezőbb feltételeket kell biztosítani a globális erőforrásokhoz hozzáférni kívánó európai vállalatok számára; valamint biztosítani kell a polgárok és vállalkozások energiához történő hozzáférését.

⁶¹ Ösztönözni kell a versenyképes megújuló energiaforrások, és egyéb szénszegény technológiával feldolgozható energiahordozók fejlesztését különös tekintettel az alternatív üzemanyagokra); meg kell fékezni az energia iránti kereslet növekedését; és az EU-nak vezető szerepet kell elérnie az éghajlatváltozás megállítását és a helyi levegőtisztaság javítását célzó globális törekvésekben.

pedig az alacsony károsanyag-kibocsátású energiaforrásokra való áttérés felgyorsítására és a helyben megtermelt, illetve felhasznált energia mennyiségének növelésére van szükség.

Az EU 2009-es Fenntarthatósági Jelentésének értelmében azonban 2007-hez képest nem sikerült jelentős előrelépést tenni a „Klímaváltozás és energia” területén (EC, 2009/a). A Kiotói Egyezményben az EU-15 vállalta, hogy üvegházhatású-gáz kibocsátását 2008 és 2012 között 1990-es szinthez képest 8%-kal csökkenti majd. Ám 1990 és 2008 között az EU-15 ÜHG-kibocsátása közel 7%-kal csökkent, ami így elmarad a vállalásoktól⁶². 2008-ban az üvegházhatású-gázok kibocsátásának 79%-ért az energiaszektor, 10%-ért a mezőgazdaság, és 8%-ért az ipar tehető felelőssé (EC, 2011). Bár 2000 és 2008 között évente átlagosan 1%-kal javult az EU-27 energiaintenzitása, az energia-felhasználás a 2003-as lassulást is figyelembe véve, gyorsabban emelkedett, mint az előző évtizedben. Annak ellenére, hogy a megújuló energiaforrások energia-felhasználásban betöltött részaránya a vizsgált időszak alatt némileg emelkedett, az EU-27 importált energiaforrásoktól való függősége 2000 óta folyamatosan emelkedik, 2008-ra megközelítette az 55%-ot⁶³ (EC, 2009/a, 13. o.). A vizsgált időszak alatt az EU-27 földgáz, kőolaj, és feketeszén-importja 49%, 6% és 17%-kal emelkedett, és az EU-27 orosz energiaimporttól való függése még mindig jelentősnek mondható (EC, 2011)⁶⁴. Az éghajlatváltozás, a behozataltól való növekvő függőség és az egyre magasabb energiaárak miatt egyre nő az uniós tagállamainak egymásra utaltsága, hiszen az egyik ország energiaellátásában bekövetkező zavarok azonnali, közvetlen hatást gyakorolnak a többi tagállamra is. Az egységes fellépés az EU számára egyre sürgetőbb, mivel a közös cselekvés hiánya veszélyezteti a növekedéssel és a munkahelyteremtéssel kapcsolatos lisszaboni stratégia vagy a millenniumi fejlesztési célok elérését.

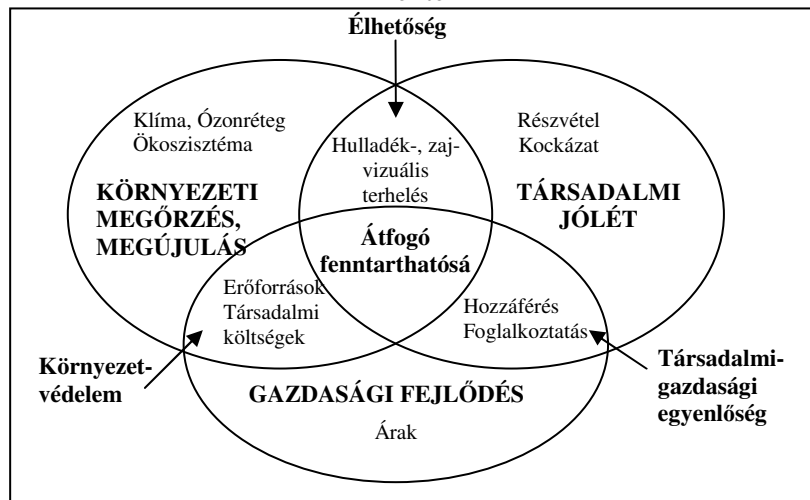
Annak ellenére, hogy az EU az energia-szektorral, - sőt még a közlekedési szektorral – szemben támasztott fenntarthatósági követelményeit explicit módon fogalmazta meg, - az számos ponton kapcsolódik a villamosenergia-ellátás és fogyasztás rendszeréhez, - a villamosenergia-rendszer és a fenntartható fejlődés kapcsolatát tekintve nem találunk egyértelmű iránymutatást. A villamos energia ugyanakkor központi szerepet tölt be az energia-rendszer fenntartható fejlődés felé történő elmozdításában, és ezen szerepét elsősorban infrastruktúrája határozza meg (3.3. ábra).

⁶² A tagországokat tekintve kijelenthető, hogy a legmagasabb szennyezés-növekedést Spanyolország (40%), Portugália (30%), Írország (21%) és Görögország (19%) produkálta, míg a legnagyobb csökkenést Lettország (54%), Észtország (53%), Litvánia (51%), Románia (48%) és Bulgária (45%) érte el.

⁶³ Az Európai Unió az energiaellátás biztonságát a nagyobb kiszámíthatóság és a nagyobb diverzifikáció révén kívánja megvalósítani. Az Európai Bizottság reményei szerint az EU új energiapolitikája „alapjaiban fogja megváltoztatni” az EU jövőbeni lehetőségeit: az energiafelhasználás 2020-ra akár 15%-kal csökkenhet, az energiabehozatal akár 26%-kal mérséklődhet (ld. COM(2008) 781 végleges, 2008.11.13.)

⁶⁴ 2000 és 2008 között 12%-kal nőtt az Oroszországból importált földgáz mennyisége, habár az ellátás-diverzifikációs intézkedések révén az orosz import részaránya 50%-ról 38%-ra esett vissza. A kőolaj- és a szénimport vonatkozásában is kijelenthető, hogy az EU-27 elsődleges partnerének Oroszország számít (EC, 2011). Dánia volt az egyetlen tagállam, mely 2008-ban negatív energia-függőségi rátát tudott felmutatni, míg 1998-2008 alatt az energia-függőségi ráta legnagyobb növekedését Lengyelország (8,3%-ról 30,4%-ra), legnagyobb visszaesését Észtország (35,6%-ról 23,8%-ra) produkálta.

3.3. ábra: A villamosenergia-ellátás és fogyasztás hatásai a fenntartható fejlődés dimenziói mentén



Forrás: saját szerkesztés

Bonser (2002) szerint a villamosenergia-rendszerrel szemben támasztott fenntarthatósági követelmény, hogy képes legyen mindenki számára, elfogadható áron, elegendő, tiszta, biztonságos és megbízható villamosenergia-ellátást garantálni (Alanne-Saari, 2006, 550. o.).

Jelen dolgozatban úgy határozzuk meg a fenntartható villamosenergia-rendszert, mint egy, a vevői igényeket kielégítő, költséghatékony, megbízható, környezetbarát energiarendszert, mely hatékonyan hasznosítja a helyi erőforrásokat és hálózatokat, illetve rugalmas az új technológiai, gazdasági, és politikai megoldások tekintetében, azaz aktívan támogatja az új megoldások bevezetését.

Mindezt alapul véve, a gazdasági, környezeti és társadalmi szempontból fenntartható villamosenergia-rendszer az alábbi feltételeknek kell, hogy eleget tegyen:

1. Alacsony környezetterhelés (pl. légszennyezés, talajszennyezés, vízszennyezés)
2. Természeti erőforrások használatának minimalizálása (pl. elsődleges energiahordozók, területigény, vízigény, alapanyagok, energia)
3. Támogatja a környezetbarát megoldásokat (pl. megújuló energiahordozókra épülő technológiák)
4. Támogatja a piacok fejlesztését, versenyképességét
5. Támogatja a piaci koncentráció fellazulását, segíti a piacra lépést
6. Energiaárak fluktuációjának, tovagyrűző hatásainak minimalizálása
7. Ellátási költségek minimalizálása
8. Ellátásbiztonság támogatása (importfüggőség minimalizálása)
9. Energiaminőség támogatása
10. Energiahatékonyság támogatása
11. Életminőség javítása
12. Emberi egészségre gyakorolt ártalmas hatások minimalizálása
13. Egyenlőség
14. Helyi igények, érdekek érvényesítési lehetőségének megteremtése
15. Társadalom széles rétegeinek bevonása a döntéshozatalba.

A központosított villamosenergia-rendszer azonban sok szempontból inkonzisztens a fenntarthatósági dimenziókkal. A világ energiafogyasztásának ma közel 90%-a fosszilis energiaforrásokból származik, a villamosenergia-termelés felelős az elsődleges energiafelhasználás 37%-ért, és számos korlátozottan rendelkezésre álló nyersanyag, és alapanyag (pl. réz, alumínium, stb.) felhasználásáért. Ráadásul, az energiahordozók földrajzi eloszlásuk egyenlőtlensége miatt erős importfüggőséget teremthetnek azon régiókban, területeken, országokban, melyek készletei nem elegendők a helyi igények kielégítésére, így veszélyeztetik az adott terület energiaellátásának biztonságát. Az EU-27 villamosenergia-termelési kapacitása 2000 és 2008 között évente átlagosan 1,86%-kal emelkedett, és a hagyományos fosszilis erőművek 57,6%-os részesedésükkel megőrizték domináns szerepüket. 2000-2008 között az EU-27 villamosenergia-termelése 3209TWh-ról 3351TWh-ra nőtt, melyből a megújuló energiahordozók mindössze 16,7%-kal részesültek. Az elmúlt évtizedben az EU-27 nettó villamosenergia-importja jelentős fluktuációt mutatott⁶⁵. A probléma nem csupán az, hogy a fosszilis energiahordozók korlátozottan állnak rendelkezésre, hanem, hogy elégetésük során nagymennyiségű szén-dioxid, szén-monoxid, korom, kén, por, stb. keletkezik és jut a légkörbe. A rendszerrel kapcsolatos globális, regionális és lokális környezetterhelés elsődleges forrását a villamosenergia-termelés jelenti, ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk az egyes termelési technológiák ellátási láncához köthető teljes életciklus alatti szennyezésről. Az EU-27 ÜHG-kibocsátásának mintegy 32%-áért a villamos- és hőenergia termelés tehető felelőssé. Míg a villamosenergia-szektorának CO₂-kibocsátása 2000-2007 között abszolút értelemben növekedett, a teljes villamosenergia-termelés növekedésével a fajlagos CO₂-kibocsátás 400g/kWh körül stabilizálódott. 1997 és 2006 között az EU-27 nitrogén-oxidok kibocsátás 21%-kal, a szén-monoxid kibocsátás 40,7%-kal, a kén-dioxid kibocsátás 45,2%-kal csökkent⁶⁶. A villamosenergia-szektor SO₂-kibocsátása az 1980-as évek óta drámaian, 16Mt-ról 2007-re 4,1 Mt-ra csökkent, bár 2006 és 2007 konstans maradt (Eurelectric, 2009/a). Kisebb mértékű csökkenés figyelhető meg a NO_x-kibocsátás vonatkozásában, mely 2000-es mintegy 2Mt-ról 2007-re 1,6 Mt-ra esett vissza (Eurelectric, 2009/a; EC, 2011). Mindezen kibocsátások, a fejlődés ellenére, hozzájárulnak a földi légkör átlaghőmérsékletének növekedéséhez, az üvegházhatáshoz, az elsavasodáshoz, nitrátosodáshoz, az ózonlyukak kialakulásához, befolyásolják az ökoszisztéma integritását, a biológiai diverzitást, közvetett és közvetlen módon hatnak az emberek jólétére és egészségére. A hagyományos villamosenergia-rendszer nagymértékben függ a fosszilis energiahordozók használatától, és a villamos energia átviteli és elosztó hálózatokon történő továbbításától. Így a központosított rendszer hátrányának tekinthető a rendszer rugalmatlansága és a fogyasztóktól való nagy távolsága is. Bár ez utóbbi sok esetben indokoltnak tekinthető (ld. atomerőművek), az értékeléskor azt is számításba kell venni, hogy a hagyományos hálózatokban az energiaellátásban jelentkező hibák közel 95%-a a villamos energia átvitele és disztribúciója során következik be, és az átviteli veszteség

⁶⁵ 2008-ban a nettó import 16488 GWh-ot tett ki, a legnagyobb nettó importőrnek a tagállamok közül Olaszország és Hollandia, a legnagyobb nettó exportőrnek pedig Franciaország számított (EC, 2011).

⁶⁶ Kivételt képez a szén-monoxid kibocsátás terén Románia és Finnország; a metán-kibocsátás terén Spanyolország és Portugália; a kén-oxid kibocsátás vonatkozásában Görögország és Románia; valamint a nitrogén-oxid kibocsátása terén Bulgária, Görögország, Spanyolország, Litvánia és Ausztria (EC, 2011).

elérheti a szolgáltatott energia akár 10%-át is. A veszteség, valamint a hibák miatti leállások nemcsak anyagi kárt, hanem környezetszennyezést is vonnak maguk után.

A környezeti hatásokon túl, a villamosenergia-termelés és -fogyasztás ágazati trendjei befolyásolják és visszatükrözik a teljes gazdaság és a népesség növekedésének trendjeit (a villamosenergia-keresletének növekedése a népesség és a GDP alakulását követi), valamint az energaintenzitás és energiahatékonyság alakulását is. A villamos energia - mint termelési tényező, - árának alakulása befolyásolja a gazdasági szereplők versenyképességét, a lakosság jövedelmi helyzetét. A fosszilis energiahordozók árához képest, a villamosenergia-árak az EU-n belül meglehetősen eltérő képet mutatnak, mértékét befolyásolják a primerenergia-hordozók árai, bizonyos mértékben a CO₂-kibocsátási bizonyítványok árai, valamint az alkalmazott adókulcsok. Az EU-27-ben 2007 és 2008 között a háztartások által fizetendő ár átlagosan 9,6%-kal, a nagyfogyasztói árak átlagosan 13,8%-kal emelkedtek⁶⁷. Ráadásul 2008. második felében a legdrágább tagállamban a háztartásoknak közel 3,5-szer többet kellett fizetni a villamos energia egységi mennyiségéért, mint a legolcsóbb tagállamban (Dánia: 0,28€/kWh, Bulgária: 0,08€/kWh) (EC, 2011). A villamos energia emellett kulcsfontosságú a fenntartható fejlődés társadalmi célkitűzéseinek elérése terén is, hiszen a villamosenergia-szolgáltatáshoz való hozzáférés hozzájárul például más szolgáltatások, tevékenységek (pl. egészségügy, oktatás, ipar, mezőgazdaság) fejlesztéséhez, új munkahelyek teremtéséhez, így a társadalmi jólét és életminőség javulásához. Két milliárd ember azonban még mindig rendelkezik villamosenergia-hozzáféréssel, miközben a villamosenergia-szolgáltatással bírók között is óriási egyenlőtlenség tapasztalható⁶⁸.

A klímaváltozás elleni küzdelemben, a fenntarthatósági célkitűzések elérésében az EU megítélése szerint nagy hatékonyságú és kis CO₂-kibocsátású technológiák elterjedésére van szükség, melyben kulcsszerephez jut az energiahatékonyság és a megújuló energiaforrások kiaknázása, a villamosenergia-hálózatoknak pedig egy olyan integrált európai piacot kell kiszolgálniuk, amelyen több kisebb, megújuló forrásokból előállított energiát értékesítő szolgáltató lesz jelen (EC, 2010). Ugyanakkor ahogyan az a fentiekből látható, az Európai Unió nem határozza meg kellő pontossággal, mit is kell érteni fenntartható villamosenergia-rendszer fogalma alatt, és az ennek elérését segítő megoldások, technológiák tekintetében is viszonylag nyitott politikát folytat. Az sem világos, mi lesz a sorsa a központosított villamosenergia-rendszernek: vajon a fokozatos, megtartó innovációk, a rendszer kiigazítása révén végül megoldhatók a villamosenergia-ellátással összefüggésbe hozható problémák, vagy a központosított paradigma újragondolására, drasztikus változtatására, esetleg végleges elhagyására lesz-e szükségünk. A következő alfejezetben bemutatásra kerülnek azok a fő technológiai innovációs lehetőségek, melyek a központosított villamosenergia-rendszer fenntarthatósági problematikájának felszámolását segíthetik.

⁶⁷ Kivéve pl. Lengyelországot (-6,2%), Romániát (-3,3%), Luxemburgot és Portugáliát (-2,2%), ahol a háztartási árak csökkenését lehetett tapasztalni.

⁶⁸ A világ népességének 75%-át adó fejlődő országok csupán 25%-ban részesülnek a globális villamosenergia-felhasználásból.

3.4. Az elosztott termelési technológiák mint a központosított villamosenergia-rendszer fenntarthatósági problematikájának szakító megoldásai

Az Európai Unió energia- és fenntarthatósági stratégiáját, valamint a nemzetközi szakirodalmat tekintve, technológiai oldalról nézve, a villamosenergia-rendszer „fenntarthatóbb pályára” történő állításának három lehetséges, egymást nem kizáró modelljét különböztethetjük meg egymástól.

Az **első lehetőség** az olyan környezetbarát innovációk támogatása, melyek a már meglévő folyamatok, rezsímdimenziók változatlanága mellett, általában pótlólagos technológiákat alkalmazva teszik lehetővé a problémák kezelését. Ezen, **ún. csővégi megoldások** esetén valóban csak a tünetek kezelése oldható meg, miközben a problémák gyökerei érintetlenül maradnak. A villamosenergia-rendszer vonatkozásában a csővégi megoldások között említhetjük példaként az atmoszferikus CO₂-megfogást lehetővé tevő ún. légszűrési egységeket, illetve a központosított termelési egységeknél elhelyezett CO₂-megfogás és tárolás technológiáit (Unruh – Carrillo-Hermosilla, 2004). A jelenleg tervezés, tesztelés alatt álló, leginkább a szélmalmokhoz hasonló, alkáli anyagok segítségével működő ún. légszűrési rendszerek moduláris szerkezetüknek köszönhetően bárhol elhelyezhetők, valamint a centralizált és mobil szennyezés megfogására is képesek lehetnek (Turkenburgh – Hendriks, 1999; Unruh, 2002). A meglévő központosított termelési egységek pótlólagos CO₂-megfogási és tárolási technológiákkal történő felszerelése is csupán demonstrációs fázisban van. Mindkét technológiai megoldásra igaz ugyanakkor, hogy bár várható költségeik, környezeti hatásai pontosan nem ismertek, piacra lépésük, terjedésük várhatóan nem ütközik majd komoly piaci, társadalmi, intézményi korlátokba, hiszen egyrészt a domináns részesedéssel bíró vállalatok érdekeltek ezen technológiák fejlesztésében (csökkenthető általuk az ÜHG- kibocsátás), másrészt jól illeszkednek a meglévő technológiai infrastruktúrához, vállalati kompetenciákhoz.

A **második lehetőség az ún. megtartó innovációk alkalmazása**, melyek az uralkodó villamosenergia-rezsim jelentős részét, folyamatait változatlanul hagyva, csupán néhány komponens változtatása – termelési és/vagy fogyasztási oldalon – révén kínálnak megoldást a villamosenergia-ellátással és fogyasztással kapcsolatba hozható környezeti problémák kezelésére. Ezen innovációk közé sorolható többek között a CO₂-megfogási és tárolási technológiákkal eleve felszerelt, nagyteljesítményű (CCR) erőművek; a fogyasztó oldali energia-megtakarítási megoldások; vagy a megújuló energiahordozókra épülő erőművek alkalmazása. Ezek közül az utóbbi két megoldás érdemel külön figyelmet. A megújuló energiatechnológiák alkalmazásának növelése, valamint az energiahatékonyság fokozása számos ország energiapolitikai célkitűzéseiben jelenik meg.

Míg a villamosenergia-rendszer kialakulásának kezdeti időszakában az **energiahatékonyság** fokozása a teljes decentralizált rendszert birtokló szolgáltató vállalatok számára is fontos ösztönző tényező volt, addig a villamosenergia-rendszer

központosításával, a mérőberendezések alkalmazásával, a különböző hasznosítási lehetőségek megjelenésével, valamint az elektronikus eszközök, berendezések számának növekedésével a villamos energia biztosítása önálló szolgáltatássá vált, az energiahatékonyság fogyasztói oldalon való ösztönzése veszített jelentőségéből, sőt sok esetben ellentétes a villamosenergia-szektor vállalatainak pénzügyi célkitűzéseivel.

A **megújuló energiahordozók hasznosítása** jelentős nehézséget jelent a központosított villamosenergia-rendszer számára. A megújuló energia technológiák, a nagy vízerőművek és a nagy szél erőmű parkok kivételével, mind a kisteljesítményű technológiák közé sorolhatók, kapacitásuk a háztartási villamosenergia-igények kielégítésétől, a kisebb közösségek, falvak, városok keresletének kielégítéséig terjedhet. Emellett, a megújuló energiatermelési technológiák szakaszos termelési képességük miatt úgy tűnik nem kompatibilisek a központosított villamosenergia-rendszer hagyományos működési elveivel. Ráadásul, a megújuló energiahordozókra épülő technológiákat a villamosenergia-rendszeren kívül elhelyezkedő szervezetek fejlesztették ki, és azok szolgáltatók általi átvétele nem növekszik olyan mértékben, mint ahogyan azt például az EU energiapolitikájában megcélozták. A megújuló energiotechnológiák és energiahatékonysági intézkedések tendenciái, a globális energiarendszer jelenlegi fejlődési üteme is azt mutatja, hogy mindkét folyamat túl lassú ahhoz, hogy a fenntarthatóság irányába való elmozdulást ösztönözze.

Míg tehát a csővégi megoldások, az ún. CCR erőművek (Unruh – Carrillo-Hermosilla, 2004), valamint az energiahatékonyság javítását szolgáló technológiák általában véve olyan fokozatos innovációknak tekinthetők, melyek hozzájárulhatnak a meglévő technológiai trajektória erősödéséhez, és a kialakult rendszer elsősorban környezeti problémáinak megoldását támogatják, a megújuló energiahordozókra épülő villamosenergia-termelési technológiák a harmadik lehetőség, az általam vizsgált radikális, szakító innovációk területére is átvezetnek.

A **harmadik lehetőséget**, a teljes villamosenergia-rezsim megváltoztatását eredményező, **ún. fenntartható rendszerinnovációk ösztönzése** képezi. A rendszer teljes megváltoztatását ugyanis olyan szakító jellegű innovációk segíthetik, melyek a teljes társadalmi-technológiai rendszer struktúráját megváltoztatják, nemcsak az ellátási, vagy kínálati, hanem a keresleti, azaz felhasználó oldali változásokat is előidéznek. A centralizált villamosenergia-rendszer alternatívájaként, a szakító innováció példájaként számos szakirodalom (pl. Meyers – Hu, 2001; Unruh, 2002; Mulder, 2007; Kemp, 2008) említi meg **az elosztott termelési egységekre épülő decentralizált villamosenergia-rendszert**. A kisteljesítményű decentralizált, vagy **elosztott villamosenergia-termelési egységek** fogalmának meghatározását az elmúlt években több szerző és szervezet is megkísérelte, mégsem létezik egységes értelmezés az elosztott energiaforrások tartalmi, illetve teljesítménybeli jellemzőinek tekintetében, sőt ezek a definíciók sok esetben ellentmondásosak. Ackermann és szerzőtársai (2001) szerint az elosztott energiaforrások egységes meghatározásához ugyanis elemezni kell: 1) a rendszer célját; 2) elhelyezkedését; 3) kapacitásának mértékét; 4) kiszolgált terület nagyságát; 5) alkalmazott technológiát; 6) környezeti hatást; 7) tulajdonviszonyt; 8) piacra lépés módját;

valamint a 9) működés jellegét. Ezen jellemzők kapcsán meg kell jegyeznünk, hogy az általános, szűkebb értelmű megfogalmazásba nem lehet minden aspektust beépíteni. Az elhelyezkedés tekintetében nehézséget okozhat a szállító, és elosztó hálózatok megkülönböztetése, a maximális hálózatra köthető kapacitás mértéke az adott elosztási rendszer technológiai jellemzőitől függ, a környezeti hatások általános megállapításához bonyolult környezeti hatásvizsgálatra van szükség, a kiszolgált terület mértékének általános értelemben vett korlátozása az elosztási hálózat energiaáramlásának komplex elemzését igényelné, a működés módjának, a tulajdonviszonyoknak, és a piacra lépés módjának általánosítását az országonkénti, régiókénti eltérő szabályozások nehezítik. Mielőtt a dolgozatban követni kívánt definíció meghatározásra rátérnénk, nézzünk meg néhány, sokat idézett megfogalmazást.

Pfeifenberger és szerzőtársai (1997, 2. o.) szerint az elosztott energiaforrások alatt az „50kW-10MW kapacitással bíró kisteljesítményű villamosenergia-termelő egységeket, valamint az energiatárolási és terhelés-irányítási módszereket értjük”.

Ackermann et al (1999, 237. o.) szerint „az osztott termelés nem más, mint az elosztó hálózatra kötött, vagy a fogyasztói oldalon található villamosenergia-forrás”. A szerzők az erőművek kapacitásától függően javasolják az elosztott termelés négy típusának megkülönböztetését:

- Mikro: 1W<5kW
- Kicsi: 5kW<5MW
- Közepes: 5MW<50MW
- Nagy: 50MW<100MW

Willis és Scott (2000, 1.o.) az elosztott termelést úgy jellemzik, mely „felöleli az összes, kisteljesítményű villamosenergia-termelési módot, legyen az a szolgáltatói hálózatra kötve, a fogyasztóknál, vagy a villamos hálózatra nem kapcsolt, elszigetelt területeken.” A szerzők a hálózati rendszertől független, elszigetelt területek, és a fogyasztói oldalon található termelő egységekre a „tagolt termelés” (*dispersed generation*) kifejezést alkalmazzák, melyek kapacitása 10-250kW, illetve 15kW-10MW tartományban mozoghat.

Borbély és Kreider (2001, 2. o.) szerint az elosztott energiatermelés úgy definiálható, mint „a 10MW villamos kapacitásnál kisebb, villamosenergia-termelési technológiák, melyeket az általuk kiszolgált fogyasztóknál, vagy azok közelében helyeznek el”.

Az International Energy Agency (IEA) (2002, 19-20. o.) több meghatározást is alkalmaz, melyek az alábbiak szerint foglalhatók össze.

- „Az elosztott termelés olyan, adott helyi fogyasztói igényeket kielégítő termelő egységeket jelent, melyek támogatják az elosztó hálózatot, és a szolgáltató hálózatra elosztási szintű feszültségen kapcsolódnak.” (kivéve a szélenergia hasznosítást).
- „A tagolt termelés fogalma magában foglalja az elosztott termelést, a szélenergia hasznosítást és egyéb más termelő egységeket, melyek az elosztó hálózatra, vagy egy független villamosenergia-szolgáltató hálózatra csatlakoznak.”
- „Az osztott energia az elosztott termelést, és a villamosenergia-tárolási módszereit jelenti.”
- „Az elosztott energiaforrások az elosztott termelés és a kereslet oldali szabályozás módszereinek leírására alkalmazható.”

- „A decentralizált energia fogalma alatt az elosztó hálózatra csatlakoztatott elosztott energiaforrásokat értjük”.

Az International Council on Large Electricity System (CIGRE) meghatározása szerint az elosztott termelés magában foglalja az összes, maximum 50-100MW kapacitással rendelkező villamosenergia-termelő egységeket, melyeket általában véve az elosztó hálózatra kötnek, és amelyek nem állnak központi irányítás alatt. A definíció második részének értelmében az osztott termelő egységek a szállító hálózat működtetőjének irányításán felül állnak. Így, a szállító hálózat működtetője által, a hálózati kiterjesztésének elkerülése érdekében létrehozott termelő egységek, nem tartoznak az osztott termelés definíciója alá. (CIRED, 1998)

Az Európai Bizottság (EC, 2001, 4. o.) az elosztott termelésre az alábbi definíciót alkalmazza: „Az elosztott termelés úgy határozható meg, mint a kisteljesítményű, moduláris villamosenergia-termelő források integrált, vagy sziget elvű alkalmazása a hálózati fogyasztók, a szolgáltatók, magánszemélyek, illetve harmadik fél által, mely előnyt biztosít a villamosenergia-rendszer, a végfogyasztók, illetve mindkét fél számára.”

Jelen dolgozatban az Európai Bizottság fent olvasható meghatározását vesszem alapul, melynek értelmében, **az elosztott termelési egységek azokat a 100MW-nál kisebb teljesítményű, moduláris, a fogyasztási csomópontokhoz közel elhelyezett villamosenergia-termelési egységeket⁶⁹ foglalja magában, melyek a villamosenergia-hálózatra csatlakoztatva, önellátó rendszerben, vagy szigetelven is működtethetők, a hálózati fogyasztók, a szolgáltatók, magánszemélyek, illetve egyéb piaci szereplők által. Az elosztott termelési technológiák közé a kisteljesítményű, megújuló energiahordozókat (napenergia, szélenergia, geotermikus energia, vízenergia, biomassza) hasznosító villamosenergia-termelési technológiákat, valamint a fosszilis, vagy megújuló energiahordozókra épülő kisteljesítményű kapcsolt (hő és villamosenergia-ellátására egyaránt képes) termelési egységeket (mikroturbinás, tüzelőanyag-cellás, külső-belső égésű motorokra illetve kondenzátor és ellennyomásos turbinákra épülő kogenerációs erőművek) sorolhatjuk.**

Az elosztott termelési egységek radikális, szakító innovációként történő besorolása némi magyarázatot igényel. Az energia rendszerben, és így a villamosenergia-rendszerben is már több alkalommal lehettünk tanúi a különböző energiahordozók, és a hozzájuk kapcsolódó termelési technológiák használatához köthető technológiai változásnak. Amennyiben elfogadjuk és felhasználjuk a Markard és Truffer (2006) által, a technológiák radikalitásának vizsgálatára kidolgozott, ún. ellátási lánc alapú vizsgálati keretrendszerét, **magyarázatot adhatunk az elosztott termelési egységek alkalmazásának, hatásainak korábbiaktól eltérő, radikális természetére.**

Markard és Truffer (2006, 612. o.) megközelítése szerint a különböző innovációk radikális jellege az ellátási lánc mentén (vertikális újítás mértéke), illetve az egyes ellátási szinteken belül (horizontális újítás mértéke) is jelentős eltéréseket mutathat, így az egyes villamosenergia-termelési technológiák megítélése ezen dimenziók együttes vizsgálatá

⁶⁹ A dolgozatban az elosztott és decentralizált termelési egység megnevezések egymás szinonimáinak tekinthetők.

révén végezhető el. Az 3.2. táblázat a földgáz alapú, az atomenergiára épülő, valamint az elosztott villamosenergia-termelési egységek megjelenésének és terjedésének, a teljes villamosenergia-ellátási láncra, illetve annak szintjeire gyakorolt valós és vélt hatásait összegzi. Jegyezzük meg, hogy minél sötétebb az adott cella, annál radikálisabb újításról beszélhetünk az adott ellátási szint vonatkozásában.

3.2. táblázat: A különböző villamosenergia-termelési technológiák bevezetésének és terjedésének (várható) hatásai a villamosenergia-rendszer ellátási láncára

	A földgáz hasznosítási konvencionális technológiák megjelenése	Atomenergia hasznosítási rendszerek megjelenése	Elosztott termelési egységek	
			Megújuló energiahordozókra épülő technológiák	CHP technológiák
Villamosenergia-fogyasztás	Nincs változás	Nincs változás	Termelési tevékenység folytatásának lehetősége, hő és villamosenergia-hasznosítás lehetősége	
Villamosenergia-értékesítés	Nincs változás	Nincs változás	Zöld marketing lehetősége	Hőhasznosítás lehetősége, biomassa/hidrogén alapú CHP esetén zöld marketing
Villamosenergia-szállítás és elosztás	Nincs változás	Nincs változás	Decentralizált ellátás, Új ellátási struktúrák lehetősége	
Villamosenergia-termelés	Új termelési technológiák	Új termelési technológiák, biztonsági előírások, hulladékkezelés megjelenése	Új termelési technológiák, szakaszos termelés	
Energiahordozók szállítása	Új szállító hálózatok kiépülése	Új szállítási módok, újfajta biztonsági követelmények	Nincs szükség energiahordozó szállításra, illetve biomassa ellátási láncok kiépülése	Földgáz ellátás erősödése, hidrogén ágazat megjelenése (tüzelőanyag-cellák esetén), biomassa ellátási láncok kiépülése
Energiahordozók kitermelése	Új energiahordozó, új kitermelési technológia	Új energiahordozó, új kitermelési technológia	Fosszilis energiahordozók és atomenergia kiváltás lehetősége	Fosszilis energiahordozók és atomenergia kiváltás lehetősége

Forrás: saját szerkesztés, Markard - Truffer (2006, 613. o.) módosított változata

Ahogy az a táblázatból is látható, a földgáz alapú, nagyteljesítményű villamosenergia-termelési technológiák megjelenése és terjedése elsősorban az új energiahordozó kitermelése és szállítása terén jelentett radikális újítást a villamosenergia-ellátási lánc vonatkozásában, miközben érintetlenül hagyta a szén hasznosításával kapcsolatosan kialakult központosított villamosenergia-rendszerre jellemző hálózati és értékesítési tevékenységeket. *Így a hagyományos földgáz égetéses rendszerek megjelenése és terjedése a központosított villamosenergia-rendszer mérsékelten szakító innovációjának tekinthető.*

Az atomenergia villamos energia célú hasznosítása elsősorban állami kezdeményezésre jelent meg és terjedt a világ legtöbb táján. Annak ellenére, hogy kezdetben a nukleáris

termelési egységek alkalmazása a szolgáltatók ellenérzését is kiváltotta, - hiszen a hasznosítás ezidáig ismeretlen technológiája, az energiahordozónak köszönhető speciális előírások, eljárások kidolgozása és elsajátítása a termelési gyakorlat radikális változtatását, új képességek és kompetenciák kifejlesztését igényelte, nem is beszélve a magas tőkeigényről, - az állami támogatások elérhetősége, valamint a villamosenergia-ellátás további szintjeihez való illeszkedése, az ellenállás többé-kevésbé lassú feloldásához vezetett. Sőt, bár a társadalmi ellenállás, a különböző nukleáris balesetek, az atomenergia szerepének (némi) visszaesését eredményezték, a fosszilis villamosenergia-termeléssel összefüggésbe hozható környezetvédelmi problémák (üvegházhatású gáz kibocsátás) elleni küzdelem egyik domináns szereplőjévé válhat (mi sem bizonyíthatná ezt jobban, mint a domináns piaci részesedéssel bíró villamosenergia-szolgáltatók ezirányú beruházási tevékenysége, vagy az EU által biztosított óriási mértékű kutatási és fejlesztési támogatás). Mindezt alapul véve, bátran kijelenthető, hogy ***az atomenergia hasznosításának technológiai olyan radikális innovációknak tekinthetők, melyek közepes vertikális, és magas horizontális újítási mértékkel jellemezhetők.***

Az **elosztott termelési technológiák** csoportjába tartozó kisteljesítményű kogenerációs és megújuló alapú villamosenergia-termelési erőművek ezzel szemben a teljes villamosenergia-ellátási lánc mentén, és valamennyi szintjén éreztetik újító hatásaikat. Míg a megújuló technológiák lehetőséget teremtenek a fosszilis és nukleáris energiahordozók, illetve az azokkal kapcsolatos előkészítési és szállítási tevékenységek kiváltására, addig a fosszilis, főként földgáz alapú kapcsolt termelési egységek a meglévő földgáz kitermelési és szállítási infrastruktúra terjedését, a megújuló CHP-k pedig a hidrogén alapú gazdaság megjelenését, valamint a biomasza energetikai hasznosításának infrastruktúráját hozhatja létre. A elosztott egységek többsége olyan új termelési technológiának tekinthető, mely életciklusa kezdeti fázisaiban van, és olyan technológiai sajátosságokkal bír, mint pl. a szakaszos termelés, melyek megnehezítik a központosított rendszerhez, szállító és elosztó hálózatokhoz történő illesztését, kapcsolódását. Ugyanakkor, az elosztott technológiák kisebb teljesítménye, fogyasztási pontokhoz közeli elhelyezkedése lehetővé teszi a fogyasztók villamos- és hőenergia termelési tevékenységének megjelenését. A megújuló energiahordozókra épülő villamos- és kapcsolt termelés ráadásul újfajta tulajdonsággal, „zöld jelleggel” ruházza fel a villamos és hőenergiát, mely új értékesítési stratégiák, és technikák tárházát hívhatja életre. ***Az elosztott termelési egységek tehát elméletben az ellátási lánc horizontális és vertikális viszonylatában is olyan magas újítási mértékkel bíró, szakító innovációt képviselnek, melyek a meglévő villamosenergia-rendszer több területén is az uralkodó megoldásokkal való szakítást eredményezhetik.***

Ahhoz, azonban, hogy az elosztott termelési egységeket fenntartható rendszerinnovációs lehetőségként kezelhessük, és a villamosenergia-rezsim elosztott termelési egységekre épülő rendszerinnovációt támogató politikákkal kapcsolatos javaslatokat is megfogalmazhassunk, még ***két lényeges kérdésre kell választ kapnunk, melyek együttes vizsgálatával nem, vagy nem kellő mélységben találkozhatunk az elosztott termelési technológiákra épülő rendszerváltozással foglalkozó művekben.***

Míg a fent bemutatott technológiai megoldások esetében kijelenthető, hogy azok környezetbarát innovációknak minősülnek, hiszen hozzájárulhatnak a villamosenergia-ellátással és fogyasztással kapcsolatba hozható környezetszennyezés mérsékléséhez, az egyes megoldások fenntartható innovációs minősítése nem bizonyított.

Ahhoz tehát, hogy az elosztott termelési egységeket a fenntarthatóság szempontjából kedvezőbb technológiai választási lehetőségeknek tekinthessük, igazolnunk kell, hogy az ezen technológiai klaszterbe tartozó termelési technológiák a hagyományos megoldásokkal szemben pozitív környezeti, gazdasági és társadalmi hatásokkal is járnak, azaz környezeti, gazdasági és társadalmi szempontokat is magában foglaló fenntarthatósági minősítésük kedvezőbb, mint a hagyományos technológiáké. Ahogyan arra a uralkodó-termék elmélet felhívja a figyelmet, a domináns technológiai rendszer alapjait képező, és az újonnan megjelenő technológiák jellemzőik alapján történő szétválasztása teszi lehetővé, hogy régi és új technológiai csoportokról beszélhessünk. A domináns és újonnan megjelenő technológiák relatív fenntarthatósági vizsgálata pedig megadhatja a választ arra a kérdésre, hogy az orvosolandó probléma (jelen esetben a környezeti, gazdasági és társadalmi fenntarthatóság) tekintetében az új technológiák hatékonyabb megoldásnak tekinthetők-e. Fontos megjegyezni, továbbá, hogy az elosztott termelési egységek, mint fenntartható innovációs lehetőségek vizsgálata nem jelenti azt, hogy a csővégi és megtartó technológiai megoldások szerepét, jelentőségét kizárnánk.

Másodsor, mégha az elosztott termelési technológiák fenntartható, radikális innovációknak minősíthetők is, ***ahhoz, hogy kijelenthessük, hogy alkalmasak a központosított villamosenergia-ellátás és fogyasztás rendszerszintű változtatásában részt venni, részletesebben kell elemeznünk annak lehetőségét, hogy képesek-e a technológiai helyettesítésen túllépve, a technológiai rezsím szerkezeti, szervezeti, intézményi, fizikai és politikai dimenzióiban olyan változásokat életre hívni, illetve ezen dimenziókban megjelenő újításokkal együttesen úgy fellépni, mely új logikák, alapelvek, gyakorlatok és funkciók megjelenését eredményezheti.***

Míg az első kérdéskör vizsgálata nélkülözhetetlenné teszi a villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági indikátor-rendszerének kialakítását és az egyes technológiák ezen indikátor-rendszer alapján történő vizsgálatát, addig a második kérdéskör megválaszolásához az uralkodó technológiai rezsím és az elosztott termelési egységek kapcsolatrendszerének vizsgálatára van szükség.

Mielőtt tehát az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálatára rátérnénk, elsőként az elosztott termelési egységek fenntartható innovációként történő kezelésének lehetőségét kell megvizsgáljunk.

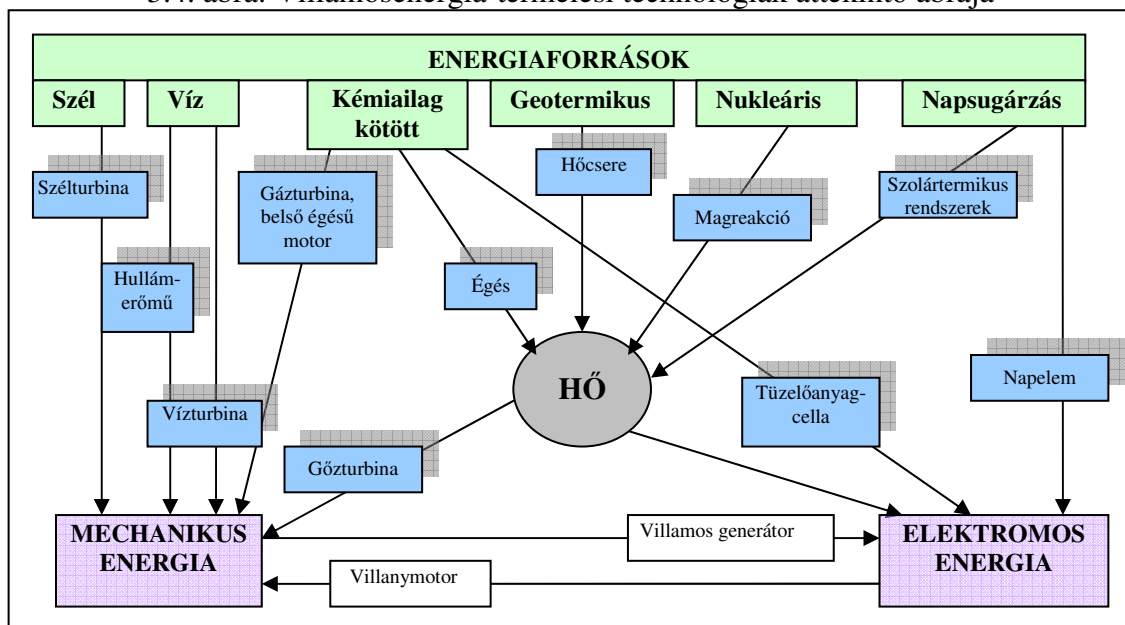
3.5. A villamosenergia-termelési technológiák társadalmi, gazdasági és környezeti fenntarthatóságának vizsgálata

Ebben a fejezetben a központosított villamosenergia-termelés domináns technológiáit illetve a szakirodalomban általában méretük és elhelyezkedésük alapján elosztott termelési egységeknek nevezett termelési technológiákat kívánom összehasonlítani egymással. Az egyes villamosenergia-termelési egységeket a hierarchikus és a K-közepű klaszteranalízis segítségével próbálom homogén csoportokba sorolni, az egyes technológiák fenntarthatósági értékelését pedig az általam kialakított többszemponútú döntési modell segítségével végzem el. Mindkét elemzés szükségessé teszi a különböző villamosenergia-termelési technológiák összemérését segítő indikátor-rendszer kialakítását. A különböző termelési egységek relatív fenntarthatóságának vizsgálatához továbbá nélkülözhetetlen az egyes indikátorok súlyának szakértői megkérdezés alapján történő meghatározása.

3.5.1. A központosított és az elosztott villamosenergia-termelési technológiák

A villamosenergia-termelési alrendszer a villamos energia előállítását biztosító objektumok összességét foglalja magában (Fazekas, 2006, 26. o.).

3.4. ábra: Villamosenergia-termelési technológiák áttekintő ábrája



Forrás: Fazekas (2006, 340. o.)

A hagyományos, központosított villamosenergia-termelési technológiák közé tartoznak a nagyteljesítményű, fosszilis energiahordozókat hasznosító erőművek. Ezek egyik csoportját a tradicionális szén, olaj- illetve földgáz tüzelőbázisú erőművek képezik, melyek közös vonása, hogy az adott energiahordozóban kémiaailag kötött energiát égetés révén (gőzkazán) szabadítják fel, ezt követően pedig a felszabaduló energiát először turbinák révén mechanikus-, majd generátorok segítségével villamos energiává alakítják át (Fazekas, 2006). Ezekből modernebb, magasabb gazdasági és energetikai hatékonyságú technológiáknak tekinthetők a nagyteljesítményű, kombinált ciklusú erőművek. A földgáz,

illetve a jelenleg még nem oly elterjedt szén-alapú összetett gáz-gőz körfolyamatú technológiai megoldásoknál a villamosenergia-termelés a hagyományos háromlépcsős átalakítási folyamat és az égéstermék hőtartalmának hasznosítása révén integráltan történik meg. A központosított villamosenergia-termelési alrendszer fontos elemét alkotják továbbá a nukleáris energia hasznosításának, - a szintén háromlépcsős energiaátalakítási folyamatokkal⁷⁰ működő, - különböző technológiai megoldásai (pl. nyomottvízes, könnyűvízes, gázhűtéses, elgőzöltetős, erőművek, gyorsreaktorok) is. Ezen fission (maghasadásos) erőművek mellett jelentős kutatások folynak - (pl. 2002 és 2006 között az EURATOM 750M€-t fordított) - a fúziós, azaz a könnyű atommagokat nehezebb elemekké történő összeállítását segítő, erőművek területén is (Fazekas, 2006, 386. o).

A megújuló energiahordozók hasznosítására épülő villamosenergia-termelési technológiák közül az átfolyós és tározós nagy- és kisteljesítményű vízerőművek, hullámerőművek, ár-ápany erőművek, szél-erőművek a víz, illetve a szél mozgási energiájának átalakítása révén termelnek elektromos energiát. A villamos energia közvetlen termelését teszik lehetővé továbbá a kisteljesítményű technológiáknak tekinthető napelemes rendszerek, illetve a különböző típusú, földgáz- és/vagy biomassza-alapú tüzelőanyag-cellák is. A különböző típusú biomassza-égetéses rendszerek, geotermikus erőművek, szolártermikus rendszerek (naptorony, parabolavályús erőművek, naphőerőművek) energiaátalakítási folyamatában is hőenergia keletkezik, melyet turbinák és generátorok közbeiktatásával áram előállítására alkalmazhatunk.

A 3.4. fejezetben bemutatott definíció alapján az elosztott villamosenergia-termelés technológiák közé a 100MW-nál kisebb teljesítményű, moduláris, a fogyasztási csomópontokhoz közel elhelyezett villamosenergia-termelési egységeket tartoznak, melyeket a hálózati fogyasztók, a szolgáltatók, magánszemélyek, illetve egyéb piaci szereplők a villamosenergia-hálózatra csatlakoztatva, önálló rendszerben, vagy szigetelven is működtethetnek. Az elosztott termelési egységek alapvetően két, a megújuló energiahordozók hasznosítására, újrahasznosításra épülő technológiák, valamint a magas hatékonysággal rendelkező kogenerációs/kapcsolt (CHP) termelési technológiák csoportjára bonthatók. A kapcsolt energiatermelés alatt a villamos- és hőenergia egyazon technológiai ciklus alatti, ugyanazon primerenergia hordozó felhasználásával történő együttes előállítását értjük. Ez utóbbi kategória azonban némi magyarázatot igényel. A villamosenergia-termelő egységek célja, hogy az általuk felhasznált energiahordozót maximális mértékben alakítsák át villamos energiává. Ugyanakkor elkerülhetetlen, hogy a folyamat során jelentős mértékű hulladékhő is keletkezzen. Bár a nagyteljesítményű erőművek energiát használhatnak fel a hulladékhő eltávolításához szükséges berendezések (pl. hűtőszivattyúk, szellőztetők) működtetésére, a központosított rendszer esetében is beszélhetünk hulladékhő hasznosításról (integrált technológiák), ám annak fogyasztókhöz való eljuttatása kevésbé

⁷⁰ Az atomerőművek a nukleáris hasadóanyagokban lévő atomi kötési energia, spontán vagy indukált fészabadtása révén állítanak elő hőenergiát, melyet gőzturbinák és generátorok révén alakítanak át villamos energiává.

hatékony megoldásnak tekinthető⁷¹. Ezzel szemben a fogyasztóknál, vagy azok közelében elhelyezett kapcsolt erőművek úgy teszik lehetővé a villamos- és hőenergia egyazon technológiai ciklus alatti, ugyanazon primerenergia hordozó felhasználásával történő előállítását, hogy a kisebb szállítási távolságok miatt, a villamosenergia-termelés során keletkezett hulladékhő magasabb hatékonysággal alkalmazható fűtési, hűtési, illetve melegvíz-előállítási célokra (WADE, 2003). A kapcsolt termelés energetikai hatásfoka jelentős mértékben meghaladja a különválasztott termelési hatékonyságot, így jelentős primerenergia-hordozó megtakarítást, és alacsonyabb környezetterhelést jelent.

Az elosztott termelési technológiáknak tekinthető kapcsolt erőművek közé a kisteljesítményű tüzelőanyag-cellákat, belső (Otto, Dízel) és külső égésű (Stirling) motorokat, mikroturbinákat, ellennyomásos és elvételes turbinákat, kombinált ciklusú gázturbinákat alkalmazó, földgáz- illetve biomassza hasznosítására épülő CHP erőművek sorolhatók.

Bár a dolgozatnak nem célja a nagyteljesítményű illetve elosztott termelési technológiák működési elvének tárgyalása, úgy vélem, hogy az utóbbi kategóriába tartozó technológiák általános ismertsége jócskán elmarad a hagyományos technológiáktól. Következésképpen, a 3. mellékletben rövid áttekintést adok az elosztott termelés különböző technológiai megoldásairól. A továbbiakban pedig a *konvencionális fosszilis energiahordozókra (szén, földgáz, kőolaj) épülő égetéses erőművek, nagyteljesítményű integrált szén elgázosításos kombinált ciklusú erőművek, nagyteljesítményű átfolyós és tározós vízerőművek, fent említett kisteljesítményű kapcsolt erőművek⁷², kisteljesítményű napelemes és szolartermikus rendszerek, vízerőművek, szélerőművek, biomassza égetéses rendszerek, és geotermikus erőművek klaszteranalízisét és fenntarthatósági színvonal-elemzését végzem el.*

Mind a klaszteranalízis, mind pedig a fenntarthatósági-színvonal elemzés lefolytatása szükségessé teszi az elemzések alapjául szolgáló technológiai jellemzők és fenntarthatósági indikátorok meghatározását, melyre a következő alfejezetben térek ki.

3.5.2. A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági indikátor-rendszere

Az elmúlt évtizedekben a fenntartható fejlődés felé történő elmozdulás, valamint a különböző aggregáltsági szintű rendszerek fenntarthatósági vizsgálatára a nemzeti és nemzetközi szervezetek számos, eltérő típusú indikátort, indexet, és azokból felépülő indikátorrendszert fejlesztettek ki, ám ezek közül egy sem vált egységesen nemzetközileg elfogadottá (ld. bővebben Bossel, 1999; UNECE-OECD-Eurostat, 2008; Kerekes – Fogarassy, 2006; Bulla – Guzli, 2006). Napvilágot láttak továbbá a különböző szektorok –

⁷¹ Ton van der Does „hetes szabálya” szerint 1MWh villamosenergia adott távolságra való eljuttatása 7-szer annyi energiát igényel, mint 1MWh kémiai energiáé/energiahordozóé, és ehhez hasonlóan 1MWh hőenergia ugyanazon távolságra történő eljuttatása 7-szer annyi energiát igényel, mint 1MWh villamos energia eljuttatása (Wade, 2003).

⁷² Ez alól, a rendelkezésre álló adatok hiánya miatt, kivételt képeznek a Stirling-motoros CHP-rendszerek.

pl. kutatás, gazdaság, közlekedés, energia, nemzetközi együttműködés, háztartások - fenntarthatóságának mérésére szolgáló indikátorok is, melyek egy-egy ágazat fenntarthatóságának vizsgálatával foglalkoznak. Az energiaszektor fenntarthatósági értékelésének legismertebb mutatószám-rendszerét 1999-ben az Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) dolgozta ki, melyet az Eurostattal, az UNDESA-val, az EEA-val és az IEA-val együttműködve fejlesztett tovább a DSR modellre építve. A gyakorlati alkalmazhatóság kedvéért a mutatószám-rendszert 15 országban - köztük Argentína, Kína, Kuba, Indonézia, Mexikó, Pakisztán, Oroszország, Törökország, USA, Thaiföld, Szlovákia, Litvánia, - tesztelték (IAEA-UN, 2007). Az így kialakított indikátor-rendszer az energiaszektor gazdasági, környezeti, társadalmi, és intézményi szempontú vizsgálatát összesen 41 mutató segítségével teszi lehetővé (ld. 4. melléklet).

Bár a villamosenergia-rendszer fenntarthatóságának vizsgálatára specializált indikátor-rendszert ezidáig nem dolgoztak ki, alacsonyabb aggregáltági szinten, a villamosenergia-termelési technológiák relatív fenntarthatósági értékelésének több rendszere is napvilágot látott. Míg ezek egy része adott technológiatípus, vagy ahhoz köthető ellátási lánc fenntarthatóságát hívatott meghatározni (lásd például OECD – NEA (2002), PSI (2002), IEA (2005) kidolgozott mutatószám-rendszereit), addig létezik néhány olyan kutatás is, mely a villamosenergia-termelési egységek általános fenntarthatósági vizsgálatára, illetve a technológiák fenntarthatósági összemérésére alkalmas mutatószám-rendszerre tesz javaslatot. Ezen munkák közül kilenc indikátor-rendszert (Tzeng et al, 1992; Madlener – Stagl, 2005; PSI, 2006; Afgan et al, 2000, 2007; Begič – Afgan, 2007; Burton – Hubacek, 2007; NEEDS, 2008; Evans et al, 2009; Deutsch, 2009) vettem részletesebb vizsgálat alá. Az indikátor-rendszerek felépítését az 5. melléklet tartalmazza.

Az általam megvizsgált mutatószám-rendszerek felépítése, összetétele és részletezettsége jelentős mértékben eltér egymástól. Míg Evans és szerzőtársai (2009), Burton és Hubacek (2007), Afgan és szerzőtársai (2000; 2007), Begič és Afgan (2007), valamint Tzeng és szerzőtársai (1992) munkáikban, - a könnyebb áttekinthetőség és információ-gyűjtés érdekében, - viszonylag kevés mutatót alkalmaznak, addig a PSI (2006) égisze alatt, a NEEDS (2008) projekt keretein belül, valamint Madlener és Stagl (2005), illetve Deutsch (2009) által kialakított rendszerek, - elsősorban a körültekintőbb vizsgálat lehetőségének megteremtése céljából, - számos indikátorból épülnek fel. Jelentős eltérés mutatkozik továbbá az egyes rendszerek felépítésében és összetételében. Evans et al (2009), Burton és Hubacek (2007), valamint Madlener és Stagl (2005), - szemben a PSI (2006) és a NEEDS (2008) szakembereivel, - például nem sorolják be explicit módon az indikátorokat a fenntartható fejlődés (gazdasági, társadalmi, környezeti) alappilléreinek megfelelő dimenziókba. Afgan et al (2000; 2007), Begič és Afgan (2007) az egyes termelési technológiák életciklusa alatti erőforrásigényét, Tzeng et al (1992), valamint Deutsch (2009) pedig az egyes technológiák műszaki jellemzőit külön, egy negyedik dimenzióban tüntetik fel.

Az egyes dimenziók összetétele sem egységes, sőt sok esetben nem fedik le kellő mértékben az adott dimenzióval összefüggésbe hozható fenntarthatósági célokat,

kérdésköröket. A villamosenergia-termelési technológiák társadalmi hatásainak mérésére Afgan et al (2000, 2007) és Begič - Afgan (2007) csupán a munkahelyteremtő képesség indikátorát javasolják, Tzeng et al (1992) pedig az ellátásbiztonságot, az olaj-import helyettesíthetőséget és az ágazati hatásokat emelik ki, míg más szerzők (PSI, 2006, Deutsch, 2009; NEEDS, 2008) eltérő módon ugyan, de nagy hangsúlyt helyeznek az egyes technológiák emberi egészségre, a helyi infrastruktúra és gazdaság fejlődésére gyakorolt hatásokra, zajterhelésre és tájképromboló hatásra, valamint a termelési technológiák üzemeltetésével kapcsolatos kockázatokra, konfliktusokra, képzési igényekre, döntéshozatali kérdésekre.

Az egyes termelési egységek gazdasági hatásainak értékelésére alkalmazott mutatók kutatásonként eltérők. Míg például Tzeng et al (1992) a termelési költségeket, a kiépítési időt és az éves termelés mennyiségét állítja középpontba, más szerzők (PSI, 2006; NEEDS, 2008) a beruházási, üzemeltetési és karbantartási költségek, kiépítési idő mellett a termelési egységek működésével kapcsolatos műszaki szempontok indikátorait (pl. ellátásbiztonság, terheléskövetési képesség, rendelkezésre állás, termelési hatékonyság) is ennél a dimenzióval veszik figyelembe. Ezzel szemben, a Tzeng et al (1992), valamint Deutsch (2009) ez utóbbi indikátorokat külön (műszaki) kategóriában tüntetik fel, melynek okát az ellátás biztonsági- és minőségi színvonalának stratégiai szempontként történő kezelése adja. A NEEDS projekt szakemberei által kialakított indikátorrendszerben itt kap helyet továbbá a termelési egységek munkahelyteremtő képességének, valamint importált energiahordozótól való függőségének mutatója, mint a villamosenergia-termelési technológiák teljes gazdaságra gyakorolt hatásainak indikátorai, valamint az egyes működési egységek üzemeltetőit érintő, energiahordozó áremelkedésében rejlő kockázat mutatója is. A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági vizsgálatának környezeti dimenziójának egyik alapmutatója az üvegházhatású gázok kibocsátásának indikátora. A légszennyezés mellett Tzeng et al (1992) a talaj- és vízszennyezés, tájképromboló hatás indikátorait, a PSI (2006) pedig a regionális környezeti hatás indikátorának tekintett ökoszisztéma károsodást, a balesetek során bekövetkező mortalitást, a technológiák fajlagos területigényének, valamint a szilárd hulladék termelésének mutatóját is ide sorolja. Ezen mutatók egyfajta összegzése található meg Deutsch (2009) által kialakított rendszer környezeti aldimenziójában is.

A NEEDS projekt (2008) fenntarthatósági indikátor-rendszerében a környezeti aldimenzió indikátorai felölelik a termelési technológiák energiahordozó- és alapanyagigényének mutatóit, a termelési technológiák nitrátosodási, savasodási, ökotoxicitási potenciáljának mutatóit, és kiemelik a radioaktivitással kapcsolatos környezeti károsodás mutatóit is. Fontos megjegyezni továbbá, hogy Madlener és Stagl (2005) kivételével - akik külön-külön mutatók segítségével vizsgálják az egyes életciklus szakaszok környezeti hatásait – a különböző mutatószám-rendszerek környezeti indikátorai a villamosenergia-termelési egységek teljes életciklusára vonatkoznak.

Az egyes indikátorrendszerek hiányosságainak kiküszöbölése, valamint a különböző nézőpontok és speciális területekre rávilágító mutatók szintetizálása érdekében, a fenntartható fejlődés követelményrendszeréből kiindulva, állítottam össze a dolgozatban

alkalmazni kívánt indikátor-rendszerem, melyet a könnyebb áttekinthetőség kedvéért, a dimenziókra bontott 3.4.-3.7. táblázatok szemléltetnek. A dimenziók meghatározása, valamint az egyes indikátorok kiválasztása során törekedtem arra, hogy azok megragadják a villamosenergia-termelési technológiák elemzése, összehasonlítása során figyelembe vehető szempontokat, és segítsék a döntéshozók számára a több szempont szerinti optimális alternatíva megtalálását. Fontos volt továbbá, hogy az egyes indikátorok száma kezelhető szinten maradjon, közöttük lehetőség szerint csak minimális átfedés legyen, és az egyes indikátorokhoz szükséges információk, adatok rendelkezésre álljanak. Ennek megfelelően, a mutatószámrendszer összesen 34 indikátorból, és négy fő – műszaki, gazdasági, környezeti és társadalmi - kategóriából épül fel.

A műszaki dimenzió a fent bemutatott indikátorrendszerekből kiindulva, a villamosenergia-termelési rendszerek energetikai szempontból releváns értékeit, mutatóit öleli fel. Ezek feladata, hogy tükrözzék az egyes termelési egységek működési hatékonyságát (1 és 2), nettó energiatermelési képességét (3), fejlettségi színvonalát (4), a termelési technológiák ellátás-biztonsággal és minőségbiztonsággal kapcsolatos jellemzőit (5-10). Ezen indikátorok leírását a 3.3. táblázat tartalmazza.

3.3. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák műszaki indikátorai

Vizsgált dimenzió	Indikátor	Indikátor leírása
Műszaki szempontok	1. Villamos hatékonyság	Adott technológia villamosenergia-termelésének hatékonysága, $\eta_E = E_{ki}/E_{be} = P_{ki}/P_{be}$ (%)
	2. Kapcsolt hatékonyság	Adott technológia kapcsolt (villamos és hőenergia) termelésének hatékonysága, $\eta_{CHP} = (Q_{ki} + E_{ki})/E_{be}$ (%)
	3. Energiamegtérülési ráta	Adott technológia teljes életciklusa alatt felhasznált és termelt energia hányadosa (faktor),
	4. Technológiai fejlettség	Adott technológia fejlettsége, piaci bevezetettsége (relatív skála)
	5. Rendszerszabályozás	Adott erőműegység részt vesz-e a rendszerirányítási feladatok megoldásában (minőségi skála)
	6. Rendelkezésre állás	A karbantartás és egyéb zavarok miatti üzemszüneti órák aránya a tervezett havi/éves működési órákhoz viszonyítva (%)
	7. Ütmezhetőség	Adott termelési technológia működésének időbeli és intenzitásbeli ütmezhetősége. (minőségi skála)
	8. Kiszabályozás	Adott villamosenergia-termelő egység által, a rendszer egész számára okozott többletszabályozási feladat (minőségi skála)
	9. Tartaléktartási igény	Adott termelési egység által igényelt rendszerszintű tartaléktartási feladat (minőségi skála)
	10. Terheléskövetési képesség	Milyen az adott termelési egység terheléskövetési képessége, sebessége (minőségi skála)

Forrás: saját szerkesztés

A gazdasági dimenzióba (3.4. táblázat) a villamosenergia-termelési rendszerek beruházásával, működtetésével kapcsolatos gazdasági hatások releváns indikátorait soroltam be. Az egyes termelési technológiák fogyasztókra gyakorolt hatásainak értékelésére a villamosenergia-árak helyett a villamosenergia-termelés átlagos fajlagos költségének indikátorát (12) alkalmazom, hiszen így mellőzhetővé válnak a villamosenergia-árak szolgáltatási módozattól és szabályozási szerkezettől függő elemei. Az egyes technológiák üzemeltetőinek kockázatát a fajlagos beruházási költségek (11), a kiépítési idő (16), valamint az energiahordozó áremelkedésére való érzékenység (17) mutatói veszik számításba, míg a különböző villamosenergia-termelési technológiák teljes gazdaságra gyakorolt hatásait a

termelési technológiák közvetlen munkahelyteremtő képességének⁷³ (15), a technológiákkal kapcsolatosan felmerülő externális költségeknek (13), az alkalmazott energiahordozókkal rendelkezésre állási kockázatának (14) indikátorai hivatottak megragadni.

3.4. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák gazdasági indikátorai

Vizsgált dimenzió	Indikátor	Indikátor leírása
Gazdasági szempontok	11. Beruházási költségek	Az adott technológia kiépítésével kapcsolatosan felmerülő összes kiadás az előállított energia egységére vonatkoztatva (pl. \$/kWh).
	12. Ü+K költségei	Az adott technológia működtetésével, karbantartásával kapcsolatosan felmerülő összes kiadás az előállított energia egységére vonatkoztatva (pl. \$/kWh)
	13. Externális költség	Az emberek egészségkárosodásával, a természetben, a gazdasági tevékenység feltételeinek romlásában, a társadalom anyagi javaiban, életkörülményeiben, a szociális viszonylataiban jelentkező többletköltségek, melyek az energiatermeléssel kapcsolatban merülnek fel. (pl. \$/kWh)
	14. Importfüggőség	Termelési technológia által alkalmazott energiahordozó elérhetőségének kockázata (relatív skála)
	15. Munkahelyteremtési képesség	Az adott energiatermelési technológia kapacitásához mért közvetlen új munkahelyek száma (fő/MWh)
	16. Kiépítési idő	Adott technológia kiépítésének és beüzemeltetésének időigénye (évek)
	17. Energiahordozó áremelkedésének kockázata	Adott technológia által használt energiahordozó árának emelkedésére való érzékenység (energiahordozó ára/működési költség)

Forrás: saját szerkesztés

3.5. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák környezeti indikátorai

Vizsgált dimenzió	Indikátor	Indikátor leírása
Környezeti szempontok	18. ÜHG- hatás	A termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott üvegházhatású gázkibocsátás mértéke (g/CO ₂ eq/kWh)
	19. Savasodás	Adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott savasodási potenciálja, mely az adott technológia nitrogén-oxid (nitrogén-monoxid-, nitrogén-dioxid-kibocsátás nitrogéndioxidra átszámítva), illetve a kén-dioxid, valamint az ammónia kibocsátását követi nyomon. (mgSO ₂ eq/kWh)
	20. Nitrátosodás	Adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott nitrátosodási potenciál (mgPO _{3/4} /kWh)
	21. Hulladékelhelyezés	Mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában (relatív skála)
	22. Szilárd anyag kibocsátás	Adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott szilárdanyag-kibocsátás mutatója (pl. mg/kWh)
	23. NMVOC kibocsátás	Az adott technológia teljes életciklusára vonatkoztatott, metánon kívüli illó szerves összetevők szennyezése (mg/kWh)
	24. Funkcionális hatás	Az erőmű közvetlen környezetében okozott romboló hatás pl. a vezetékek, csővezetékek, kiszolgáló egységek, stb. miatt (relatív skála)
	25. Egészségügyi hatás	Adott technológia normális üzemmenete milyen hatással lehet az emberi egészségre (relatív skála)

Forrás: saját szerkesztés

A környezeti dimenzió (3.5. táblázat) a villamosenergia-termelési rendszerek teljes életciklusa alatti természeti környezetre gyakorolt (másodlagos) hatásának számbavételét segítő mutatókat foglalja magában. A termelési technológiák környezeti hatásainak figyelembe vétele globális szinten a globális klímaváltozási potenciáljának (18), regionális és helyi szinten a termelési technológiák savasodási és nitrátosodási potenciáljának (19 és 20), a technológiákkal összefüggésbe hozható hulladékok kezelési igényének (21), a

⁷³ Fontos megjegyezni, hogy az egyes technológiák munkahelyteremtő képességének vonatkozásában, az Európai Unió kutatási anyagaiban is csupán a jövőre vonatkozó különböző scenáriók alapján próbálnak meg egyfajta közelítést adni.

közvetlen környezetbe való beavatkozási hatásának (24), valamint az ún. fotokémiai szmog kialakulásához hozzájáruló ún. metánon kívüli szerves összetevők⁷⁴ (23), és szilárd-anyag (22) szennyezésének indikátora révén valósul meg. A savasodást, nitrátosodást és szmogképződést okozó anyagok kibocsátása károsítja az ökoszisztémát, különösen a talajt és a vízkészleteket, hiszen megváltoztathatja azok PH-értékét és felboríthatja tápanyagszerkezetüket, illetve anyagi károsodáshoz (terményveszteség, és fémfelület-károsodáshoz) vezethet. Emellett, külön indikátor veszi számításba a normális üzemmenet emberi egészségre gyakorolt hatásait (25).

3.6. táblázat: Villamosenergia-termelési technológiák társadalmi indikátorai

Vizsgált dimenzió	Indikátor	Indikátor leírása
Társadalmi szempontok	26. Területigény	A kapacitás egységére eső közvetlen területigény (pl. m ² /MW)
	27. Esztétikai hatás	Az alkalmazott termelési technológia vizuális romboló hatása (relatív skála)
	28. Zajterhelés	Az adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott, a megengedett dba mértéket meghaladó zajkibocsátás időtartama (dba/h/év) (relatív skála)
	29. Konfliktus	Az adott technológiával szembeni társadalmi/helyi ellenállás (relatív skála)
	30. Kockázatvállalási igény	A lakosság kockázatvállalási szükségessége az adott technológia támogatásánál (relatív skála)
	31. Személyes irányítás igénye	A technológiával kapcsolatos kockázatok kezelésének irányítási és ellenőrzési igénye (relatív skála)
	32. Katasztrófa potenciál	A technológiát erő katasztrófa (pl. terrortámadás) esetén a lakosságot fenyegető kockázat mértéke (relatív skála)
	33. Képzési igény	Milyen továbbképzést igényel az adott technológia üzemeltetése (relatív skála)
	34. Részvétel	Az állampolgárok döntéshozatalban való részvételének fontossága az adott technológiák elhelyezésének vonatkozásában (relatív skála)

Forrás: saját szerkesztés

A villamosenergia-rendszerek társadalmi elfogadottságát, helyi közösségre gyakorolt társadalmi hatásait tükröző dimenzió kiter a termelési technológiák életminőségre gyakorolt hatásainak - mint a fajlagos területigény (26), zaj- és vizuális terhelés (27, 28), - az egyes termelési technológiákkal kapcsolatos társadalmi és egyéni kockázatvállalási és kezelési igényeinek (30, 31, 32, 33), valamint a villamosenergia-termelési technológiák társadalmi elfogadottságát és legitimitációját mutató (29 és 34) indikátorok számba vételére (3.6. táblázat). Az egyes termelési technológiák helyi jövedelemgeneráló képességének, infrastrukturális fejlődésre, migrációra gyakorolt hatásainak, illetve az új vállalkozások ösztönzésének figyelem vételét biztosító mutatók mellőzését indokolja azok nehezen általánosítható, projektfüggő természete.

Az így kialakított indikátor-rendszer dimenziói és mutatói lefedik a villamosenergia-rendszerekkel, termelési technológiákkal szemben támasztott komplex fenntarthatósági követelményeket, azaz hogy társadalmilag elfogadható módon, elfogadható áron, elegendő, tiszta, biztonságos és megbízható villamosenergia-ellátást garantáljanak. Ennek köszönhetően, az indikátor-rendszer alkalmas a különböző termelési technológiák fenntarthatósági összemérésére, hozzájárulhat a technológiaválasztás objektív megítéléséhez, a hosszú távú stratégiai döntések megalapozásához. Ám nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy az

⁷⁴ Minden olyan szerves antropogén eredetű vegyület a metánon kívül, a szennyező anyagok ezen osztályába tartozik, amelyek fotokémiai oxidánsokat képesek termelni N-el, vagy NOx-al való reakció útján, napsugárzás hatására. Ez utóbbi tulajdonságuk miatt elősegítik a troposzférikus (alacsony légköri) ózon, és más fotokémiai oxidáns keletkezését (Tajthy, 2002, 46. o.).

értékelések és összehasonlítások, valamint az azok alapján meghozott következtetések mindig adott pillanatban, - az adatok aktualitásától és rendelkezésre állásától függően - helytállóak, és az egyes technológiák fejlődése megváltoztathatja (javíthatja, ronthatja) a különböző dimenziók, illetve aldimenziók mentén felvett értékeit, gyakorolt hatásait, sőt új hatások és következmények figyelembe vételének igényét is előidézheti.

3.5.3. A különböző villamosenergia-termelési technológiák klaszteranalízise

A villamosenergia-termelési technológiák homogén csoportokba történő rendezését az SPSS 18.0 szoftver **hierarchikus** és **K-közepű klaszteranalízis** programjainak segítségével készítettem el. A klaszteranalízis adattábláját a fenntarthatósági indikátorrendszer mutatói alapján állítottam össze, melyet a 6. melléklet tartalmaz. Fontos megemlíteni, hogy a klaszteranalízisnél figyelembe vettem a termelési egységek fajlagos aktualizált költségeit⁷⁵ is. Mivel az egyes technológiai csoportok adott szempont szerinti jellemző értéktartományán belüli eloszlásról nem áll rendelkezésünkre információ, és sok esetben a szakirodalom is csak átlagos értékeket tüntet fel, a vizsgálatokat az átlagos jellemzők figyelembe vételével készítettem el.

Első lépésben a **hierarchikus klaszteranalízis** segítségével próbáltam csoportosítani a termelési technológiákat. A hierarchikus klaszteranalízis lényege, hogy az eljárás indulásakor valamennyi vizsgálandó egyed önálló, egyszemélyes klasztert alkot, majd ezt követően minden lépésben összevonásra kerülnek azok az elemek, vagy klaszterek, melyek a legközelebb helyezkednek el egymáshoz. Az eljárás mindaddig folytatódik, míg az összes elem egyetlen klaszter tagjává válik. Annak érdekében, hogy a program a különböző skálákon mért vizsgálati tényezőket egyforma fontosságú szempontokként kezelje, standardizáltam az adatokat.

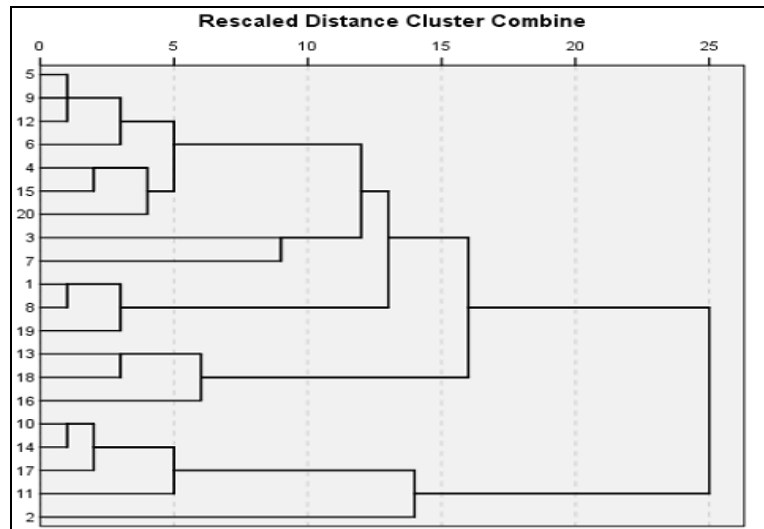
A hierarchikus klaszteranalízis kulcskritériumát a távolság, illetve annak számítási módszere képezi. A **Furthest Neighbor** (legtávolabbi szomszéd) eljárás során az összes megfigyelés távolsága meghatározásra kerül, melyet a távolságok rangsorának felállítása követ. Az egyedek, illetve klaszterek összevonása a legkisebb távolság alapján történik⁷⁶, ám az eljárás az újabb és újabb összevonások során már mellőzi azokat a legkisebb távolságokat, melyek alapján már képzett klasztereket. A 3.5. ábra a legtávolabbi szomszéd alapú vizsgálat dendogramját⁷⁷ szemlélteti.

⁷⁵ Az egy szintre hozott egységköltség az adott termelési technológia teljes gazdasági élettartamára vonatkozóan adja meg a termelt villamos energiára vetített összes költség aktualizált értékét.

⁷⁶ A Furthest neighbor eljárás esetén egy elem és egy klaszter távolságán az adott elem és a hozzá legközelebb eső klaszterelem távolságát értjük, míg két klaszter távolsága az egymáshoz legközelebb eső két, külön klaszterbe tartozó elem távolsága (Szekelyi – Barna, 2004, 121. o.)

⁷⁷ A dendogram a klaszterezési megoldás grafikus ábrázolására szolgál, melynek vertikális tengelyén a vizsgált elemek, horizontális tengelyén a klaszterek csatlakozásakor távolság kerül feltüntetésre.

3.5. ábra: A Hierarchikus klaszteranalízis dendogramja a Legtávolabbi Szomszéd eljárás alkalmazása esetén



Forrás: saját szerkesztés az SPSS 18.0 output alapján

Az ábrán jobbról balra haladva olvasható le az eredmény. A legnagyobb távolság a horizontális tengelyt tekintve 16 és 25 között fedezhető fel, amely **két klaszteres** megoldást sugall. Az adatok pontosabb kiértékelése érdekében célszerű megvizsgálni az Agglomeration Schedule táblázatot is (ld. 3.7. táblázat).

3.7. táblázat: Agglomeration Schedule a „Legtávolabbi szomszéd” módszer alkalmazásakor

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	5	9	5,293	0	0	3
2	1	8	6,551	0	0	8
3	5	12	8,068	1	0	9
4	10	14	9,571	0	0	6
5	4	15	12,488	0	0	10
6	10	17	16,833	4	0	12
7	13	18	22,705	0	0	13
8	1	19	23,513	2	0	16
9	5	6	24,948	3	0	11
10	4	20	32,835	5	0	11
11	4	5	39,112	10	9	15
12	10	11	39,480	6	0	17
13	13	16	45,154	7	0	18
14	3	7	61,153	0	0	15
15	3	4	82,501	14	11	16
16	1	3	95,427	8	15	18
17	2	10	96,826	0	12	19
18	1	13	113,805	16	13	19
19	1	2	178,979	18	17	0

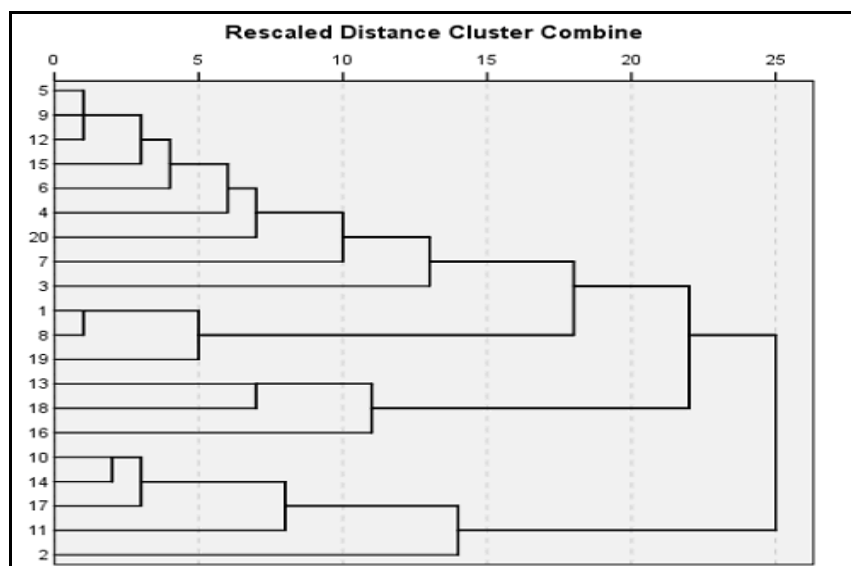
Forrás: saját szerkesztés az SPSS 18.0 output alapján

A táblázat egyrészt megmutatja az egyes elemek, klaszterek összevonási sorrendjét (Cluster Combine oszlopok), másrészt segít meghatározni, a megfelelő klaszterszámot. Ez

utóbbihoz a távolsági koefficienseket tartalmazó (Coefficients) oszlopot kell részletes vizsgálat alá venni. A legnagyobb szakadék megkeresése úgy történik, hogy meghatározzuk az egymást követő koefficiensek különbségét, és a szakadék előtti klasztermegoldást tekintjük a jó klasztermegoldásnak. Esetünkben a koefficiensek közötti legnagyobb különbség a 18. és 19. lépés között fedezhető fel, mely alátámasztja a dendogram vizsgálata során tett megállapításom. Ennek értelmében, a legtávolabbi szomszéd eljárást alkalmazva a vizsgált villamosenergia-termelési technológiák alapvetően **két klaszterbe** sorolhatók. Az **első klaszterbe** tartoznak az általában elosztott termelési technológiáknak tekintett erőmű típusok, illetve a nagyteljesítményű átfolyós és tározós vízerőművek. A **második klaszterbe** sorolódnak a hagyományos központosított villamosenergia-termelési technológiák, nevezetesen a szén-, a kőolaj, a földgáz, és az atomenergia hasznosítására épülő erőművek.

Annak érdekében, hogy a legtávolabbi szomszéd eljárás szélsőértékekre való érzékenységét kizárjam, egy körültekintőbb módszer alapján is elvégeztem a vizsgálatot. A **Within-Groups eljárás** alapján futatott hierarchikus klaszterezés csak akkor fogadja el egy klaszter bővülését, ha a bővülés hatására a klaszteren belüli elemek távolsága a lehető legkisebb mértékben nő (Székelyi – Barna, 2004, 124. o.). Ez a módszer a már besorolt és a besorolásra váró egyedeket egyaránt figyelembe veszi. A lefutott klaszteranalízis dendogramját a 3.6. ábra szemlélteti, agglomerációs tábláját a 7. melléklet tartalmazza.

3.6. ábra: A Hierarchikus klaszteranalízis dendogramja a Within-groups eljárás alkalmazása esetén



Forrás: saját szerkesztés az SPSS 18.0 output alapján

Az eredmények kiértékelése a már leírtak alapján történik. Ahogyan azt a dendogram és az agglomerációs táblázat is mutatja, - **bár ebben az esetben is erős a két klaszteres megoldás jelenléte, és a két klaszterbe sorolt elemek megegyeznek az előző eljárás eredményével, - ez az eljárás a 4-klaszteres megoldás választását támogatja.** -Az első klaszter elemeit a kogenerációs erőművek, a biomassza égetéses erőművek, valamint a geotermikus erőművek

képezik. A második klaszterbe sorolódnak a vízenergia hasznosításának nagy- illetve kisteljesítményű megoldásai, míg a harmadik klasztert a szél-erőművek, a napelemes és szolártermikus rendszerek alkotják. Végül, a negyedik klaszter tagjainak a hagyományos, központosított fosszilis és nukleáris erőművek tekinthetők.

A hierarchikus klaszteranalízis alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a vizsgálatba vont gazdasági, műszaki, környezeti és társadalmi jellemzőik szerint, a hagyományos, központosított erőművek, valamint az elosztott villamosenergia-termelési egységek a nagyteljesítményű vízerőművekkel együtt eltérő klaszterekbe sorolhatók.

A hierarchikus elemzés eredményeit figyelembe véve **K-közepű klaszteranalízist** is készítettem. A K-közepű klaszteranalízis úgy határoz meg egymástól jól elkülönülő csoportokat, hogy együtt kezeli a változókat és az eseteket, és ezekből hoz létre „k” számú különböző klasztert, ahol a csoportátlagok a lehető legjobban elkülönülnek a főátlagtól, és a többi csoportátlagtól is. A K-közepű klaszteranalízis esetében nekünk kell meghatározni a létrehozni kívánt csoportszámot (azaz a k értékét). A program első lépésben kiválasztja az első k elemet, és ezt követően sorolja be a többit. Az eljárás során akkor cserélődik ki egy már kiválasztott klaszterközpont egy másik esetre, ha az új esetnek a távolsága a hozzá legközelebb eső klaszterközpontéhoz képest nagyobb, mint a két egymáshoz legközelebb eső, már kiválasztott klaszterközpont távolsága (Székelyi – Barna, 2004, 133. o.).

A létrehozni kívánt **klaszterek számát a hierarchikus klaszteranalízis eredményeit alapul véve első lépésben kettőre** állítottam. Ennek eredményeként az első klaszterbe kerültek a nagyteljesítményű átfolyós és a kisteljesítményű vízerőművek; a szél-erőművek; a napelemes és szolártermikus rendszerek; a geotermikus erőművek; az ellennyomós, a kondenzátorturbinás és a mikroturbinás kogenerációs erőművek; a belső égésű motoros CHP-k; valamint a tüzelőanyag-cellás CHP-k. A második klaszter tagjait a biomassza égetéses rendszerek, az atomerőművek, a nagyteljesítményű tározós vízerőművek, a konvencionális szén-, földgáz-, kőolaj-égetéses erőművek, a kombinált ciklusú gázturbinás CHP-k, valamint a szén IGCC-k képezik (ld. 8. melléklet). Ugyanakkor, az elemzés ANOVA táblázatából (9. melléklet) látható, hogy a viszonylag alacsony elemszámot (20) azt meghaladó mennyiségű változó (35) alapján vizsgáltam, és bizonyos szempontok csoportképző ereje (ld. F-statisztika és szignifikancia oszlopok) messze alulmarad a többiétől. A pontosabb besorolások érdekében lépésről lépésre eltávolítottam a legalacsonyabb csoportképző erővel rendelkező változókat, mindaddig, míg a klaszterképző változók mentén a klaszterközpontok szignifikánsan nem különböztek egymástól (Az egyes lépéseket terjedelmi korlátok miatt nem kívánom bemutatni).

Az eljárás végén kapott klaszterbesorolást a 3.8. táblázat szemlélteti. Ennek értelmében, a változók számának csökkentésével bizonyos technológiák átsorolódtak, melynek köszönhetően az **első klaszter** elemeit a nagyteljesítményű vízerőművek, a kisteljesítményű vízerőművek, a szél-erőművek, a kisteljesítményű kogenerációs erőművek, a geotermikus erőművek, a napelemes és szolártermikus rendszerek, valamint a biomassza égetéses rendszerek képezik. A **második klaszterben** kaptak helyet a konvencionális szén-

, földgáz-, kőolaj-égetéses rendszerek, atomerőművek, szén-alapú IGCC-k, illetve a nagyteljesítményű tározós vízerőművek.

3.8. táblázat: Klasztertagság a kétklaszteres vizsgálatnál, csökkentett tényezőszámmal

Technológia	Klaszter	Távolság
Nagyteljesítményű átfolyós vízerőművek	1	4,698
Atomerőművek	2	4,782
Biomassza égetéses rendszerek	1	3,407
Dízel-motoros CHP	1	3,160
Ellennyomásos turbinás CHP	1	2,493
Kombinált ciklusú gázturbinás CHP	1	2,867
Geotermikus erőművek	1	2,903
Kisteljesítményű vízerőmű	1	4,044
Kondenzátorturbinás CHP	1	2,583
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	2	1,267
Konvencionális szénégetéses rendszerek	2	2,691
Mikroturbinás CHP	1	2,022
Napelemes rendszerek	1	2,904
Konvencionális olajégetéses rendszerek	2	1,165
Otto_motoros CHP	1	3,339
Szél erőművek	1	2,701
Integrált Szén IGCC	2	2,368
Szolartermikus rendszerek	1	2,807
Nagyteljesítményű tározós vízerőművek	2	4,183
Tüzelőanyag-cellás CHP	1	3,193

Forrás: saját szerkesztés, SPSS 18.0 output alapján

A klaszterképző ismérveket és az egyes klaszterek ezen ismérvek szerinti jellemző standardizált értékeit (ld. 10. melléklet) alapul véve megállapítható, hogy az első klaszterbe tartozó technológiákra általában jellemző, hogy (negatív) környezeti és társadalmi hatásaik alacsonyabbak, kedvezően befolyásolják egy adott térség, régió, vagy ország energetikai importfüggőségét, bár műszaki jellemzőik azt mutatják, hogy a központosított villamosenergia-rendszer üzemeltetésének, stabilitásának vonatkozásában (az ütemezhetőség, a kiszabályozási igény és a rendszerszabályozás tekintetében) jelentős háttérrel rendelkező szolgáltatásokat igényelnek (pl. tárolás, háttérkapacitás). A második klasztert alkotó technológiák, az ún. központosított villamosenergia-termelési technológiák éppen ennek ellenkezőjét képviselik. Kedvezőbb műszaki jellemzőik ellenére környezeti és társadalmi hatásaik, illetve externális költségeik magasabbak, kiépítési idejük és energiahordozó specifikáltságuk alapján pedig rugalmatlanabb megoldásoknak tekinthetők.

A K-közepű klaszteranalízis alapján a központosított villamosenergia-termelési egységek eltérő klasztereket képviselnek az általában teljesítményük és elhelyezkedésük alapján elosztott termelési egységeknek tekintett technológiák csoportjától, azzal a kitételrel, hogy a nagyteljesítményű átfolyós vízerőművek, a vizsgált szempontok alapján, inkább az elosztott termelési technológiák jellemzőivel mutatnak hasonlóságot.

Az SPSS 18.0 szoftver segítségével készített statisztikai elemzéseim alapján kijelenthető, hogy az általánosságban méretük és elhelyezkedésük alapján definiált elosztott termelési egységek a hagyományos, fosszilis és nukleáris alapú központosított termelési egységektől jól elkülöníthető csoportba tartoznak.

3.5.4. A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági vizsgálata

A különböző villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági-színvonal vizsgálata hivatott választ adni arra a kérdésre, hogy közelebb állnak-e az elosztott villamosenergia-termelési technológiák (illetve azok csoportja) a fenntartható fejlődés elveinek érvényesítéséhez, azaz, hogy fenntartható innovációnak tekinthető-e az elosztott termelési egységek alkalmazása?

Annak érdekében, hogy erre a kérdésre választ kapjak, egy olyan **többszemponútú értékelési (döntési) modellt** kell kialakítanom, mely lehetővé teszi az egyes technológiák társadalmi, gazdasági, környezeti és műszaki értelemben vett fenntarthatóságának egyidejű vizsgálatát. A villamosenergia-rendszer egy olyan komplex rendszer, mely környezetével interakcióban áll, az erőforrások használata, az átalakítási folyamat termékei, gazdasági hasznának kiaknázása, illetve a társadalomra, környezetre gyakorolt hatásai révén. A fenntarthatóság elveinek leginkább megfelelő villamosenergia-termelési mód meghatározása így csak ezen szempontok együttes érvényesítésével történhet (Deutsch, 2009, 368. o.).

A **többszemponútú döntési modelleket** régóta alkalmazzák a különböző energetikai kutatásokban. Az alkalmazási területek között említhetők az energiapolitikai döntések (nemzeti és regionális energiarendszerek értékelése, fejlesztéssel kapcsolatos döntések), a villamosenergia-rendszer stratégiai tervezésével kapcsolatos döntések (termelési, szállítási és elosztási rendszerek működése, fejlesztése, bővítése), a termelési technológiák és beruházási projektek értékelésének és összemérésének, valamint a villamosenergia-rendszerekhez köthető környezet-szennyezés, környezetirányítási és ellenőrzési kérdéskörei is (ld. bővebben Pohekar – Ramachandran, 2004; Zhou et al, 2006; Loken, 2007). Ahogyan azt Zhou et al (2006) 252 publikációt vizsgáló műve igazolja, a leggyakrabban alkalmazott modelleknek a Saaty (1990) által kidolgozott, rosszul strukturált, több célt követő döntési problémák kezelésére alkalmas Analytic Hierarchy Process (AHP) ⁷⁸ eljárás, a francia iskola ún. outranking (döntési folyam)⁷⁹ modelljei (ELECTRE és PROMETHEE eljárások), valamint a többattribútumos hasznossági függvényeket (MAUT) alkalmazó modellek tekinthetők. Ezek a módszerek a hagyományos profitmaximalizáló és költségminimalizáló modellekkel szemben lehetőséget adnak az egyre bonyolultabb energetikai menedzsment kérdések figyelembe

⁷⁸ Az AHP lehetővé teszi, hogy a számszerűen rendelkezésünkre álló adatok mellett, a kevésbé konkrét tényezőket is figyelembe vehessük. Az eljárás során a komplex problémát hierarchikusan alcélokra és kritériumokra bonthatjuk, annak megfelelően, hogy azok milyen mértékben járulnak hozzá az alapvető célunk eléréséhez, míg a hierarchia alján a különböző alternatívák kapnak helyet (Barakonyi, 2004). Az eljárás során egy adott szint elemeit egymással páronként hasonlítjuk össze, hogy megadhatassuk azok fentebbi szinthez való hozzájárulási súlyát. Az összehasonlításhoz alkalmazott verbális skála 1-9 értékig terjed, ahol az 1 az egyformán fontos/előnyös, a 3 a közepesen fontos/előnyös, az 5 a sokkal fontosabb/előnyösebb, a 7 a jóval fontosabb/előnyösebb, és a 9 a rendkívüli mértékben fontosabb/előnyösebb minősítésnek felel meg. Mindezt addig követjük, míg az összes szint értékelésre nem került. Ezt követően már meghatározhatjuk az egyes döntési alternatívák célelérés szempontjából releváns teljes súlykoefficiensét. Az eljárás eredményeként a legmagasabb súlykoefficiens értékkel rendelkező alternatívát tekintjük a legjobb választásnak.

⁷⁹ Ezek a módszerek is az alternatívák kritériumok szerinti páros összehasonlítására épülnek.

vételére, segítik a döntési probléma belső jellemzőinek megértését, támogatják a csoportos és kompromisszumos döntéshozatalt, javíthatják a döntések minőségét.

A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági indikátor-rendszerével foglalkozó fejezetben bemutatott kutatások - Evans et al (2009), Madlener-Stagl (2005), és NEEDS (2008) kivételével – bizonyos termelési egységek fenntarthatósági összemérését is vizsgálták a javasolt mutatószám-rendszer, valamint különböző többszemponútú döntési modellek segítségével. Burton és Hubacek (2007) például az általuk kialakított indikátorrendszer, valamint a páros összehasonlítás módszerére épülő ún. MACBETH eljárás segítségével készítik el a különböző megújuló energiahordozóra (nap, szél, biomassza, víz, hulladék) épülő termelési egységek fenntarthatósági összemérését. A szerzők az egyes technológiák adott indikátor szerinti értékét - a beruházási és üzemeltetési költségek, valamint a CO₂-kibocsátás kivételével – szakértői és lakossági (társadalmi hatások) megkérdezés alapján, egy 1-100 terjedő skálán mérik, és az egyes kritériumok súlyát is szakértői megkérdezés (5 energia szakértő és 2 önkormányzati képviselő) alapján állítják be. Tzeng et al (1992) az egyes kritériumok értékét a releváns szakirodalom alapján, 1-5-ig terjedő skálán mérik, súlyukat szakértői megkérdezés (4 szakértő) alapján, AHP eljárás segítségével, a vizsgált megújuló technológiák fenntarthatósági sorrendjét pedig a PROMETHEE eljárás révén határozzák meg. Deutsch (2009) a napelemes rendszerek, szélenergiák, kisteljesítményű vízerőművek, valamint a tüzelőanyag-cellás CHP-k közül az AHP eljárás segítségével próbálja megtalálni a fenntarthatóságnak leginkább eleget tevő elosztott termelési technológiát. Afgan - Carvalho (2002) kutatásaikban az ún. ASPID többszemponútú döntési modellt alkalmazzák az új és megújuló – napelemes rendszerek, atomerőművek, szénerőművek, a földgáz-hasznosítására épülő termelési technológiák összemérésére. A PSI (2006) kutatás a költség-haszon elemzés mellett többszemponútú döntési modellt (MAUT) is alkalmaz a konvencionális szén-, lignit-, olaj-, földgáz-, és atomerőművek, szélenergiák, vízerőművek, valamint napelemes rendszerek összehasonlítására. Ez utóbbi kutatások a hagyományos feltételezés (gazdasági, környezeti és társadalmi szempontok azonos fontossága) mellett érzékenységvizsgálatot is készítenek.

A különböző villamosenergia-termelési technológiák relatív fenntarthatósági sorrendjének meghatározása érdekében kidolgoztam egy, a súlyozott értékösszeg módszerét alkalmazó Excel alapú többszemponútú döntési modellt.

Első lépésként a különböző villamosenergia-termelési egységek fenntarthatósági szempontrendszerét felhasználva az egyes termelési technológiák kritériumok szerinti átlagteljesítményét, - az egyes tényezők és technológiák összemérhetősége érdekében, - kritériumonként lineáris interpolációt alkalmazva, 0-1 intervallumra normalizáltam. Fontos megjegyezni, hogy az adott kritérium vonatkozásában legkedvezőbb értéket a 0, a legkedvezőtlenebb értéket az 1 képviseli (ld. 11. melléklet).

Második lépésként az egyes alcélok súlyértékei kerültek beállításra. Kiindulásként a fenntarthatósági alcélokat azonos súllyal szerepeltettem (azaz $w_G=w_E=w_K=w_T=0,25$), ám az

Excel program lehetőséget ad ezen súlyok szabad változtatására, így érzékenységvizsgálat elvégzésére is. **A következő lépést az egyes alkritériumok fontosságának, súlyának meghatározása jelenti.** Ezt a **Guilford-féle páros összehasonlítás módszerére** épülő szakértői megkérdezés alapján végeztem el. Ez az eljárás a páros összehasonlítás módszerét fejleszti tovább olyan módon, hogy nem csak sorrendi skálán való súlyozást tesz lehetővé, hanem biztosítja az intervallumskálán való összemérés lehetőségét is. Választásom azért esett erre a módszerre, mivel az egyes alcélokhoz tartozó kritériumok száma (meghaladta a hetet) kizárta a pontosabbnak tekinthető AHP eljárás alkalmazhatóságát, másrészt, az egyszerű értékítéletek meghozatala (azaz a páronként fontosabb jellemző megnevezése) segítheti a szakértők konzisztensebb véleménynyilvánítását. A Guilford féle páros összehasonlítási eljárás menetét a 12. melléklet tartalmazza.

A gazdasági, műszaki, társadalmi, környezeti alcélokon belüli kritériumok súlyainak meghatározását 13, releváns területen kutató, dolgozó, neve elhallgatását kérő szakértő értékelése alapján készítettem el. A szakértők alcélonként 1, összesen 4 darab páros összehasonlítási listát töltöttek ki. Ennek alapján összeállítottam a döntéshozók egyéni preferenciátábláit. A szavazatok birtokában először az egyéni döntések konzisztencia-vizsgálatával foglalkoztam, miután a bírálóknak lehetőséget adtam inkonzisztens ítéletek meghozatalára is (pl. $A > B$, $B > C$, $A < C$ döntéstriád). A véletlenszerű véleményezések kizárásához csak a magas (70% feletti) következetességi mutatókkal jellemezhető egyéni szavazómátrixok fogadhatók el. Miután a 13 szakértő, mind a négy alcélhoz tartozó döntésének konzisztencia szintje meghaladta a 70%-ot (az egyes alcélokhoz tartozó átlagos konzisztencia szintek – gazdasági: 0,95; műszaki: 0,875; környezeti: 0,95; társadalmi: 0,951 - is jó teljesítményt tükröznek), így az aggregált preferencia táblák, és a további értékelések elkészítéséhez egyetlen résztvevő véleményét sem kellett kizárnom. Az aggregált preferenciátáblák alapján először a résztvevők véleményegyeztési mutatójának meghatározására került sor. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a preferálók az egyes dimenziókhoz tartozó indikátorok fontosságát tekintve egységes állásponton vannak, és ez az egyetértés nem a véletlen következménye. Az egyes kritériumok súlyainak ismeretében már meghatározhatók a kritériumok célelérsi globális súlyai, mégpedig úgy, hogy a kritériumok súlyait felszorozzuk az alcélok fontosságát képző súlyokkal. A páros összehasonlítási listákat, az egyedi preferenciátáblák kiértékelését, valamint a hozzájuk tartozó számításokat (konzisztencia-vizsgálat, véleményegyeztési mutatók, a preferenciaarányok transzformálása, intervallumskálák értékeinek meghatározása), az egyes kritériumok súlyait terjedelmi okok miatt a 13. mellékletben közlöm.

A vizsgálat **utolsó lépését** az egyes alternatívák fenntarthatósági értékeinek kiszámítása képezi, melynek során összegezem az egyes termelési technológiák adott kritérium szerinti normalizált értékeinek és az adott kritérium célelérsi globális súlyának szorzatait. A 3.9. táblázat a vizsgálatba vont technológiák fenntarthatósági rangsorát mutatja az egyes alcélokhoz rendelt különböző súlyértékek esetén. A kiinduló feltételezésemnek (azaz $w_G = w_E = w_K = w_T = 0,25$) megfelelő rangsort a táblázat első oszlopa tartalmazza. ***Eszerint, a fenntarthatóságnak leginkább eleget tévő technológiákat a nagyteljesítményű átfolyós, a***

nagyteljesítményű tározós, valamint a kisteljesítményű vízerőművek képviselik⁸⁰, melyeket a közel azonos értékkel bíró kisteljesítményű kapcsolt termelési egységek, szolártermikus és napelemes rendszerek, végül a szélerőművek követnek, míg a rangsor középmezőnyében helyezkednek el a geotermikus erőművek és a különböző biomassza égetéses rendszerek. A legkevésbé elfogadható technológiák közé sorolódtak a nagyteljesítményű fosszilis és nukleáris villamosenergia-termelési technológiák.

3.9. táblázat: Az egyes villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatóság sorrendje

Alternatíva meghatározás	I. $(w_1=w_2=w_3=w_4)$		II. $w_G=0,7$ $0,1=w_E=w_T=w_K$		III. $w_E=0,7$ $0,1=w_G=w_K=w_T$		IV. $w_T=0,7$ $0,1=w_G=w_E=w_K$		V. $w_K=0,7$ $0,1=w_G=w_E=w_T$	
	Érték	Sorrend	Érték	Sorrend	Érték	Sorrend	Érték	Sorrend	Érték	Sorrend
Átfolyós nagy vízerőmű	15,86	1	11,87	1	16,04	1	23,44	2	12,09	1
Atomerőmű	58,36	19	53,87	15	50,1,6	15	77,08	20	53,33	17
Biomassza égetéses rendszerek	44,13	14	60,69	17	41,36	8	40,49	14	33,98	13
Dizel-motoros (CHP)	33,23	6	34,02	9	40,28	6	24,48	4	34,14	14
Ellennyomásos turbína (CHP)	34,20	8	36,55	11	47,92	13	27,51	9	25,82	9
CCGT (CHP)	34,93	10	34,81	8	36,08	4	35,76	11	33,06	12
Geotermikus erőművek	44,22	15	47,51	14	63,99	17	38,74	12	26,62	10
Kisteljesítményű vízerőmű	18,00	2	15,59	3	22,75	3	20,61	1	13,06	2
Kondenzátorturbína (CHP)	32,23	4	35,76	10	41,38	9	26,72	7	25,07	7
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	52,00	16	58,67	16	47,71	12	49,35	16	52,29	16
Konvencionális szénégetéses rendszerek	62,87	20	68,71	20	51,96	16	56,46	19	74,33	20
Microturbunák (CHP)	32,75	5	37,36	12	41,01	7	26,93	8	25,60	8
Napelemes rendszerek	37,76	12	31,63	5	73,54	20	25,95	6	19,92	4
Olajégetéses rendszerek	55,77	18	64,99	19	49,24	14	50,86	17	57,96	19
Otto_motoros CHP	34,90	9	33,35	6	40,06	5	25,60	5	40,59	15
Szélerőművek	43,02	13	35,30	9	71,05	19	42,89	15	22,85	6
Szén IGCC	54,31	17	62,67	18	47,32	11	51,46	18	55,78	18
Szolártermikus rendszerek	33,57	7	18,41	4	71,00	18	23,43	3	21,45	5
Tározós nagy vízerőmű	21,73	3	14,94	2	17,33	2	39,99	13	14,76	3
Tüzelőanyagcella (CHP)	35,17	11	40,64	13	44,26	10	28,74	10	27,03	11

Forrás: saját szerkesztés

Az alapfeltételezés mellett további négy, szélsőséges – gazdaság-orientált (II. $w_G=70\%$), ellátás-orientált (III. $w_E=70\%$), társadalom-orientált (IV. $w_T=70\%$) és környezet-orientált (V. $w_K=70\%$) – eset segítségével érzékenységvizsgálatot is készítettem. *Míg a környezeti és a társadalmi szempontok fontosságának növelése csupán az elosztott termelési egységek klaszterén, illetve a nagyteljesítményű technológiák klaszterén belüli sorrendet változtatta meg, addig a gazdasági, illetve a műszaki jellemzők súlyának emelése meglepő eredményeket is hozott. A gazdaság-orientált esetben a megújuló és kapcsolt termelési technológiák a „vártnál” jobb pozíciót értek el. A nagyteljesítményű, érett*

⁸⁰ Ez egybevág Kozma (2002) megállapításával is, aki a vízerőhasznosítás ellen szóló érveket kérdőjelezi meg munkájában.

vízerőművek kivételével ugyanis, a tanulási görbéjük kezdeti fázisában lévő megújuló és kapcsolt technológiáknál, a működési teljesítmény, a karbantartási igények, és a várható élettartam tekintetében jelentős bizonytalansággal kell számolni, ami egyúttal azt is jelenti, hogy a beruházási és üzemeltetési költségek (különösen az aktualizált költségek⁸¹) terén sok esetben nem képesek felvenni a versenyt a hagyományos megoldásokkal. Ugyanakkor, az egyes energiahordozók árának (pl. kőolaj, földgáz) kedvezőtlen alakulása, ingadozása, az energiahordozók elérhetősége, és a hozzájuk társítható externális költségek befolyásolják az erőművek termelési költségeit, illetve a gazdasági szereplőkre gyakorolt hatásait. A kedvezőtlen hatások elkerülését segíti, ha az adott technológia rugalmasan képes átállni más energiahordozó hasznosítására. A megújuló (nap, szél, víz) technológiák működése a természeti erőforrások rendelkezésre állásától, elérhetőségétől, az időjárási feltételek alakulásától függ, működési költségeik rugalmatlanok a fosszilis energiahordozók árának alakulására. Bár a biomassza alapú termelési egységek, valamint a kapcsolt erőművek esetében is megfigyelhető egyfajta energiahordozó-rugalmasság (biomassza égetési erőművek különböző biomassza típusok hasznosítására, illetve a különböző földgáz alapú CHP-k biomassza, vagy hidrogén hasznosításra történő átállítása), ezen technológiák átalakítása bizonyos esetekben már magas kiadásokkal jár (Deutsch, 2010).

A korábbi kutatási eredményekre (pl. PSI, 2006) épülő várakozásaimmal szemben, a műszaki jellemzők súlyának 70%-ra történő emelése sem borította fel az alternatívák rangsorát a fosszilis és nukleáris erőművek javára. A sorrend élén továbbra is a vízenergia hasznosítás technológiái állnak, melyeket a kapcsolt erőművek, biomassza égetéses rendszerek, majd a fosszilis és nukleáris erőművek követnek. Az utolsó helyeken a geotermikus erőművek, szélerőművek, a napelemes és szolártermikus rendszerek találhatók. Ez az eredmény némi magyarázatra szorul. Az elosztott technológiák többségére igaz, hogy a hagyományos villamosenergia-termelési technológiákkal szemben alacsonyabb termelési hatékonysággal bírnak. A viszonylag alacsony hatékonyság mellett, a szélerőművek és a napelemes rendszerek esetében a szakaszos termelési profil miatt a villamosenergia-ellátás zavartalanságának biztosításához komoly kiszabályozási és tartaléktartási háttérkapacitásokra van szükség (azaz ezek a technológiák a teljes, központosított rendszer számára szabályozási többletfeladatot okozhatnak), miközben nem képesek a rendszerszabályozási feladatokban részt venni. Bár a hagyományos fosszilis és nukleáris technológiák ellátás-biztonsági és -minőségi szempontból kedvező értékekkel bírnak, energiamegtérülési rátájuk messze elmarad az elosztott technológiáktól, melyet energetikai hatásfokuk⁸² sem tud kompenzálni. A biomassza, illetve a CHP termelési egységek rendelkezésre állása és rendszerrel szemben támasztott követelményei hasonlóak a hagyományos termelési technológiákéhoz, ráadásul a különböző kapcsolt termelési technológiák mellett szól, hogy a villamosenergia-termelés mellett esetükben lehetőség van a hulladékként keletkező hőenergia hasznosítására is (Deutsch, 2010).

⁸¹ A technológia várható élettartama alatt felmerülő költségek jelen pillanatra diszkontált értéke.

⁸² Ráadásul, ezen konvencionális technológiák villamos hatásfoka a többszöri energiaátalakítás (energiahordozó→hőenergia→mozgási energia→villamos energia) miatt nem olyan magas, mint ahogyan azt a közvélekedés tartja (ld. bővebben Fazekas, 2006).

Mindez azt sugallja, hogy a kisteljesítményű megújuló energiahordozókra épülő technológiák és kapcsolt erőművek a konvencionális központosított erőművekhez képest közelebb állnak a fenntartható fejlődés elveinek érvényesítéséhez. Ez némileg ellentmond a fosszilis, nukleáris és megújuló termelési technológiákat is összehasonlító PSI (2006) és Afgan - Carvalho (2002) által kapott eredményeknek. A gazdasági, környezeti, műszaki, és társadalmi szempontok azonos súllyal történő szerepeltetése esetén, a PSI (2006) sorrendjét a víz-, a szél-, és az atomerőművek vezetik, melyet a földgáz-égetéses és napelemes rendszerek, szénerőművek, és végül az olajégetéses erőművek követnek. Afgan - Carvalho (2002) rangsorában pedig a víz, az atom, a földgáz, a szél, a geotermikus, a szolártermikus, a szénégetéses, az óceán, a napelemes rendszerek, valamint a biomassza alapú erőművek követik egymást. Sőt, érzékenységvizsgálataik is alátámasztják a környezeti, gazdasági, társadalmi és energetikai szempontok között fennálló trade-off viszonyokat. Annak érdekében, hogy az adatok megfelelő számbavételét igazolni tudjam, a modellt a PSI (2006), valamint Afgan - Carvalho (2002) indikátoraival és súlyaival is lefuttattam, melynek eredményeként a kapcsolt erőművek közbeékelődésével ugyan, de az említett kutatásokkal azonos eredményeket kaptam. Ennek alapján kijelenthető, hogy a technológiák rangsorában tapasztalható eltérések indokául a vizsgált technológiák köre, a kritériumrendszerek összetétele, illetve azok súlyai szolgálnak.

Következtetésem ugyanakkor csak bizonyos korlátozások figyelembe vételével érvényes. A legfontosabb korlátozó tényezőnek a technológiai csoportok, és az egyes ismérvekhez tartozó adatok elérhetősége számít, mely jelentős mértékben torzíthatja a kapott eredményeket. Ahogyan arra már a kezdetekben is utaltam, a legtöbb jellemzőről csak adott technológiai csoporthoz tartozó átlagérték, illetve intervallum skála állt rendelkezésemre, ám a hozzájuk tartozó eloszlások ismeretének hiányában nem tudtam meghatározni az adott technológiai csoportra jellemző, adott kritériumhoz tartozó leggyakrabban előforduló értéket. *Szofisztikáltabb eredmények kaphatók továbbá, ha technológiai csoportok helyett, alacsonyabb aggregáltági szinten vizsgálódunk, azaz konkrét erőművek összehasonlítását tesszük meg, ám erre adatok hiányában nem volt lehetőségem. A modell további szűk keresztmetszetét a technológiai csoportokra vonatkozó adatok aktualitása képezi.* A villamosenergia-termelési technológiák folyamatos fejlesztése, tanulási görbén történő előre haladásuk a vizsgált tényezők által felvett értékek gyors elavulásához vezethetnek, és megváltoztathatják a kialakult sorrendet. *A villamosenergia-termelési technológiák megbízható, alapos és nyomon követhető fenntarthatósági összeméréséhez, valamint a fenntarthatósági célokat szolgáló technológiai fejlesztések kiválasztásához és támogatásához tehát nélkülözhetetlennek tartom, hogy a különböző stakeholderi csoportok együttműködése révén kidolgozásra kerüljön a villamosenergia-termelési technológiák dinamikus mutatókat is felölelő fenntarthatósági kritériumrendszere, és rendelkezésre álljanak az egyes technológiák adott kritérium szerinti releváns értékeit, azok fejlődését is nyomon követő adatbázisok.*

A fenti eredmények ismeretében már rátérhetünk az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatrendszerének vizsgálatára.

4. Az elosztott villamosenergia-termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolata

A dolgozat ezen fejezetben, a rendszerinnoációs elméleti alapokra építve az elosztott villamosenergia-termelési technológiák sajátosságainak, illetve az Európai Unió tagállamaiban uralkodó villamosenergia-rezsimre gyakorolt hatásainak feltárására vállalkozom. Az elosztott technológiák és a központosított villamosenergia-rezsim kölcsönkapcsolatának fizikai, jogi, piaci, szervezeti és politikai dimenziók mentén történő elemzése során bemutatásra kerülnek azok a piacliberalizációhoz köthető hatások is, melyek nagymértékben hozzájárulnak az elosztott egységek megjelenéséhez is.

Ahogy az a dolgozat rendszerinnovációval foglalkozó fejezetében már bemutattam, a rendszerinnovációk különböző innovációk kombinált összességét jelentik, melyek új vagy meglévő termékek, szolgáltatások nyújtását teszik lehetővé, miközben új logikát, alapelveket és gyakorlatokat hívnak életre. Könnöla (2007) arra is felhívja a figyelmet, hogy a technológiai rendszerek változását eredményező fenntartható rendszerinnovációknak technológiai, iparági, politikai és társadalmi változásokat is életre kell hívniuk. A technológiai rendszerek változásával foglalkozó művek azt hangsúlyozzák, hogy a technológiai rendszerek történetileg kialakult stabilitása a változással szembeni ellenállás forrásául szolgálhat. Megközelítésük értelmében, a rendszerinnovációk az új technológiák kifejlesztése és terjedése révén jelenhetnek meg, melynek gátat szab az útfüggőség és techno-intézményi bezáródás eredményeként létrejött technológiai rezsim. A technológiai rezsim kialakulásának technológiai, társadalmi, intézményi, és pénzügyi forrásai vannak, hatásainak feltárása és felszámolása nélkülözhetetlen a radikális újítások térnyeréséhez.

Az elosztott termelési egységekben rejlő rendszerinnovációs potenciál feltárása tehát szükségessé teszi azon megtartó és szakító innovációk, fokozatos és radikális változások vizsgálatát, melyeket az elosztott termelési egységek idéznek elő, illetve igényelnek a központosított villamosenergia-rezsim materiális alapjaiban, iparági struktúrájában, társadalmi és politikai jellemzőiben. Ezzel egyidőben, az elemzés hozzájárulhat ahhoz, hogy igazolni tudjuk a villamosenergia-rendszerrel, villamosenergia-termelési technológiákkal foglalkozó kutatások (pl. Islas, 1997; Unruh, 2002; Alaane – Saari, 2003, Hirsh – Sovacool, 2006) azon állítását, miszerint a központosított villamosenergia-rezsim esetében is megfigyelhető a nagyteljesítményű, fosszilis-alapú termelési technológiákra épülő technológiai rezsim megléte akadályokat állít a radikális, szakító innovációk terjedése elé. A központosított villamosenergia-rezsim és az elosztott termelési technológiák kapcsolatrendszerének vizsgálata tehát hozzájárulhat ahhoz is, hogy azonosítani tudjuk a változással szembeni ellenállás felszámolandó területeit és forrásait.

Véleményem szerint ennek legjobb eszközéül a 2.6. fejezetben bemutatott, Hadjilambrinos (1998) dimenzionális modelljének módosított változata szolgálhat. Hadjilambrinos (1998) eredeti modelljét használja fel Diolettas (2005) is értekezésében, a centralizált és decentralizált villamosenergia-rezsim összehasonlítására. Diolettas (2005) a dimenzionális elemzés segítségével azt próbálja meg igazolni, hogy a létező centralizált villamosenergia-

rendszer gyakorlati és a decentralizált villamosenergia-rendszer hipotetikus (DER, azaz az elosztott termelés, tárolás és energia-megtakarítás egységes rendszere!) modellje egymástól eltérő technológiai rezsimeknek tekintendők, és a megújuló energiahordozókra épülő termelési technológiák jobban illeszkednek a decentralizált villamosenergia-ellátás és fogyasztás rezsimjébe.

Dolgozatomban ugyanakkor, az általam módosított dimenzionális elemzési keretrendszer újfajta alkalmazását kívánom bemutatni azáltal, hogy a központosított villamosenergia-rezsim és az elosztott termelési technológiák (DG, azaz csak a kisteljesítményű, fogyasztói ponthoz közel elhelyezkedő termelési egységek!) kölcsönkapcsolatának feltárása révén keresem a választ arra, hogy képesek-e az elosztott egységek a központosított villamosenergia-rendszer technológiai rezsimjében új logikát és funkciókat létrehozva változásokat előidézni, illetve az egyes rezsimdimenziókban megjelenő újításokkal kombinálva fellépni. Úgy vélem, hogy a 4.1. táblázatban bemutatott keretrendszer alkalmas az elosztott egységek rendszerinnovációs potenciáljának feltárása szempontjából lényeges hatások és azok kapcsolódásának logikai rendszerezésére.

4.1. táblázat: Az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatának vizsgálati modellje

Dimenzió			Központosított villamosenergia-rezsim jellemzői	Elosztott termelési egységek hatása
Fizikai dimenzió	Termelési technológiák	Szállítás-Elosztás-Tárolás technológiái	Technológiai alapok	
			Rendszer alapját képező technológiák mérete, típusa	Minőségi, mennyiségi
			Természeti erőforrás igény	
			A technológiák által használt alapanyagok, erőforrások típusa, mennyisége	Minőségi, mennyiségi
			Alapanyagok térbeli megoszlása	Minőségi, mennyiségi
			A technológiák környezeti hatásai	Minőségi
			Humán-erőforrás-igény	
			Munkaerő-intenzitás	Mennyiségi
			Munkaerő képzettségének megkívánt szintje, típusa	Minőségi, minőségi
			Tőke-igény	
Tőkeintenzitás	Mennyiségi			
Piaci dimenzió			Piaci struktúra, szereplői csoportok	Minőségi, mennyiségi
			Piaci koncentráció	Mennyiségi, minőségi
Szervezeti dimenzió			Stratégia és funkcionális területek	Minőségi
			Szervezeti mérete és struktúra	Minőségi
			Tulajdonosi viszonyok	Minőségi
Jogi dimenzió			Szabályok, előírások, törvények	Minőségi
Politikai dimenzió			Ideológiai alapok	Minőségi
			A rezsim informális intézményei	Minőségi
			Döntéshozatali folyamat és irányítás	Minőségi, Mennyiségi
			Előnyök és hátrányok megosztása	Minőségi

Forrás: saját szerkesztés

Az elemzési keretrendszer szerint az elosztott termelési egységek technológiai változtatási igényét, a központosított rezsim materiális alapjaira gyakorolt hatásait, illetve a rezsim

technológiai stabilitásának tényezőit a **fizikai dimenzió** mentén elemezhetjük. Az elosztott termelési egységek és a központosított rezsim uralkodó termelési technológiáinak előző fejezetben elkészített többszemponút összehasonlítása révén már feltártuk a termelési technológiák között fennálló különbségeket, valamint a fenntarthatósági elvek érvényesítésére vonatkozó képességüket. Az elosztott egységek és a központosított rendszer szállítási-elosztási alrendszerének, valamint az elosztott egységek tárolási technológiák iránti igényének vizsgálta segítheti megérteni, milyen infrastrukturális hatásai, igényei és akadályai lehetnek a kisteljesítményű termelési technológiák terjedésének. Az elosztott termelési egységeknek az uralkodó rezsim piaci struktúrájára, szereplőinek összetételére, és kapcsolatrendszerére gyakorolt hatásait a **piaci dimenzió**, az elosztott termelési egységek központosított villamosenergia-rezsim domináns részesedéssel bíró szereplőinek szervezeti és üzleti stratégiáira, felépítésére, tulajdonosi szerkezetére, valamint kockázatkezelési, kutatás-fejlesztési, marketing és tervezési tevékenységeikre gyakorolt hatásait a **szervezeti dimenzió** keretein belül elemezhetjük. A **piaci és szervezeti dimenziók** vizsgálata továbbá segítheti az uralkodó rendszer elosztott technológiákkal szemben támasztott piaci és iparági korlátainak azonosítását. Az elosztott termelési egységek diffúzióját korlátozó, valamint a központosított villamosenergia-rendszer működését szabályozó formális intézményeket a **jogi dimenzió** mentén mérhetjük fel. Emellett, a modell lehetővé teszi, hogy feltárhassuk az elosztott termelési egységek által, a központosított villamosenergia-rendszer ideológiai alapjaiban, informális intézményeiben, döntéshozatali folyamataiban előidézett változásokat, és rávilágíthassunk az elosztott termelési egységek használata által biztosított előnyök és hátrányok megoszlására (**politikai dimenzió**).

Ahogy az a 2.4. fejezetben is bemutattam, a technológiai rendszerek gazdasági, környezeti és társadalmi szempontból fenntarthatóbb pályára állítását segítő szakító innovációk térnyerésének és érvényesülésének folyamatában lényegi szerep tulajdonítható az államnak. Grubler et al (1999) és Jaffe et al (2002) azt is kiemelik, hogy a klímaváltozás, fenntartható fejlődés, és az energetikai problémák technológiai innovációk révén történő kezelése az innovációs folyamat bizonytalan, komplex és iteratív természete miatt a keresleti és kínálati politikák alkalmazását is szükségessé teszik. Az Európai Unió mindezt felismerve számtalan intézkedést fogantatosított, és programok⁸³ sokaságát indította el a megújuló energiahordozók támogatása érdekében. A rendelkezésre álló adatok (14. melléklet) mégis azt mutatják, hogy ezen technológiák terjedése nagyon lassú ütemben halad.⁸⁴ Ez pedig egyúttal azt jelenti, hogy az elosztott termelési egységek diffúziós problematikája mögött meghúzódó műszaki, intézményi, piaci, társadalmi és politikai

⁸³ Az EU 6. K+F Keretprogramjának (2002-2006) költségvetésén belül a fenntartható energiarendszer támogatására 810M€-t, a 7. Keretprogram (2007-2013) költségvetésében pedig a hidrogén-hasznosítás, a megújuló villamosenergia-termelés, a megújuló tüzelőanyagok, a megújuló hűtő- és fűtőanyagok előállítás, a tisztaszén technológiák, a CO₂-csökkentési technológiák, az energiahatékonyság- és takarékoság, az energiapolitikai döntéshozatal javítását, és az intelligens hálózatok témakörét átfogó Energia témakör támogatására összesen 1,3Mrd€-t biztosítottak, a versenyképességi és innovációs keretprogram „Intelligens energia – Európa” programja 2003-2006 között összesen 250M€-t fordított az intelligens energiahasználat, a megújuló energiahordozók, elosztott termelési technológiák támogatására (<http://www.cordis.com>).

⁸⁴ A 2009-es előrehaladási jelentések szerint az EU 2010-ig nem tudja teljesíteni a megújuló forrásokból előállított villamos energia vonatkozásában meghatározott 21%-os célkitűzését. 2004 és 2008 között a megújuló forrásokból előállított villamos energia aránya az Európai Unióban csupán 1,5 százalékponttal nőtt, ráadásul a tagállamok teljesítménye is rendkívül eltérő képet mutat (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52009DC0192:EN:NOT.>)

tényezők további vizsgálatra szorulnak. Véleményem szerint, az elosztott termelési egységek és a központosított rezsím kapcsolatrendszerének EU-s szintű vizsgálata nemcsak a központosított rezsím és az elosztott termelési technológiák rendszerinnovációs potenciáljának azonosítását segítheti, hanem az elosztott termelési egységek versenyképességét és terjedését befolyásoló tényezők feltárása révén hasznos információkat szolgáltat a villamosenergia-rendszerek fenntarthatóságának megteremtését biztosító jövőbeli politikai célkitűzések és intézkedések számára.

A további alfejezetekben tehát a módosított elemzési keretrendszer segítségével kísérletet teszek az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciáljának felmérésére, valamint a terjedésük útjában álló tényezők feltárására.

4.1. Fizikai dimenzió

Miután a 3.5 alfejezetben már elvégeztem a központosított villamosenergia-rezsím alapjait képező termelési technológiák és az elosztott termelési egységek összehasonlító elemzését, a fizikai dimenzió vizsgálata során a hangsúlyt az elosztott termelési egységeknek a központosított rezsím szállítási és elosztási alrendszerére, illetve a villamosenergia-tárolás szerepére gyakorolt hatásainak bemutatására helyezem.

4.1.1. Termelési alrendszer

A különböző villamosenergia-termelési technológiák 3.5. fejezetben elkészített fenntarthatósági vizsgálata során kiderült, hogy az általánosságban méretük és elhelyezkedésük alapján definiált elosztott egységek gazdasági, műszaki, társadalmi és környezeti jellemzőik alapján a hagyományos, fosszilis és nukleáris alapú központosított termelési egységektől jól elkülöníthető csoportba tartoznak, és a termelési technológiák fenntarthatósági sorrendjében is megelőzik azokat. Míg az elosztott termelési technológiák fő erősségének az alacsonyabb környezetterhelés, a pozitív társadalmi hatások, valamint moduláris szerkezetüknek köszönhető rugalmasságuk, és alacsonyabb függőségük tekinthető, alkalmazásukat a magasabb beruházási költségek, az alacsony termelési hatékonyság, a rendelkezésre állás és ütemezhetőség problematikája, valamint a magas tartaléktartási és kiszabályozási igény jellemzi. Ez utóbbi kérdések pedig már átvezetnek a infrastrukturális hatások vizsgálatának területére.

4.1.2. A központosított rezsím szállítási és elosztási alrendszere

A termelési egységekben megtermelt villamos energia fogyasztókhoz való eljuttatását, a rendszer elemeinek összekapcsolását, a **szállítói és elosztói alrendszer** végzi. A **szállítási alrendszer** az alaphálózatot, a főelosztó hálózatokat, és az alállomásokat foglalja magában. Az átviteli és kapcsolódási hálózat feladata, hogy elszállítsa a villamos energiát a termelési egységektől, a főelosztó hálózatokon át, az alállomások felé; szoros kapcsolatot teremtsen a termelő egységek között, - így hozva szinkronba a termelési egységeket a rendszerrel, - valamint a nemzetközi kooperáció révén biztosítsa a határkeresztező kereskedelmet (Schienbein – Dagle, 2001; Bihari, 1998; Willis – Scott, 2000; Grigsby, 2007). A főelosztó

hálózatok feladata, hogy elszállítsák a villamos energiát az átviteli hálózattól az állomásokig, a “nagy fogyasztói” központokhoz, melyek közé az a néhány, magas fogyasztással rendelkező magánfogyasztói egység (pl. vegyipar, vasút) sorolható, akiket közvetlenül nagyfeszültséggel látnak el. Ezen hálózatok általában hurkos felépítésűek, azaz a rendszer egy adott fogyasztási pontját két szállítási útvonal lát el, és mindkét pályát bármikor aktiválni lehet (Schienbein – Dagle, 2001; Bihari, 1998; Willis – Scott, 2000; Grigsby, 2007). Az állomások pedig azok a szállító hálózati rendszerlemek, melyek összeköttetési pontként szolgálnak a szállító és az elosztó hálózat között.

Az **elosztási alrendszer** a villamosenergia-állomásoktól a végfogyasztókig történő szállítását biztosító közepes és kisfeszültségű hálózatokat, és elosztói transzformátorokat tartalmazza. A közép- és kisfeszültségű elosztóhálózat feladata a villamos energia továbbítása a főelosztó hálózati állomások mintegy 10-40 km-es körzetében az elosztó hálózati transzformátor-állomásokig, illetve a nagyobb teljesítményigényű ipari és mezőgazdasági fogyasztókig (Bihari, 1998, 111. o.). Az elsődleges elosztóhálózat mellékelosztó hálózatokra tagozódva szállítja a villamos energiát a fogyasztók felé közeledve a transzformátor-állomásokig. Az elosztó hálózati transzformátorok az áramot felhasználási feszültségszintre alakítják, továbbítva azt a villamosenergia-szállítás legalsó hierarchikus szintjéhez. A kisfeszültségű elosztóhálózat feladata a lakossági kommunális kisfogyasztók ellátása (Bihari, 1998, 111. o.). Az elosztó hálózat struktúráját tekintve általában sugaras szerkezetű, azaz minden fogyasztói egység csak egyetlen lehetséges táplálási úttal rendelkezik. Így egy-egy elem kiesése esetén a fogyasztók ellátása általában csak átkapcsolásokkal, üzemszünetekkel biztosítható.

Az átviteli és elosztói hálózat tehát hierarchikus felépítésű, minden egyes szint az öt megelőző szinttől kapja az áramot, és az öt követő, alacsonyabb szint felé vezeti azt (Willis – Scott, 2000; Grigsby, 2007). A fogyasztói alrendszerhez közeledve a hálózatok névleges feszültségi szintje⁸⁵, átlagos kapacitása is csökken, míg az egyes szintek nettó kapacitása (hiszen a hálózati hierarchián lefelé haladva az egyes alrendszerek egyre több berendezésből, eszközökből állnak⁸⁶) nő.

Az alábbi alfejezetekben a szállítói és elosztói alrendszerek töke-, alapanyag- és munkaerő-intenzitását, természeti környezetre gyakorolta hatásait, valamint az elosztott termelési egységek elosztóhálózatra történő kapcsolódásának kérdéskörét vesszük górcső alá.

⁸⁵ A vezetékeken átvihető villamos energia mennyiségét a feszültség határozza meg, minél nagyobb teljesítményt kell minél nagyobb távolságra szállítani, annál nagyobb feszültségre van szükség (Bihari, 1998. 99. o.). Az EU-ban a feszültségi szintek alapján, az alábbi négy hálózati csoportról beszélhetünk (ICF, 2002, 9. o.): Extra magas feszültség: 750kV (tenger alatti vezeték), 400kV (Nordel és UK standard); 380kV (UCTE standard); 220-300kV (nem standard)

- Magasfeszültség: 60kV-150kV
- Közepes feszültség: 10kV-50kV
- Kisfeszültség: 0,2-0,4kV.

⁸⁶ Willis – Scott (2000, 15. o.) által bemutatott példa szerint egy, 300000 fogyasztót kiszolgáló rendszerrel megközelítőleg 50 szállítóvezeték, 100 állomásra, 600 elosztóhálózati vonalra, 40000 elosztói transzformátorra és 300000 kisfeszültségű elosztóhálózati vonalra van szükség. Ez pedig erőteljesen megnöveli az elosztó hálózatok sérülékenységét. Többek között ez az oka annak, hogy a rendszerhibák közel 60%-a a fogyasztók 1km-es körzetében következik be.

4.1.2.1. A szállítói és elosztói alrendszerek beruházási és üzemeltetési költségei

A szállítói és elosztó hálózati alrendszerek kiépítése, működtetése, karbantartása, fejlesztése egyaránt költséges tevékenységnek tekinthető. A szállítói és elosztási alrendszerek beruházási költségei magukban foglalják az eszközök, berendezések beszerzési költségeit, a kiépítéshez szükséges területek előkészítésével, a rendszerek kiépítésével, összeszerelésével, üzembe helyezésével kapcsolatosan felmerülő kiadásokat. A 4.2. táblázat szemlélteti az egyes alrendszeri szintek beruházási költségeit.

4.2. táblázat: A szállítói és elosztói alrendszer beruházási költségei*

Alrendszer szintje	Beruházási költségek		Beruházási költségek	
	(\$/km)	(€/km)	(\$/kW)	(€/kVA)
Alap-és főelosztó hálózat	31000-621500	400000		0,3
Alállomás		2000000	23-33	25
Közepes feszültségű elosztó hálózat	34000 - 310000		Felsővezeték: 10-30 Földkábel: 30-60	7,8 25
Kisfeszültségű elosztó hálózat			60	

*Megjegyzés: a költségek a hálózatok feszültségintjétől, kapacitásától, fázistípusától, elhelyezésétől (felsővezetékes vagy földkábeles rendszer), alkalmazott technológiáktól, anyagoktól függően alakulnak

Forrás: saját szerkesztés Willis- Scott (2000, 26-28. o.) alapján

A **szállítói alrendszer** beruházási költségei magukba foglalják a szállító hálózattal és az alállomásokkal kapcsolatos beruházási költségeket. Az alap- és főelosztó hálózatok beruházási kiadásai a vezetérendszer beszerzésének, kiépítésének kilométerre eső költségeit, valamint az alállomási kapcsolódás ún. határvonali költségeit tartalmazza. Az alállomásokkal kapcsolatos kiadások alapvetően négy fő – az alállomás kiépítéséhez szükséges terület megszerzésével, előkészítésével; a transzformátorok kiépítésével; a beérkező főelosztó hálózati végződésekkel, és az alállomást elhagyó elosztó hálózati csatlakozással, elkerüléssel kapcsolatos – tételből állnak. Természetesen, az egyes alállomások kezdeti költségei azok méretétől, teljesítményétől, területigényétől, az alkalmazott berendezések típusától, számától, a helyi feltételektől, stb. függően jelentősen eltérhetnek egymástól. Az **elosztó hálózati alrendszer** beruházási költségei a közepes és kisfeszültségű hálózatok, elosztó hálózati transzferállomások, kapcsolók, kapacitorok, feszültség szabályozók, stb. beszerzésével, kiépítésével kapcsolatos kiadásokat tartalmazzák. Az elosztói alrendszerrel kapcsolatos induló kiadásokat elsődlegesen az alkalmazni kívánt vezetékes rendszer – felsővezetékes, talajalatti elvezetéses - típusa határozza meg. A gyakorlati adatok azt igazolják, hogy a földkábeles rendszer alkalmazása megduplázhatja, megtriplázhatja a kezdeti kiadások mértékét (Willis – Scott, 2000).

A **szállítói és elosztói alrendszer működtetésének költségei** tartalmazzák a rendszer üzemeltetésével és karbantartásával kapcsolatos munkaerő, alapanyag, eszköz, egyéb költségeket, adókat, díjakat, és a hálózati veszteség miatt fellépő kiadásokat. Ezek a költségek nehezen általánosíthatók, mivel összetételüket a különböző vállalatok, hálózatüzemeltetők eltérő módokon határozzák meg. Ugyanakkor, létezik egyfajta hüvelykujj szabály, mely szerint a szállítói és elosztói alrendszer éves üzemeltetési és

karbantartási költségei a beruházási költségek 1/30-tól 1/8-ig terjedhetnek (Willis – Scott, 2000, 26. o.).

A szállítói és elosztói alrendszerek fejlesztési, bővítési kiadásai, valamint a szállítási veszteségek költségei az elosztott termelési technológiák vonatkozásában fontos vizsgálati területet képviselnek. A szállító és elosztó hálózatok tervezésénél az egyik legfontosabb tényezőnek számít a hálózatok fejlesztésének magas költségei⁸⁷. Egy hálózati szakasz kapacitásának bővítése több mint duplája lehet egy új, magasabb kapacitású szakasz kiépítésének. Így az elosztó és szolgáltató hálózatok tervezésénél a jelenlegi kiadásokat a hosszú távú megtérülések fényében értékelik, azaz általában a jelenlegi terheléshez viszonyítva 50%-os rátervezéssel dolgoznak (Willis- Scott, 2000, 28. o.). A villamos energia szállítása a berendezések, hálózatok ellenállása miatt veszteséggel jár, azaz a hálózatok az általuk szállított villamos energia egy részét „felhasználják” az áram fogyasztókhöz való eljuttatásának érdekében. Számszerűen, a hálózati veszteségek becslések szerint a szállított villamos energia 3-10%-ára tehetők. Ahogyan Targosz és szerzőtársai (2005, 12. o.) is rámutattak (ld. 15. melléklet), az elosztó hálózati vezetékek és transzformátorok azok, melyek a legnagyobb mértékben járulnak hozzá a szállítási veszteségekhez (a 15. melléklet a veszteségek nemzetközi eltéréseit is szemlélteti). Mindezen szempontokat mérlegelni kell a hálózatok kiépítésének, fejlesztésének tervezésénél.

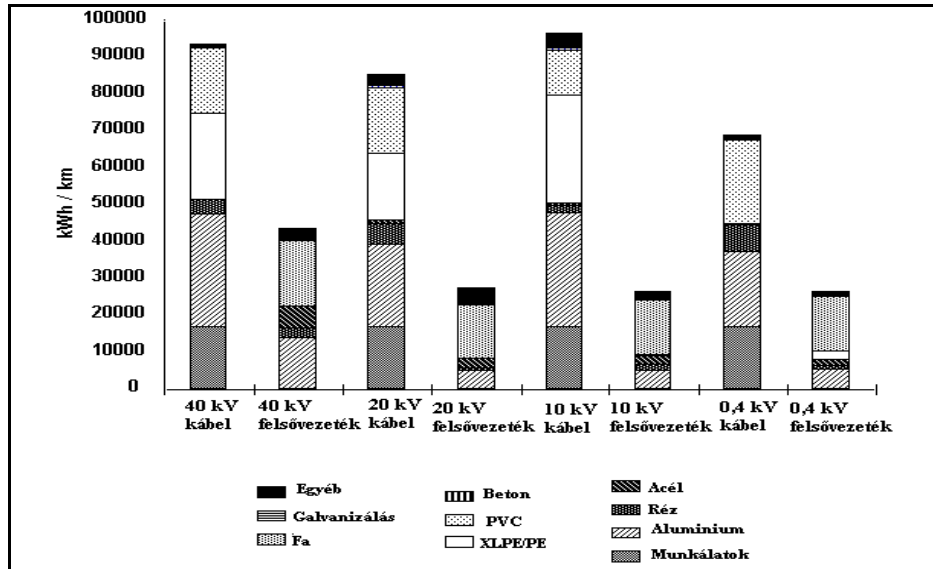
4.1.2.2. A szállító és elosztó hálózati alrendszerek alapanyag-, energia-, erőforrás-igénye, és munkaerő-intenzitása

Ahogyan az egyes termelési technológiák, úgy a szállító és elosztó hálózatok is jellemezhetők **alapanyag-igényességük** szempontjából. Dethlefsen és szerzőtársai (1998) által készített, a Vattenfall tulajdonában lévő svéd elosztó hálózati rendszerre vonatkozó, tanulmányt alapul véve (4.2. ábra) kijelenthető, hogy az elosztó hálózatok kiépítése jelentős mennyiségű vasércet, rezet, alumíniumot és egyéb építési alapanyagot igényel. A szállító és elosztó hálózatok szabadvezetékeinek és kábeleinek leggyakoribb alapanyaga az alumínium (néhány esetben réz), szigetelőanyagként általában polietilén használnak. A magasfeszültségi szinteken a szabadvezetékek tartóoszlopait galvanizált acélból készítik, míg az alacsonyabb feszültségi szintek esetében az impregnált faoszlopok is alkalmazhatók. Emellett, az építési munkálatok során, az alapozáshoz, illetve a támasztógerendákhoz nagymennyiségű betont és fa alapanyagot, a szigeteléshez üveget és porcelánt is felhasználnak (Vattenfall, 2005, 17. o.). Harrison és szerzőtársainak (2010) tanulmánya szerint Nagy-Britanniában, a felsővezetékes szállítói rendszer kiépítése összességében mintegy 1,3 millió tonna alapanyagot igényelt, melynek 29%-a acél, 49%-a beton, 16%-a alumínium és 6%-a porcelán. Ahogyan azt az elosztó hálózat esetében a 4.1. ábra is alátámasztja, a földkábeles megoldások kiépítése és üzemeltetése magasabb

⁸⁷ Ahogyan Willis és Scott (2000, 27. o.) is rámutatott, egy 12,47kV-os, közepes feszültségű, háromfázisú (fázisonként 336MCM), felső-vezetékes, 9MW kapacitású elosztó hálózat kiépítésének költsége 74580\$/km (vagy 13,33\$/kWh), míg ugyanezen, de 6MW-al magasabb kapacitású (azaz, fázisonként 600MCM-es, 15MVA-s) rendszer kiépítése 93225\$/km (10\$/kWh) költséget jelent. Amennyiben ezt a 6MW-os kapacitástöbbletet úgy kívánjuk elérni, hogy a 336MCM-es vezetékeket 600MCM-es rendszerre cseréljük, akkor a kapacitásbővítés költségei elérhetik a 124300\$/km (azaz 30\$/kWh) költséget is.

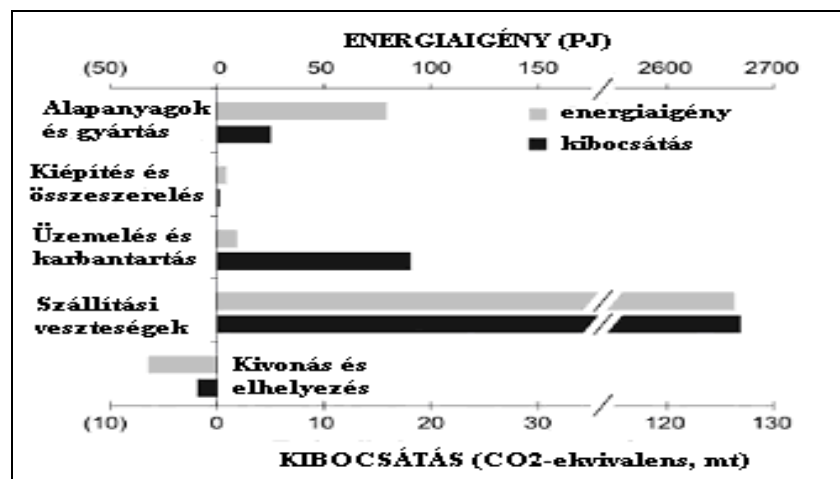
kiadásokkal, alapanyagigénnyel és munkaerőigénnyel jár, mint a felsővezetékes rendszereké (EURELECTRIC, 2004).

4.1. ábra: A közepes- és kisméretű elosztó-hálózatok alapanyag és munkaerőigénye a hálózatok teljes életciklusára vonatkoztatva



Forrás: Dethlefsen et al (1998)

4.2. ábra: Szállítói alrendszer kibocsátása és energiaigénye az életciklus egyes szakaszaiban



Forrás: Harrison et al (2010, 7. o.)

A szállítói alrendszer alállomásainak alapanyagigényét Harrison et al (2010) már említett munkájában, az ún. levegőszigeteléses (AIS) és a gázszigeteléses (GIS) rendszerekre is meghatározták (4.2. táblázat). Az eredmények azt mutatják, hogy a gázszigeteléses rendszerek esetében az áramkör-megszakítók és alállomási vezeték alapanyagigénye jóval meghaladja a levegőszigeteléses rendszerekét, míg az alállomások terület-előkészítési és alapozási munkálatainak alapanyagigénye esetében ennek ellenkezőjét tapasztalhatjuk.

4.3. táblázat: A szállítói alrendszer állomásainak alapanyagigénye Nagy-Britanniában

Feszültség szint (kV)	AIS rendszer		GIS rendszer	
	132	275/400	132	275/400
Áramkör-megszakítók (t)				
Alumínium	0,2	0,2	4,0	8,4
Réz	0,1	0,1	0,9	1,8
Acél	0,5	0,6	1,7	3,5
Porcelán	0,7	0,9	-	-
Egyéb	Elhanyagolható	Elhanyagolható	0,6	1,8
Állomás (t)				
Beton-alapozás	125,5	166,1	38,3	
Fém munkálatok	4,3	9,4	-	
Alumínium	0,2	1,1	-	
Terület-előkészítési munkálatok (t)				
Beton		224,0		67,2
Kőfejtés		6720		2016
Akadálytalanítás		36,0		10,8
Transzformátorok				
Acél (t/100MVA)			30,6	
Réz (t/100MVA)			8,0	
Olaj (t/100MVA)			12,6	
Egyéb (t/100MVA)			6,9	
Beton-alapozás	125,8	1296	125,8	1296

Forrás: Harrison et al (2010, 5. o.)

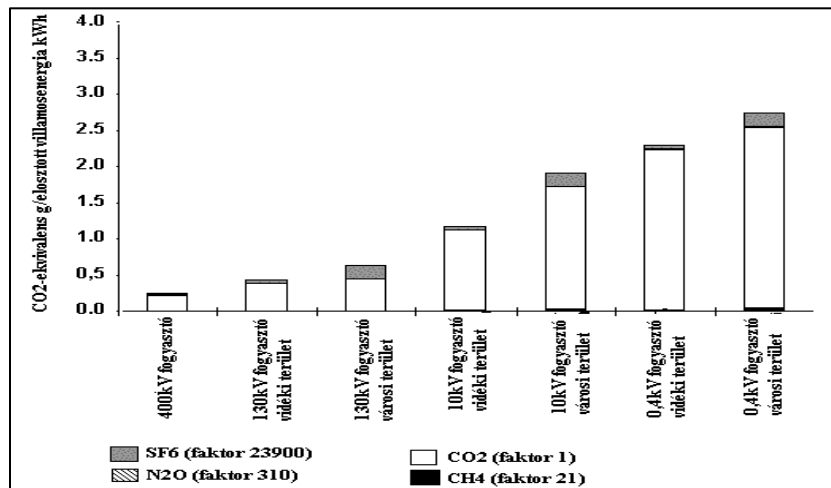
Harrison és szerzőtársai (2010) a brit szállítói alrendszer teljes életciklusára, az egyes életciklus szakaszokra vonatkozó **energiaigényét** is meghatározták. Ahogyan azt a 4.2. ábra is mutatja, a szállítói alrendszer üzemeltetése és karbantartása, illetve az ennek során fellépő szállítási veszteségek bírnak a legnagyobb szennyezési hatással (teljes kibocsátás 96%-a) és energiaigénnyel (teljes igény 97%). Az újrahasznosítás lehetőségét figyelmen kívül hagyva megállapítható, hogy a szerzők által vizsgált hálózat teljes életciklusra tehető energiaigénye 2775PJ körül alakul, CO₂-egyenértékben mért szennyezése pedig közel 149,7 mt-t tesz ki.

A szállítási és elosztási alrendszerekre vonatkozó, teljes körű életciklus vizsgálatok híján, ezen alrendszerek környezeti terhelését, illetve erőforrásigényét a potenciális hatások, igények vizsgálata alapján összegezhetjük. Az EURELECTRIC (2003/a) tanulmánya alapján, a szállító- és elosztó vezetékrendszer, illetve az állomások kiépítése és üzemeltetése során az alábbi alapelvek figyelemmel kísérése indokolt:

- Terület, talaj vonatkozásában: a felsővezetékes „pályák útját”, az állomások elhelyezését úgy kell kialakítani, hogy az a lehető legkisebb vizuális hatással járjon; és a mezőgazdasági, erdészeti tevékenységeket, védett területeket a legkevésbé befolyásolja.
- Vízszennyezés, használat vonatkozásában: a tervezés, kiépítés, üzemeltetés során a rendszer ne károsítsa a természetes vízgyűjtő területeket, felszíni vizeket.
- Növény és élővilág tekintetében: a tervezés, kiépítés, üzemeltetés a lehető legkisebb hatással kell, hogy legyen az adott terület élővilágára, azok életterére, szokásaira.
- Népeesség és gazdaság vonatkozásában: a magas feszültségű hálózati elemeket úgy kell elhelyezni, üzemeltetni, hogy azok a lakott területektől távol essenek. Ha ez nem megoldható, speciális tervezési, kivitelezési szabályoknak kell megfelelni.

- Infrastruktúra vonatkozásában: a tervezés és kiépítése során figyelembe kell venni az adott területek egyéb infrastrukturális (pl. rádió és televízió antennák, repterek, más vállalatokhoz tartozó erőművek, állomások, hulladéklerakók, katonai támaszpontok, létesítmények, stb.) jellemzőit.
- Elektromágneses terek vonatkozásában: a releváns szabályok, standardok betartása.

4.3. ábra: A magas-, közepes- és kismegfeszítésű elosztó hálózatok üvegházhatású gázkibocsátása a hálózatok teljes életciklusára vonatkozóan



Forrás: Dethlefsen et al (1998)

A szállító- és elosztó-alrendszer légszennyezése, területigénye és talajszennyezése, valamint vízszennyezése és vízigénye érdemel még említést. A 4.3. ábra a különböző feszültségi szintű felsővezetékes rendszerek teljes életciklusára vonatkozó **üvegházhatású gázkibocsátását** szemlélteti a Vattenfall svédországi hálózati adatai alapján. Az ábra alapján kijelenthető, hogy a hálózatok feszültségi szintjének csökkenésével a teljes életciklusra vonatkozó ÜHG-kibocsátás értéke növekvő tendenciát mutat (fontos megjegyezni, hogy az itt bemutatott értékek a hálózati veszteségek miatti szennyezést is tartalmazzák). A vizsgált üvegházhatású gázok (CO₂, CH₄, N₂O, és SF₆) közül a villamosenergia-szállítás és elosztás esetében, valamennyi feszültség szinten a szén-dioxid tekinthető a domináns szennyezőnek. Ha pedig az életciklus egyes szakaszainak szennyezését is össze kívánjuk hasonlítani, a legjelentősebb kibocsátással a kábelek, vezetékek, transzformátorok és állomások létrehozása, kiépítése és üzembe állítása bír.

A szállítói és elosztói alrendszerek **területigényét** tekintve a szállítói és elosztói vezetékek, földkábelek hosszát, az egyes tartóoszlopok és állomások területigényét, valamint az ún. biztonsági övezetek terjedelmét kell számításba venni. Harrison et al (2010) tanulmánya szerint a brit szállítási alrendszer esetében alkalmazott oszlopok területigényét meghatározó jellemzők az egyes feszültségi szintektől, környezeti feltételektől függően eltérők⁸⁸. Hazánkban, a távvezetékek esetében a biztonsági övezet a szélső nyugalomban

⁸⁸ Például, a 132kV-os hálózati szakaszoknál alkalmazott oszlopok magassága 26,9, szélessége 9,4 méter; a 275/400kV-os feszültség szinten az oszlopok magassága 41,6, szélessége 12,2 méter, míg a 400kV-os magasfeszültségű szakaszokon az oszlopok magassága és szélessége 50,6, illetve 20,9 méter.

lévő áramvezetők függőleges vetületétől számítottnan, mindkét irányban a feszültségi szintektől függően alakul, azaz a 750 kV-os szinten 40, a 400 kV-os szinten 28, a 220 kV-os szinten 18, és a 120 kV-os szinten 13 méter. Az erőművek és állomások biztonsági övezete a kisajátított területtől számított 15 méterre⁸⁹ rúg. A szállítási és elosztási alrendszerek **talajeróziós hatásai** főleg a rendszerek kiépítése során jelentkeznek, melyek nagymértékben függenek az adott talaj szerkezetétől, jellemzőitől. A talajeróziós hatások általában helyben, hosszú távon jelentkeznek, erejük középestől az erősíg terjedhet. Természetesen a földkábeles rendszerek elhelyezése és karbantartása a felsővezetékes rendszerekhez képest jóval nagyobb talajmozgatással, így nagyobb terület-, munkaiaggennyel, és befolyással jár. A talajra gyakorolt káros hatások megelőzését segítheti az építés során keletkezett károk azonnali helyreállítása, a kivitelezési munkálatok hidegebb évszakokra történő időzítése (ESKOM, 2005).

A szállítási és elosztási alrendszerek kiépítése (és üzemeltetése) közvetve és közvetlen módon is negatívan befolyásolhatja az érintett területeken található **felszíni vizeket, természetes vízgyűjtő területeket, azok élővilágát**. Az építési munkálatok (talajmozgatás, növényirtás, járművek, nehézgépek alkalmazása) miatt jelentkező helyi, általában rövid távon jelentkező szennyezések a megfelelő, azonnali intézkedések révén minimalizálhatók, a villanyoszlopok elhelyezésének esztétikai romboló hatásai a körültekintő tervezés (esetenként a földkábeles megoldások alkalmazása) révén kikerülhetők. Emellett, említést érdemel még a transzformátorok hűtéséhez alkalmazott víz, és olaj mennyisége, annak elhelyezési problémái is (EURELECTRIC, 2003/a; ESKOM, 2005).

4.1.2.3. A elosztott termelési egységek és az elosztó hálózat kapcsolata

Bár az elosztott termelési egységek önállóan is üzemelhetnek, a meglévő villamos energia hálózatra történő kapcsolásuk mellett több érv is szól. A gazdasági indokok között szerepel, a szállítói és elosztói hálózatok fejlesztésének, bővítésének kiemelten magas költsége. Ahogyan már fentebb is említésre került, általában véve kijelenthető, hogy a szállító és elosztó hálózatok kapacitásának fejlesztése jóval meghaladja az új rendszerek kiépítésének költségét. Így, az elosztott termelési egységek alkalmazása vonzó alternatívát jelenthet azon esetekben, ha a terhelés növekedése miatti elkerülhetetlen hálózatfejlesztési, bővítési költségek a hagyományos módszereket alkalmazva jóval magasabbak lennének, azaz, ahol az elosztó hálózat jelentős fejlesztését teszi szükségessé a viszonylag kismértékű terhelésnövekedés, itt ugyanis jelentős költségmegtakarítások érhetők el. A 4.4. táblázat Rastler (2004) felméréseire építve, a különböző szintű szállítói és elosztói kapacitásbővítési projektek, valamint a bővítés elkerüléséhez szükséges elosztott termelési egységek kapacitása alapján szemlélteti a várható megtakarításokat. Például, egy 2MW-os elosztott termelési egység kiépítése, mellyel egy 2 millió \$-os hálózatfejlesztési projekt késleltethető, a vevőknek évi 38\$/kW megtakarítást eredményezhet. Ugyanakkor, a

⁸⁹ A biztonsági övezet szabványosságára vonatkozó hazai jogszabályi háttér: „Villamosmű biztonsági övezetéről” szóló 122/2004.(X.15) GKM sz. rendelet, az MSZ 151/1:2000 sz. szabvány, az MSZ 151-3,4 sz. szabvány, az MSZ 172/3 sz. szabvány, az MSZ 1585 sz. szabvány, a 13207/1-94. sz. szabványok (szabadvezeték és kábellesítés előírások), illetve a 750 kV-os távvezeték műszaki előírásai (<http://www.mavir.hu>).

beruházások késleltetésének értéke függ az elosztott termelési egység helyétől, az általa biztosított kapacitástól, a beruházás méretétől, az elosztott termelési egység kapacitásától, és a tőkekölségtől (Rastler, 2004, 39. o.).

4.4. táblázat: Az elosztott termelési egységek hatása a szállító és elosztó hálózatok beruházásának késleltetésére (\$/kWh)

A szállítói és elosztói hálózat bővítésének teljes költsége (millió\$)	Elosztott termelési egység kapacitásigénye a szállítási és elosztási rendszer bővítésének késleltetéséhez (MW)					
	1	2	5	10	20	30
	Értékek \$/kWh-ban					
1	38	19	8	4	2	1
2	75	38	15	8	4	3
5	189	94	38	19	9	6
10	377	189	75	38	19	13
20	755	377	151	75	38	25
30	1132	566	226	113	57	38

Forrás: Rastler (2004, 39. o.)

Emellett, a fogyasztói tulajdonban lévő elosztott termelési egységek meglévő hálózatra való csatlakoztatása egyrészt lehetővé teszi számukra, hogy az általuk termelt, el nem fogyasztott villamos energiát a hálózaton keresztül értékesítsék, ezáltal profitra tegyenek szert⁹⁰, másrészt segíti, hogy mind a csúcsidőszakokban, mind a völgyidőszakokban az olcsóbb forrásokat⁹¹ vegyék igénybe (Willis – Scott, 2000). Az elosztott termelési egységek elosztó hálózatra kapcsolása, természetesen a rendszer speciális elhelyezkedésétől függően, hozzájárulhat továbbá a szállító és elosztó hálózati veszteségek csökkentéséhez. Ha egy kisteljesítményű elosztott termelési egység közel helyezkedik el egy nagyobb fogyasztási csomóponthoz, akkor a hálózati veszteségek csökkenhetnek, hiszen a közeli termelő egység hatásos és meddő teljesítményt⁹² is képes biztosítani a terhelés számára. Ezzel szemben, ha a nagyobb teljesítményű elosztott egység távolabb helyezkedik el a hálózati terhelési pontoktól, az nagy valószínűséggel tovább növelheti az elosztó hálózati veszteségeket (Donkelaar – Scheepers, 2004). Az elosztó hálózatra való csatlakozás az elosztott termelési rendszerek tulajdonosai számára egyfajta feszültség szabályozási szolgáltatást is nyújthat⁹³. Általában véve, a hagyományos hálózatban a percről percre változó kereslet kiigazítása automatikusan, csupán apróbb

⁹⁰ Ha az elosztott termelési egység tulajdonosának termelési határkölsége 6,9¢\$/kWh körül alakul, és a hálózatról vett áramért 5,7¢\$/kWh-ot kell fizetnie, miközben a szolgáltató 5,2¢\$/kWh-ot fizet az általa betáplált villamos energia után, a tulajdonos által nyert 0,5¢\$/kWh többlet a rendszer üzemeltetési és karbantartási költségek csökkentésére fordítható (Willis – Scott, 2000, 384. o.).

⁹¹ Ha az elosztott rendszer tulajdonosa párhuzamos csatlakozással bír, és a csúcsidőszakban a hálózatról vásárolható áram ára meghaladja az elosztott termelési egység által termelt áram költséget, akkor a saját, amennyiben pedig a völgyidőszakban a hálózatról vásárolt áram ára alacsonyabb, mint az elosztott termelési egység üzemeltetésének költsége, akkor a hálózati forrásra támaszkodhat (Willis – Scott, 2000, 380. o.).

⁹² Hatásos teljesítmény: a teljesítmény közéértéke, vagy másképpen az áramkör tisztán ohmos ellenállásának teljesítménye. Jele: P. Mértékegysége: W. Meddő teljesítmény: a reaktív tagok (L, C) által okozott teljesítménylengés mértékére jellemző mennyiség. Jele: Q. Mértékegysége: VAr (voltamper-reaktív) (Zsebik, 2003/c, 37. o.).

⁹³ A hagyományos villamosenergia-rendszerben a primer, szekunder, illetve tercier szabályozás hivatott annak biztosítására, hogy a rendszerben a feszültség megfelelő határok között maradjon, azaz egy nagyobb fogyasztású berendezés bekapcsolása ne okozzon jelentős feszültségesést a hálózatban. Liberalizált feltételek között, a betáplálás és a vételezés különbsége miatt megblokkolt teljesítményegyensúly helyreállítása érdekében, a teljesítménytöbbletet, vagy a teljesítményhiányt a teljesítményegyensúlyért felelős üzemeltetőnek kell kiszabályoznia.

feszültség-ingadozások mellett, zajlik. Ezzel szemben, az elosztott termelési egységek általában véve nem alkalmasak a közel tökéletes feszültség-szabályozásra. Az elosztott termelési rendszerek irányító egysége a felelős azért, hogy feszültségesés esetén a megfelelő rendszerelemeket aktiválva növelje az egység termelését. A feszültség-szint kiigazítása ebben az esetben néhány másodpercet igényelhet, melynek gyakorisága a rendszerre kapcsolt egyéb berendezések hosszú távú működését veszélyeztetheti⁹⁴. Így amennyiben az adott elosztott rendszer nem kapcsolódik a központosított villamosenergia-hálózatra, a feszültség-szabályozás csak nagyobb beruházással orvosolható. Fontos megemlítenünk továbbá, hogy a hagyományos villamosenergia-rendszerek megbízhatósága meghaladja az elosztott termelési egységekét. Még a legoptimistább vélemények szerint is az elosztott termelési egységek termelése az idő 92,93-98,36% (ez évi 600-144 órás kiesést jelent) elérhető, míg a központosított rendszernél a ritkán lakott, vidéki területeken is csak évi 14 órás kieséssel kell számolnunk (Willis – Scott, 2000, 371. o.). Így, könnyen belátható, hogy a meglévő központosított hálózat, megfelelő díjszabás esetén, az elosztott egységek számára kielégítő háttér-szolgáltatást biztosíthat.

Az elosztott termelési egységek hálózatra kapcsolása nehézségeket is okozhat. A szigetelvtű működtetéshez képest az elosztó hálózatra csatlakoztatott elosztott termelési egységek esetében a rendszer tulajdonosának számolnia kell azzal, hogy nemcsak a hálózatról vásárolt villamos energia árát, hanem a használat után, - azaz a hálózatról vételezett, illetve a hálózatra küldött villamos energia után - is kapacitásdíjat kell fizetnie⁹⁵. Ráadásul, az elosztó hálózattal párhuzamosan működő, vagy arra igény szerint kapcsolható elosztott villamosenergia-rendszerek meglehetősen bonyolult irányítási és monitoring problémákat hordoznak magukban, ami pótlólagos irányítási, ellenőrzési, és védelmi eszközök, berendezések beépítését követeli meg. A hálózat működésére hatással lévő nem várt események (pl. természeti katasztrófa), a hálózat más pontjainak működési zavarai, vagy a rendszert irányító egység meghibásodása az elosztott termelési egységek, illetve a teljes hálózat leállítását eredményezheti. Willis és Scott (2000, 372. o.) számításai szerint, a kétirányú villamosenergia-áramlást lehetővé tevő berendezések beszerzése megduplázza, megtriplázza az irányítási, ellenőrzési és védelmi eszközökkel kapcsolatos kiadásokat. Ráadásul, az elosztott termelési (főleg a szakaszos termelésű) egységek hálózati részarányának növekedése megnövelheti a kiegyenlítő energia, a frekvencia- és feszültség-szabályozás, valamint a tartaléktartási igényt.

A legnagyobb probléma azonban az elosztott termelési egységek elosztó hálózatra való csatlakoztatásával, hogy azok a villamosenergia-hálózat olyan pontjain kapcsolódnak a rendszerhez, melyeket eredetileg nem arra terveztek, hogy termelési egységeket fogadjanak. Mind a gyakorlat (például Dániában vagy Hollandiában), mind a szakértői kutatások (pl. Nielsen, 2002; Strbac – Jenkins, 2001) azt mutatják, hogy az elosztó hálózatra kapcsolt elosztott termelési egységek arányának növekedése, - a hálózatok

⁹⁴ Amennyiben gyakori egy nagyobb berendezés - pl. légkondicionáló - bekapcsolása miatt bekövetkező feszültség-ingadozás, a kisebb berendezések, pl. hűtőszekrény motorja leég (Willis – Scott, 2000, 38. o.).

⁹⁵ A hálózatok használatával kapcsolatos szabályozások az intézményi dimenzió keretein belül kerülnek bemutatásra (4.2.4. fejezet).

változatlansága esetén -, tovább emelheti az elosztó hálózatok sérülékenységet, jelentős stabilitási és minőségbeli problémákat eredményezve (Donkelaar – Scheepers, 2004, 18. o.). Különösen igaz ez akkor, ha az elosztott termelési egységek által előállított villamos energia meghaladja a helyi keresletet, hiszen ilyenkor növelni kell az átviteli és elosztási hálózati kapacitásokat annak érdekében, hogy a megtermelt energiát el tudják juttatni más fogyasztási pontokhoz, ami tovább emeli a beruházási kiadásokat, illetve a hálózati veszteségeket. Mindez arra készteti a hálózatüzemeltetőket, hogy újragondolják működési, technológiai, irányítási és kereskedelmi gyakorlatukat. Az egyre kisebb teljesítményű termelési egységek megjelenésével az elosztó hálózat üzemeltetői olyan technikai kihívásokkal kell, hogy szembenézzenek, melyek a jelenlegi rendszermenedzsment holisztikusabb megközelítését igénylik (Lukovic et al, 2010). Mindez azt jelenti, hogy az elosztó hálózatok többé nem tekinthetők a szállítói hálózat passzív toldalékának, hanem a műszaki és technológiai tovaggyűrűző hatások elkerülése érdekében a teljes hálózat szoros integrált egységként való működtetését kell megteremteni. Ebben pedig óriási szerepe van a valós idejű, fejlett infokommunikációs technológiáknak (Donkelaar – Scheepers, 2004; Chowdhury et al, 2009; Eurelectric, 2009/b).

4.1.2.4. Szállítási és elosztási alrendszer az elosztott termelési egységek magas arányú alkalmazása esetén

Az elosztott termelési technológiák hálózati kapcsolásának fent említett problémái mind az európai, mind az amerikai kutatócsoportok (ld. bővebben Maire, 2006) véleménye szerint az ún. intelligens hálózatok révén küszöbölhető ki. Az intelligens hálózatok kombinálják a modern infokommunikációs technológiákat (internet, wifi), intelligens irányító rendszereket és modern energiatárolási technológiákat a meglévő villamosenergia-hálózati infrastruktúrával⁹⁶ (OECD – IEA, 2009, 58. o.). Az Európai Unió „SmartGrid” víziójának célja a rugalmas, elérhető, megbízható és gazdaságos jövőbeli villamosenergia-rendszer kialakítása, mely a villamosenergia-rendszer interaktív szolgáltató hálózattá történő alakításával, az elosztott termelési technológiák nagymértékű alkalmazása előtt álló akadályok eltávolításával, IKT-k segítségével, valamint a hatékony energiapiacok megteremtésével tartanak elérhetőnek. Az amerikai „GridWise” elgondolás egy olyan jövőbeli villamosenergia-rendszer megteremtését tűzi ki célul, mely nyitott és biztonságos, infokommunikációs technológiák, standardok révén teremt értéket és választási lehetőséget a fogyasztók számára. A GridWise vízió megteremtette a tranzaktív rendszer fogalmát, mely integrálja a piaci alapú tranzakciókat és a különböző intelligens irányítási módszereket, eszközöket a meglévő infrastruktúrával a biztonságos, megbízható és gazdaságos energiaellátás érdekében (Coll-Mayor et al, 2007, 2461. o.). A két elgondolás közötti különbség főleg a termelési alrendszerrel érhető tetten. Míg az európai elgondolás a megújuló és elosztott termelési egységek nagymértékű alkalmazására épít, addig az amerikai elképzelésekben a rendszer alapját a tiszta szén technológiát alkalmazó

⁹⁶ A magas minőségű és megbízható villamosenergiaellátás biztosításához, az intelligens hálózatok megteremtéséhez, a Siemens vizsgálata (2009) alapján, az alábbi szempontok bírnak meghatározó jelentőséggel: a kritikus hálózati feltételek irányításának javítása az önjavításra képes irányítási technológia révén; rendszerfeltételek ellenőrzése valós idejű on-line működtetéssel, terhelési áramok jobb irányítása; smart metering; elosztott termelési egységek integrálása a meglévő hálózatba (OECD – IEA, 2009, 58. o.).

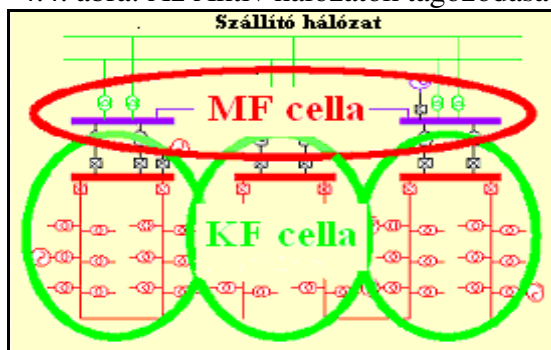
nagyteljesítményű erőművek adják, ahol az elosztott termelés csak a rendszer biztonsági tartalékként van jelen. A keresleti oldal vonatkozásában a két elgondolás összecseng, végső céljuk a valós idejű piacok által irányított automatikus keresleti reagálás megteremtése (Coll-Mayor et al, 2007, 2462. o.). A továbbiakban az intelligens hálózatok közül három olyan, jelenleg is kutatott modell kerül bemutatásra, melyeknél a vizsgálatok már a demonstrációs projekteknél tartanak. Fontos azonban megjegyezni, hogy ezek a kutatások alapvetően az egyes rendszerek műszaki, technikai, biztonsági kérdéseivel foglalkoznak, gazdasági és társadalmi hatásaikat, jellemzőiket még elsősorban matematikai modellek segítségével írják le, adják meg.

4.1.2.4.1. Aktív hálózatok modellje

Overbeeke és Roberts (2002) tanulmánya szerint az elosztott termelési egységek számának növelését, a fizikai hálózatok jelentősebb változtatása nélkül, segítheti az ún. aktív hálózatok kialakítása. A jelenlegi Kirchhoff csomóponti és hurokelméletre⁹⁷ támaszkodó, passzív elosztó hálózati modellben a villamosenergia-áramlás egyirányú, azaz a szállítást végző nagyfeszültségű hálózatoktól az elosztást végző kisméretű hálózatokon keresztül áramlik a fogyasztási pontokhoz. Ugyanakkor, az elosztott termelési egységek, aktív elemként csatlakoznak közvetve (fogyasztói oldalról), vagy közvetlenül a közepes, vagy alacsony feszültségű elosztási hálózatra, így megváltoztatják annak korábbi passzív működését. Ez pedig azt is jelenti, hogy a korábban a szállítói hálózat által végzett irányítási, teljesítményegyensúly tartási feladatokat az elosztó hálózatnak is végeznie kell. Az **aktív hálózati modellben** az elosztói hálózatok számos összeköttetést biztosítanak a termelési és fogyasztási pontok között, interakcióban állnak a fogyasztási pontokkal, így téve lehetővé mindkét fél számára azon módszerek kiválasztását, melyek révén valós időben a leghatékonyabban képesek működni. A modell alkalmazása érdekében a jelenlegi lineáris, vagy sugaras hálózati felépítéssel szemben meg kell teremteni a hálózatok kölcsönkapcsolódását, illetve a kétirányú áramlás megvalósításához ki kell alakítani az ún. középfeszültségű helyi irányító területeket, vagy cellákat (Overbeeke – Roberts, 2002). Ezek a cellák saját irányítási rendszerrel bírnak (ld. 4.4. ábra), mely révén valós időben kommunikálnak a szomszédos cellákkal a szükséges villamosenergia-transzferről, helyi feszültség és meddteljesítmény irányítást végeznek, és szükség esetén képesek izolálni a cellán belüli hibás részeket. A rendszer előnye a hagyományos hálózati modell fejlesztésével szemben, hogy csak néhány pótlólagos vezetékrendszer kiépítését igényli, miközben nincs szükség a transzformátorok számának növelésére, ráadásul, a kapcsolódások növelésével és a hibás részek izolálásának lehetőségével javítható az ellátásbiztonság. Ugyanakkor, könnyen belátható, hogy az aktív hálózati modell megfelelő működtetése csak a modern infokommunikációs technológiák, irányítási rendszerek növekvő alkalmazásával valósítható meg, mely jelentősen növelheti a költségeket (Donkelaar – Scheepers, 2004).

⁹⁷ Kirchhoff csomóponti törvénye azt mondja ki, hogy egy csomópontba befolyó áramok összege egyenlő a csomópontból kifolyó áramok összegével, azaz a csomóponti áramok összessége 0. A huroktörvény szerint, egy áramkörben egy tetszőleges hurkot kiválasztva, abban az egyes szakaszokra (áramkörü elemekre) eső feszültségek algebrai összege zérus (Zsebik, 2003/c, 19-20. o.).

4.4. ábra: Az Aktív hálózatok tagozódása



Donkelaar – Scheepers (2004, 25. o.)

Az aktív hálózati modell gyakorlati alkalmazására a dán ELTRA tett kísérletet, 2002-2003-ban vezette be a modellt Nyugat-Dániában, ahol a villamosenergia-termelés 50%-át az alacsony feszültségű hálózatra kapcsolódó kisteljesítményű termelési egységek szolgáltatják (Donkelaar – Scheepers, 2004). Cossent és szerzőtársai (2010) - az Európai Unió által támogatott IMPROGRES kutatási projekt keretein belül - tettek kísérletet arra, hogy három térség – a hollandiai Kop van Noord Holland, a németországi Mannheim, illetve a spanyol Aranjuez régió – villamosenergia-rendszerére, elosztási hálózatának átalakítására vonatkozó adatok, valamint az elosztott termelési egységek részarányára vonatkozó scenáriók alapján az aktív hálózatok kialakításának és üzemeltetésének egyfajta költség-haszon elemzését elvégezzék. A tanulmány összesített eredményeit a 4.5. táblázat szemlélteti.

4.5. táblázat: Az aktív hálózati menedzsment bevezetésének várható gazdasági hatásai

	Hálózati költség-megtakarítások €/kWDG/év	Technológiai költségek (ICT) €/kWDG/év	Nettó hozam €/kWDG/év
Spanyolország	3,3	7,9	-4,6
Németország	10,5	2,5	8,0
Hollandia	8,6	0,1	8,5

Forrás: Cossent et al (2010, 54. o.)

Bár az eredmények az aktív hálózatok pozitív megítélését sugalmazzák, a szerzők arra figyelmeztetnek, hogy számításaik, elsősorban azok nem kellő részletezettsége miatt nem alkalmasak arra, hogy az aktív hálózatok kivitelezésével kapcsolatosan általános következtetéseket vonhassunk le. Hangsúlyozzák továbbá, hogy az aktív hálózati projektek megítélését számos olyan - azok kiépítésével és üzemeltetésével kapcsolatos, jelen kutatásban nem számszerűsített - előnyök is befolyásolhatják, mint az energiahatékonyság és megbízhatóság fokozása, az új hálózatelemek kiépítésének korlátai, stb. (Cossent et al 2010, 54. o.). Mindez azt sugallja, hogy az aktív hálózati modell nemzeti szintű alkalmazása további kutatásokat igényel.

4.1.2.4.2. Virtuális erőművek modellje

A virtuális erőművek elméleti modellje 1997-ben jelent meg (Awerbuch – Preston, 1997), célja, hogy lehetővé tegye az elosztott termelési egységek számának növelését, megfelelő kapcsolódást biztosítva a helyi egységek számára, miközben ösztönzi az elosztott irányítási stratégiák, és az elérhető kapacitások optimális alkalmazását. Virtuális erőműnek tekinthetők az olyan hálózatra csatlakozó kiserőművek, elosztott termelő berendezések, kihasználatlan termelő kapacitások, vagy hagyományos erőművek halmaza, melyet valamilyen központi vezérlés, szabályozás, vagy aukció folytán látszólag egy erőműnek lehet tekinteni (KVVM, 2007). A virtuális erőmű így a villamosenergia-termelés és elosztás megszervezésének egy olyan, információs technológia által támogatott módszere, mely az értékteremtést nem szolgáló tevékenységek⁹⁸ minimalizálásával just-in time alapon képes megfelelő energiát szolgáltatni (Awerbuch, 2004, 14. o.). Ebben a modellben a virtuális szolgáltató az általa kiválasztott forrásból származó, beszerzett áramot juttatja el a fogyasztási pontokhoz. Így lehetséges, hogy az új technológiák, elosztott termelési egységek, megújuló energiahordozókat hasznosító egységek, energiatárolási technológiák fokozatosan kiválthatják a meglévő, hagyományos erőműveket (Khatib, 2008). A virtuális erőművek jellemzői hasonlatosak a szállító hálózatra kapcsolt központi erőművékéhez. A virtuális erőműveknél is fontos az erőmű teljesítőképességének, és adott időszakra vonatkozó energiatermelő képességének megadása, törekedni kell továbbá a virtuális erőmű termelésének menetrendezésére, így segítve a rendszerirányító munkáját. Ráadásul, a virtuális erőművek a hálózat adott pontjain feszültség-szabályozást is végezhetnek, sőt a tartaléktartásban is szerepet játszhatnak (KVVM, 2007). Az újfajta szolgáltatások, valamint a moduláris technológiák, telekommunikációs és innovatív pénzügyi eszközök által biztosított rugalmas ellátási módok révén a virtuális szolgáltatók olyan előnyökkel is kecsegtetnek, melyek jelentősen eltérnek a hagyományos rendszerek előnyeitől. Bár bizonyos termelési technológiák alacsonyabb, mások magasabb közvetlen költségekkel bírnak, a virtuális szolgáltatóknál jelentkező szinergia költségcsökkentést eredményezhet. Mindehhez azonban elosztott irányítási rendszerekre, megfelelő infokommunikációs berendezésekre, valamint a szereplők közötti szolgáltatáscserét támogató piaci és kereskedelmi struktúrák kialakítására van szükség.

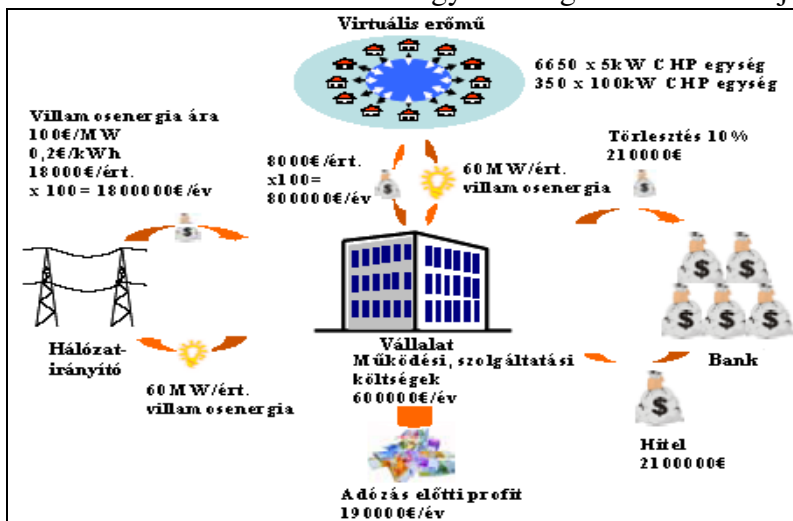
A közel 400 lakossal bíró, németországi Stutensee-ben (EC, 2005) a korábbi rendszert alakították át, több termelési egységet integráló, védett internetes oldalon hozzáférhető, kisteljesítményű virtuális erőművé. A termelési egységei között CHP erőmű (28kW-os földgáz üzemű Otto motor), hőtároló; több napelemes rendszer (30kWp); és egy fogyasztó-termelő feladatot is ellátó akkumulátoros rendszer (100kW/h) található. A rendszerelemeket újonnan kifejlesztett energiamenedzsment rendszer irányítja és ellenőrzi. A virtuális erőmű üzemeltetésének tapasztalatai azt mutatják, hogy a rendszer az akkumulátor és hőtároló egységek révén kellő rugalmasságot és feszültségirányítást biztosít, a modern infokommunikációs egységek pedig lehetővé teszik, hogy a konkrét betáplálások, a rendszerállapot valós idejű követése révén a rendszer üzemeltetéséért

⁹⁸ Awerbuch (2004, 14. o.) ide sorolja mindazon tevékenységek, pl. tartaléktartás, melyek mellőzése a minőségi szolgáltatás megtartása mellett lehetséges.

felelős szakemberek az interneten keresztül tudják működtetni az egyes rendszerelemeket. Az energia-menedzsment rendszer előrejelzéseket készít a kereslet és kínálat várható alakulásáról, és ennek megfelelően, bizonyos kritériumok – pl. a drága villamos energia használatának minimalizálása- segítségével optimalizálja az energiaáramlást. A rendszer állapotának osztott irányítása jelentős költségmegtakarításhoz, az elosztott rendszerek optimális működtetéséhez, és rövidebb leállásokat eredményező karbantartási igényekhez vezetett. A napelemes rendszerek tulajdonosai maguk ellenőrzik rendszereiket, és szoros kapcsolatban állnak az elosztó hálózat üzemeltetőjével (EC, 2005; Buchholz et al, 2006). Így a projekt azt is igazolta, hogy a helyi közösségek, kisteljesítményű egységek tulajdonosai hajlandók együttműködni a villamosenergia-rendszer más szereplőivel, ha annak gazdasági, társadalmi, környezeti előnyeit ők is megérthetik, megérezhetik.

A németországi Unna városában az Európai Bizottság és a helyi kormányzat által támogatott projekt keretében létrehozott virtuális erőmű a helyben található 5 CHP erőmű összeköttetését, és optimális hasznosítását végzi. A jövőre vonatkozó tervek között szerepel a szélerőművek, mikroturbinák és napelemes erőművek beépítése is, melynek köszönhetően a virtuális erőmű várhatóan évi 26 millió kWh áram, és 49 millió kWh hőenergia biztosítására lesz képes. Az egyes egységek villamos outputja 100kW és 3MW között van. A rendszer alkalmazása révén a villamosenergia-ellátás tervezésmenedzsmentje optimális irányítás alatt tartható (Buchholz et al, 2006, 6. o.).

4.5. ábra: A virtuális erőművek egy lehetséges üzleti modellje



Forrás: Schulz et al. (2005, 4. o.)

A CHP erőművekre épülő virtuális erőművek üzemeltetésének gazdasági kérdéseivel foglalkozik Schultz et al (2005). A szerzők szerint a virtuális erőművek egyik fő motiváló tényezője, hogy az egyedi CHP egységek nem képesek annyi villamos energia előállítására, hogy a tulajdonosok által fel nem használt mennyiséget a hálózat számára értékesíteni tudják, mivel a német 2003-as szállítói előírás szerint a hálózatra kapcsolt termelési egységek outputja legalább 30MW kell, hogy legyen. Egy ilyen villamos outputtal rendelkező virtuális erőmű létrehozásához 6000, egyenként 5 kW-os CHP egység, egy központi számítógépes összekapcsolására van szükség, mely összeköttetés egységenként mintegy 300€-s költséget

jelent. A rendszer kiépítésének és üzemeltetésének költségeit a virtuális irányító erőmű üzemeltetője állja. A szerzők szerint Németországban a virtuális erőmű üzemeltetője évente akár száz alkalommal is értékesítheti a 30MW outputot. Az értékesítésből származó bevételek mintegy 45%-a a CHP, 55%-a a virtuális erőmű tulajdonosait illeti. A virtuális erőmű tulajdonosának éves megtérülése 10%-ra tehető, mely érték kedvezőbb képet festhet, ha a virtuális erőmű többféle elosztott termelési egységet köt össze, kezdeti költségei alacsonyabbak lehetnek a magasabb teljesítményű termelési egységek alkalmazásakor. Mivel a különböző termelési egységek esetében a fizetési és villamosenergia-áramok szigorú irányítása szükséges, a virtuális erőművek esetében kifejezetten nagy szerep jut az alkalmazott szerződési modelleknek. Ennek alapján, a 4.5. ábra a virtuális erőművek egy lehetséges üzleti modelljét szemlélteti (Schultz et al, 2005, 4. o.).

4.1.2.4.3. Minienergetikai hálózatok

A közösségek helyi villamos- és hőenergia igényének kielégítését segíthetik az elosztott energiaforrások egy speciális rendszerének, az ún. minienergetikai hálózatok alkalmazása. Ezek olyan, kisméretű villamosenergia-szolgáltató hálózatok, melyek egy kisebb közösség számára biztosítanak villamos energiát. A kisebb közösségek alatt ipari területeket, kereskedelmi, lakossági területeket, elzárt vidéki közösségeket, régiókat érthetünk (Kueck et al, 2003). A minienergetikai hálózatokban több, azonos vagy eltérő technológiával bíró, azonos vagy eltérő, elsősorban megújuló energiahordozókra épülő kisebb erőmű állít elő villamos energiát (4.6. ábra). Egy adott hálózaton belül tehát a korábban bemutatott elosztott termelési technológiák, valamint a következő fejezetben részletezni kívánt energiatárolási és keresletoldali beavatkozási technológiák is fontos szerepet játszanak (Deutsch, 2006/b).

4.6. ábra: Minienergetikai hálózatok lehetséges felépítése



Forrás: EC (2006/a, 18. o.)

A minienergetikai rendszerek optimális működésének, és a központi hálózattal való kapcsolatának biztosítása érdekében, a rendszer egy, - kifinomult vezérlőrendszereket, számítógépes hálózatot igénybe vevő, - háromszintű, hierarchikus irányítási struktúrát alkalmaz, melynek elemei (Chowdhury et al, 2009, 6-8. o.; KVVM, 2007):

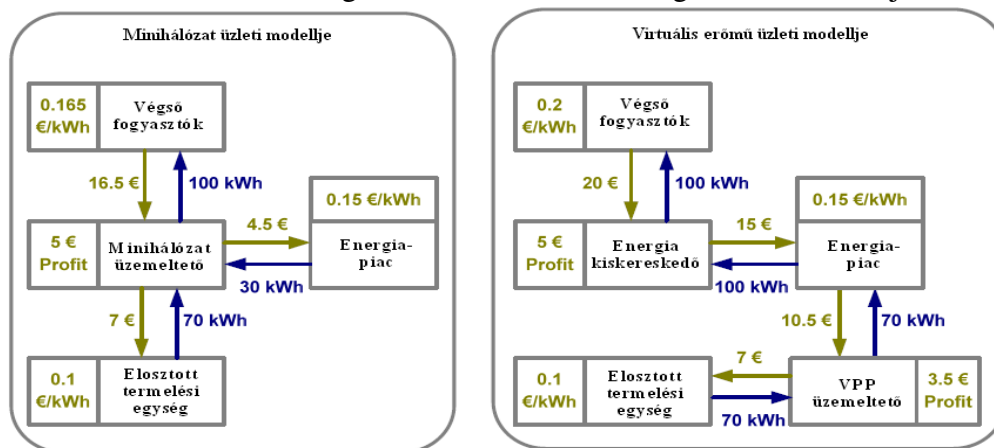
- Termelésvezérlés: a termelési egységekhez kapcsolódó vezérlési egységek, melyek teljesítmény és feszültségszabályozást végeznek, a terhelés változása, illetve az

átmeneti zavarai esetén. Emellett, az irányítható terheléseket is ellátják terhelésirányító berendezésekkel.

- Energiamenedzsment központ: feladata a hatásos és meddő teljesítmény irányításától a minihálózat működésének optimalizálásáig terjedhet, a termelési egységek felé továbbítva a számított feszültség és teljesítmény célértékeit.
- Elosztásirányító rendszerek: ezek egyfajta védelmi rendszerek, melyek a zavarok, problémák esetén a hálózati részek, szakaszok, elemek le- illetve átkapcsolását biztosítják.

A miniergetikai hálózatok fontos jellemzője, hogy az erőművek a felhasználók közelében helyezkednek el, lehetővé téve az adott területre leginkább jellemző energiaforrások kiaknázását, ráadásul a hagyományos hálózathoz kapcsolva, illetve attól függetlenül is üzemeltethetők (EC 2006/a; Abu-Shark et al. 2005). A miniergetikai hálózatok beépített villamosenergia-termelése néhány 10MW körül alakul, és önálló teljesítmény-frekvencia és meddő teljesítmény- feszültség szabályozásra is képesek, így szinkron üzemben a hálózat felé, mint menetrendtartó fogyasztók jelennek meg (KVVM, 2007).

4.7. ábra: Minienergetikai rendszerek lehetséges üzleti modellje



Forrás: Schwaegerl et al (2009, 19. o.)

A miniergetikai hálózatok az elosztott termelési egységekre építenek, előnyben részesítik a helyi fogyasztói igények kielégítését, és lehetőséget biztosítanak a keresleti oldal érdekeinek érvényesítésére is, míg a virtuális erőművek csak a kis és közepes teljesítményű erőművekből álló kínálati oldal egyfajta aggregátoraként, a hagyományos kereskedelmi tevékenységeket érvényben hagyva üzemelnek. Ahogyan azt a 4.7. ábra is szemlélteti, a minihálózatok üzleti modelljében a közvetítői funkciók kihagyása révén a tranzakciós költségek csökkentése, a keresleti és kínálati oldalak integrálása is megvalósulhat (Schwaegerl et al, 2009).

Bár a gyakorlatban a világ különböző tájain (pl. USA-ban Chicago Illinois Institute of Technology, EU-ban Kynthos, Japánban Aomori, Aichi, Kyoto projektek⁹⁹) több

⁹⁹ Ezeket lásd bővebben: <http://www.smartgrid.epri.com>; illetve <http://www.microgrids.eu>.

teszthálózat is üzemel, melyek a miniergetikai hálózatok technikai, műszaki kivitelezhetőségét hivatottak demonstrálni, az egyes projektekre vonatkozó konkrét adatok hiányában, a környezeti és gazdasági jellemzők, hatások vonatkozásában csak szimulációs, matematikai optimalizációs programok eredményeire hagyatkozhatunk. Yuoli és szerzőtársai (2009) által modellezett - egy, Japánban elhelyezni kívánt, megújuló (32kW szélérőmű, 10kW-os mini vízerőmű, és egy 10kW-os napelemes rendszer) energiahordozókat hasznosító termelési egységekre épülő - miniergetikai hálózat beruházás-gazdaságossági vizsgálata az adott projekt megvalósítását (NPV>0, megtérülési idő 13,0 év) támogatja. A rendszer megbízhatóságának, illetve környezetszennyezésének elemzése is a miniergetikai hálózat hagyományos hálózattal szembeni előnyét hangsúlyozza.

4.6. táblázat: Egy potenciális minihálózat és a hagyományos hálózat megbízhatósági, gazdasági és környezeti összevetése

Hálózat jellemzői	Megbízhatóság (kWh/hó)	Átlagos energiaköltségek (yen/hónap)	Átlagos CO ₂ -kibocsátás (t/hó)
Hagyományos hálózat	EENS*: 3593,7	5,3x10 ⁴	9,2
Miniergetikai hálózat	EENS*: 1282,6	4,2x10 ⁴	1,2

*EENS: az a várható, fogyasztóknál jelentkező veszteség, melyet a nem elegendő villamosenergia-ellátás okoz

Forrás: Yuoli et al (2009, 161. o.)

A környezetszennyezés vonatkozásában hasonlóan kedvező eredményeket tárt fel Tsukada et al (2007) is. A szerzők a 2006 szeptemberében, a Yokohama Research Institute of Tokyo Gas-nál kiépített 100kW-os (3 gázmotoros CHP-t, két szélérőművet és egy napelemes rendszert magában foglaló) minihálózat általi villamosenergia-és hőenergia-termelés CO₂-kibocsátását vetették össze egy ún. referencia rendszer (villamos energia hálózatról való vétele, a hő- és melegvíz-ellátás hőszivattyús és gázmotoros rendszerekkel való biztosítása) kibocsátásával, és a minihálózat esetében átlagosan 23,26%-os kibocsátás-csökkenést mutattak ki. A miniergetikai hálózatok által biztosított előnyök, hátrányok megoszlását a 4.5.3. fejezetben bővebben tárgyalom.

4.1.3. A villamosenergia-tárolási technológiák és a villamosenergia-rendszer

Az energiatárolási technológiák fő feladata az energiatermelés és az energia iránti kereslet összehangolásának megteremtése. A primerenergia-hordozókkal szemben, a villamos energia egyik legfontosabb jellemzője, hogy közvetlen tárolása még nem megoldott, ami a villamosenergia-rendszeren belül, a termelés és a terhelés állandó egyensúlyban tartását teszi szükségessé. Ugyanakkor, a villamos energia mechanikai, illetve vegyi közvetítők révén történő tárolásának különböző technológiái érhetőek el, melyeket a szakirodalom általában méretük, energiasűrűségi jellemzőik, alkalmazási területeik, költségeik, hatékonyságuk, stb. alapján sorol különböző kategóriákba (Ter-Gazarian, 1994).

A legismertebb villamosenergia-tárolási technológiák közé tartoznak¹⁰⁰:

¹⁰⁰ Az egyes tárolási technológiák műszaki, működési leírását, jellemzőit lásd bővebben: Ter-Gazarian (1994); EUSUSTEL (2007, 87-88. o.), DOE (2002, 84-85. o.), DISPOWER (2004, 14-15. o.), Ibrahim et al (2008), Kreith – Goswami (2007).

- Mechanikai energia tárolási technológiái:
 - Szivattyús – tározós vízerőművek
 - Lendkerekek:
 - Sűrített levegős rendszerek (CAES)¹⁰¹:
- Vegyi energia
 - Akkumulátorok¹⁰²
 - Hidrogén alapú rendszerek/tüzelőanyag-cellák,
- Szuperkondenzátorok¹⁰³
- Szupra-, és ultravezetős mágneses rendszerek (SMES)¹⁰⁴

Az egyes tárolási technológiák fő műszaki jellemzőinek az eredő hatásfok, a tárolási időtartam, az energiasűrűség, és a rendszer élettartama (vagy töltési-kisütési ciklusainak száma) számítanak (ld. 16. melléklet). A tárolási technológiákkal szembeni elvárások között szerepel a magas megbízhatóság, a 85%-ot meghaladó hatékonyság garantálása, miközben az 1kW-ra jutó egységköltségük alacsonyabb kell, hogy legyen az új termelési egységek egységköltségeinél (Sondenberg Petersen – Larsen, 2005, 53. o.). A tárolási technológiák a termelő egységeknél, a szállító- és elosztó-hálózatoknál, valamint a fogyasztói oldalon is elhelyezhetők az általuk ellátott feladattól függően. A 17. melléklet a tárolási technológiák egyes alrendszerek számára nyújtotta előnyöket összesíti.

A különböző tárolási egységek adott területeken való alkalmazhatósága nagymértékben függ az adott technológia által tárolt energia, és az általa biztosított áram mennyiségétől, illetve az adott berendezés reagálási idejétől. A 4.8. ábra az egyes alkalmazási területek (szállító és elosztó hálózat támogatása, elosztott termelés támogatása, keresletirányítás, ellátásminőség javítása, tranzit) ezen szempontokra vonatkozó igényei alapján segít azonosítani az alkalmazható technológiák körét (Schoenung, 2001). A csoportosítás eredményei azt a megállapítást támogatják, miszerint a nagymennyiségű energiatárolási igénnyel bíró feladatok ellátására alkalmazható technológiák közé tartoznak a különböző (ólomsavas, nátrium-kénes, cink-brómos, nikkel-kadmiumos, és vanádium-redox áramlásos) akkumulátorok; a szivattyús-tározós vízerőművek, és a légsűrítéssel tárolók. Az elosztott termelési egységek támogatására szolgálhatnak a különböző (ólomsavas, nátrium-kénes, lítium-ionos, cink-brómos, nikkel-kadmiumos, és vanádium-redox áramlásos) akkumulátorok, magas forgású lendkerekek, felszíni légsűrítéssel tárolók, hidrogén-alapú

¹⁰¹ A légsűrítéssel technika esetén a felszínen, vagy a föld alatt elhelyezett nagy tartályokba levegőt „szivattyúznak” az alacsony terhelési időszakokban. Majd, a csúcsidőszaki terhelés alatt, az alacsony hőmérsékletű sűrített levegőt felmelegítik, és gázturbinák meghajtására használják. A sűrített levegő lehetővé teszi, hogy az energiahordozó kétszer olyan hatékonyan éghessen el a rendszerben, mint normál állapotban (ld. 19. lábjegyzet).

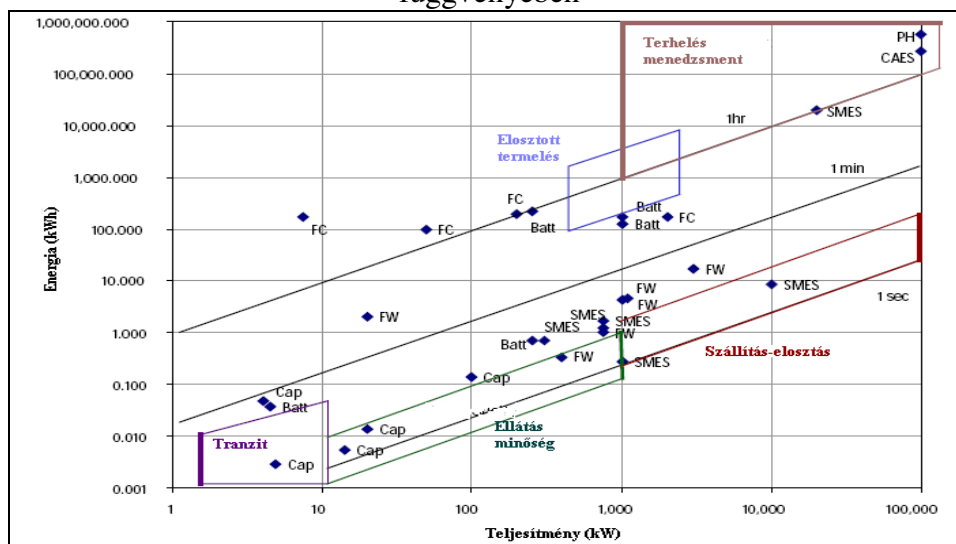
¹⁰² Az akkumulátorok az energiát elektrokémiai formában tárolják. Fő típusai a már érettnék számító ólomsavas, lítium ionos, és nikkel-kadmiumos akkumulátorok, valamint a fejlesztés alatt álló, modern a cink-brómos, nátrium-kénes, és a különböző redox áramlásos akkumulátorok (példa az USA-ban és Nagy-Britanniában is üzemelő Regenesys rendszerek) (Forrás: ld. 19. lábjegyzet).

¹⁰³ A szuperkondenzátorok kétrétegű elektrokémiai kondenzátorok. A szuperkondenzátorok a pozitív és negatív töltésű rétegek között elhelyezett szigetelőanyag segítségével optimalizálják a töltéselosztást, csökkentik a rétegek közötti feszültséget, így növelve annak tárolási képességét (Forrás: lásd 19. lábjegyzet).

¹⁰⁴ Ez a rendszer végtelenített vezeték által fenntartott mágneses mező energiáját tárolja. A nulla ellenállású, sűrű menetű tekercsen egyenáram halad át, ezáltal mágneses mező keletkezik, és tárolódik nagy energiasűrűséggel és kis ellenállási veszteséggel. (Forrás: ld. 19. lábjegyzet).

tüzelőanyag-cellák. Míg az ellátásminőség javítását leginkább a lendkerekek, szuperkondenzátorok, szupravezetős mágneses rendszerek, ólomsavas és lítium-ionos akkumulátorok segíthetik.

4.8. ábra: Energiatárolási technológiák jellemzése a feltöltés, tárolás és kisütés függvényében



Megjegyzés: BAT: akkumulátor; FW: lendkerék, FC: tüzelőanyag-cella, CAES: Légsűrítéssel rendszerek; Cap: szuperkondenzátorok; PH:szivattyús-tárolós erőművek; SMES:szupravezetős mágneses rendszerek

Forrás: Schoenung (2001, 24. o.)

Az Európai Unió INVESTIRE (2003) projektje az egyes energiátárolási technológiákat - (lítium-ionos, ólomsavas, nikkel-kadmiumos, nikkel-fém hibrides, cink-alapú, és áramlásos akkumulátorok; lendkerekes rendszerek; légsűrítéssel rendszerek; tüzelőanyag-cellák; ultra- és szuperkondenzátoros rendszerek) azok műszaki, gazdasági és környezetvédelmi jellemzői alapján - tesz kísérletet arra, hogy meghatározza, mely technológiák milyen rendszereknél alkalmazhatók. A kutatás eredményeit összegezve megállapíthatjuk, hogy a kisteljesítményű, önellátó rendszerek esetében az ólomsavas és a lítium ionos akkumulátorok; a napenergiás- és hibrid rendszerek esetében az ólomsavas, lítium ionos, és redox áramlásos akkumulátorok alkalmazása a legígéretesebb. Míg a terhelés kiegyensúlyozás és az energiaminőség biztosításának vonatkozásában a légsűrítéssel, lendkerekes, és szuperkondenzátoros rendszerek alkalmazhatók.

A villamosenergia-tárolási technológiák fejlesztése, növekvő alkalmazása mellett több érv is szól. Az energiátárolási technológiák révén rövid, illetve középtávon csökkenhet egy régió, ország importfüggősége, javulhat a villamosenergia-rendszer kapacitása, az ellátás minősége és biztonsága, a piacok pénzügyi és működési rugalmassága, még annak ellenére is, hogy minden egyes tárolási technológia esetében számolnunk kell hatékonysági veszteséggel. Fontos megjegyezni, hogy a szállítási és elosztási alrendszerek jövőbeli várható fejlesztéseinek ellenére is valószínűsíthető, hogy a hálózati alrendszer hosszú távon önmagában nem lesz képes kielégíteni a villamosenergia-piacok növekvő komplexitását. A tárolási egységek rugalmas, multifunkcionális feladatokat láthatnak el a villamosenergia-rendszerekben az erőforrások hatékony menedzselése révén (DOE – EPRI, 1997). A

stratégiaileg elhelyezett tárolási rendszerek javíthatják a hálózati alrendszer használatát, hozzájárulhatnak azok feszültség- és frekvencia-szabályozási feladataihoz, késleltethetik, minimalizálhatják a hálózatokkal kapcsolatos fejlesztési, beruházási kiadásokat, csökkenthetik az üzemeltetési és karbantartási költségeket, sőt a közel állandó csúcsterhelésnek kitett egyedi hálózatok terhelését is mérsékelhetik. Az energiatárolási technológiák hasznosak lehetnek a fogyasztók számára is, hiszen az általuk kínált keresletoldali irányítási lehetőségek révén prémium-szolgáltatásokat¹⁰⁵ élvezhetnek (DOE – EPRI, 1997). Ráadásul, a liberalizált piacokon megjelenő valós idejű árazás további ösztönzést adhat az egyes épületek, illetve fogyasztói berendezések, eszközök helyi energiatárolási megoldásainak (Semadeni, 2003).

Bár az energiatárolási technológiák alkalmazása a hagyományos, liberalizált villamosenergia-rendszer számára is számos előnyt biztosíthat, a megújuló energiahordozókra épülő, illetve az elosztott villamosenergia-termelési egységek hálózatra kötött részarányának növelése szempontjából, valamint a szigetelvtű elosztott rendszerek esetében, alkalmazásuk kritikus fontosságú. A villamosenergia-tárolási technológiák ugyanis növelik a szakaszos energiatermelési egységek értékét, emelik azok megbízhatóságát és biztonságát, hiszen azon esetekben is garantálják a villamosenergia-ellátás folyamatosságát, amikor az energiaforrás hiányában, illetve egyéb akadályoztatottsága miatt a termelési egység(ek) nem képes(ek) elegendő villamos energiát előállítani; ha hirtelen megugró keresletre kell reagálni; vagy, ha nincs lehetőség a hálózati kapcsolódásra. Az önálló, szigetelvtű rendszerek esetében is alkalmazhatók, ahol egyfajta UPS elemként vannak jelen, azaz megszakításmentes energiaszolgáltatást biztosítanak. A UPS egységek olyan biztonsági tartalék szerepet töltenek be, mely a szigetelvtű rendszerek biztonságos működése szempontjából nélkülözhetetlen, rugalmas elhelyezkedést, üzemelést tesznek lehetővé minimális környezetszennyezés mellett.

Bár, ahogyan azt az eddigiek is sugallták, a tárolási technológiák mind a központosított, mind az elosztott technológiák esetében számos feladat ellátására, funkció támogatására alkalmazhatók, jelenleg a tárolási technológiák ellen szól, hogy rövid élettartammal bírnak, használatuk bizonyos, speciális feltételekhez kötött, és általában magas beruházási, üzemeltetési és karbantartási költséggel jellemezhetők.

Az egyes tárolási technológiák beruházás-gazdaságossági értékelése szempontjából, a töltési, tárolási és kisütési alrendszerek beruházási költségei a meghatározók. Általában véve, a teljesítmény tökekköltség komponense az output kapacitással, míg az energia költsége a rendszer tárolási kapacitásával kapcsolatos **beruházási kiadásokat, üzemeltetési és karbantartási kiadásait** foglalja magában. Ahogyan azt a 4.7. táblázatból kiolvasható, az életciklusuk kezdeti fázisaiban lévő (hiszen bizonyos technológiák, pl. ólomsavas, nikkel alapú, vagy lítium ionos akkumulátorok más - telekom, autó-, és légműködési - ágazatokban is széles körű alkalmazásnak örvendenek, így érettebb technológiáknak tekinthetők), illetve a hagyományosan a magas teljesítménykategóriába sorolt tárolási

¹⁰⁵ Ide sorolható a megszakításmentes ellátás, az ellátásminőség javítása, a csúcsterhelési időszak alatti fogyasztás, vagy az energiaszámlák csökkentése (DOE – EPRI, 1997).

technológiák esetében kell magasabb beruházási költséggel számolnunk. Az egyes technológiák üzemeltetési és karbantartási kiadásait, illetve az egy ciklusra jutó költségeit, a rendszerek mérete és azok alkalmazási területe határozza meg.

4.7. táblázat: Az egyes tárolási technológiák beruházási, üzemeltetési és karbantartási költségei

	Energiára vetített beruházási költség	Teljesítményre vetített beruházási költség	Egyéb, beruházási rendszer-költségek	Üzemeltetés & Karbantartás fix költségei	Üzemeltetés & Karbantartás változó költségei
	(€/kWh)	(€/kW)	(€/kWh)	(\$/kWh)	(\$/kWh)
Ólomsavas akkumulátor	150	300	50	1,55	0,5
Cink-bróm akkumulátorok	200	1500	Már figyelembe véve		
Nitrogénes akkumulátorok	245	259	40		
Mikro-SMES	72000	300	10 000	8	0,5
Közepes-SMES	2000	300	1500	1	0,1
SMES	500	300	100		
Lendkeres rendszer (magas sebességű)	25000	350	1000	7,5	0,4
Lendkeres rendszerek (alacsony sebességű)	300	300	80		
Szuperkondenzátorok	82000	300	10 000	0	Beruházási kiadás 5%-a
Légsűrítéssel rendelkező rendszerek (CAES)	50	500	50	1,35	0,1
Szivattyús – tározós vízerőművek	10	600	Már figyelembe véve	4,3	0,43
Hidrogén alapú tüzelőanyag-cellák	15	6000 (*)	50		

Forrás: EnirDGnet (2004, 30. o., 32 o.); Schoenung et al (1996, 355. o.) alapján

A fenti adatok alapján kijelenthetjük, hogy

- A nagyon rövid kisütési feladatoknál (0-20 sec, 1-4 MW) az üzemeltetési költségeket alapul véve a lendkeres, az SMES és szuperkondenzátoros rendszerek tekinthetők a legjobb választásnak. A nagyon rövid kisütési igényű alkalmazásoknál, melyek általában nagyobb kapacitást (<20 sec, >20 MW) igényelnek, az üzemeltetési költség alapján, a legéltékesebb technológiának az ólomsavas akkumulátorok bizonyulnak.
- A rövid és közepes kisütési időtartamú (10 min – 2 óra, <2 MW) alkalmazásoknál az ólomsavas akkumulátorok, és a sűrített levegős technológiák a legolcsóbbak.
- Légsűrítéssel rendelkező rendszerek és a szivattyús-tározós vízerőművek a hosszú és nagyon hosszú kisütési idejű feladatok réstechnológiáinak tekinthetők.

A villamosenergia-tárolási technológiák **alapanyag-, energia-, és erőforrás-igénye** is meglehetősen eltérő képet mutat (ld. 4.8. táblázat). A villamos energia tárolására alkalmazható technológiák életciklus-elemzésének eredményei azt mutatják, hogy környezeti szempontból a lendkeres rendszerek tekinthetők a legkedvezőbb választásnak, közepes energiaigényük és alacsony veszteségeik miatt. Ráadásul ez a technológia semmilyen veszélyes anyag felhasználását nem igényli¹⁰⁶.

¹⁰⁶ Egyedül a félvezetők esetében alkalmazott berflium-oxid jelent némi kockázatot (INVESTIRE, 2003/a, 15.o.)

4.8. táblázat: A villamosenergia-tárolási technológiák életciklus vizsgálata

Tényező	Lendkerekek	Ólom-savas akkumulátor	Vanádium akkumulátor	Nikkel-kadmium akkumulátor	SMES rendszer ¹	CAES
Alapanyagigény (kg)²						
Ólom	0	29400–44100	0	0	0	n.a.
Vanádium	0	0	2309	0	0	n.a.
Nikkel	0	0	0	5,11 (g/Wh)	0	0
Kadmium	0	0	0	4,09 (g/Wh)	0	0
Szupravezető	9,6	0	0	0	856	n.a.
Réz	0	130–195	184	0,12 (g/Wh)	5933	n.a.
Karbonszál	2988	0	0	0	0	n.a.
Acél	18640	0	2516	9,8 (g/Wh)	52333	n.a.
Kénsav	n.a.	4600–6900	6103	0	356	n.a.
Salétromsav	n.a.	0	0	0	1900	n.a.
Energiaigény (GJ)						
	1225	1062–1593	281	5,8 (MJ/Wh)	2669	1GWh leadásához: 0.735 GWh áram + 5270 GJ hőenergia
Vízigény (m³)						
	7200	6,4-9,6	11,3	2,0 (g/Wh)	4718	n.a.
Légszennyezés (kg)						
NO _x	36	242–363	45	0,5 (g/Wh)	563	n.a.
SO ₂	57	215–323	28	4,17 (g/Wh)	404	n.a.
CO	n.a.	57–86	5	n.a.	133	n.a.
CO ₂ (t)	173	148–222	46	0,37 (kg/Wh)	433	n.a.
CO ₂ -ekvivalens (g/kWh)	159	145–217	44	n.a.	416	19

1. A szerzők egy elméleti rendszert vizsgálnak

2. Az életciklus alatti cserék számának emelkedése tovább növelheti a rendszerek alapanyagigényét.

Forrás: Hartikainen et al (2007, 33. o), Denholm – Kulcinski (2004, 2163. o.), Rydh – Karlstrom (2002, 293, 297. o.) alapján

Az ólomsavas akkumulátorok vonatkozásában mindenképpen kiemelendő a magas ólom és kénsavhasználat, míg a nikkel kadmium akkumulátoroknál a veszélyes hulladéknak számító kadmiumot kell kiemelnünk. E veszélyes anyagok kezelése a technológia teljes életciklusában megkülönböztetett figyelmet érdemel. Ugyanakkor, az ólomsavas akkumulátorok esetében már létezik egy újrahasznosító hálózat, mely az Európai Unió leghatékonyabb újrahasznosító hálózatának tekinthető (INVESTIRE, 2003/b). A vanádium akkumulátorok alapanyagigénye fele az ólomsavas akkumulátorok alapigényének, és a nikkel-alapú akkumulátorok alapigényének is csupán egynegyedét tesz ki. Bár Hartikainen et al (2007) vizsgálatában egy elméleti SMES rendszer szerepel, felhívja a figyelmet a rendszer megfelelő működéséhez szükséges hűtés energiaigényére. Az energiatárolási technológiák alkalmazása növeli a villamosenergia-termeléshez használt input mennyiségét, és az azzal kapcsolatos üvegházhatású-gáz kibocsátását. Így, a magasabb hatékonyságú, illetve a megújuló energiahordozókra épülő termelési technológiákkal kapcsolatban álló tárolási technológiák kibocsátása jóval alacsonyabb lehet, mint a fosszilis erőművekkel kapcsolatban álló társaiké (Weisser, 2007). A tárolási technológiák táblázatban szereplő ÜHG-kibocsátása csak az 1 kWh villamos energia leadásával kapcsolatos szennyezéseket foglalja magában, feltöltésnél felhasznált villamos energia mennyiségének előállításához alkalmazott technológia szennyezési értékét még hozzá kell adni. Ahogyan az adatok is mutatják a legkedvezőbb értékkel a sűrített levegős rendszerek, a vanádium–redox akkumulátorok és a lendkeresek rendszerek bírnak. Ugyanakkor,

mindenképpen az akkumulátoros rendszerek mellett szól, hogy térigényük jóval alatta marad a légsűrítéssel (mintegy 45-szerese) és a lendkerékes rendszerek (mintegy 37-szerese) területigényének.

A fizikai dimenzió elemzése kapcsán összességében véve megállapítható, hogy az elosztott termelési egységek mind a termelési, mind a szállítási és elosztási alrendszerekre jelentős hatást gyakorolnak, és felértékelik a tárolási egységek alkalmazásának igényét. Az elosztott termelési egységek nemcsak alacsonyabb környezetterheléssel bírnak, hanem lehetővé teszik a helyben elérhető energiahordozók alkalmazását is. A technológiák az elosztó hálózatra csatlakoztatva, szigetelven, illetve önállóan is üzemeltethetők. Ugyanakkor, fontos megemlíteni, hogy a technológiák nagy részarányban történő csatlakoztatása a meglévő hálózati infrastruktúra fejlesztését (bővítés és aktív menedzsment), illetve az új hálózati modellek (minihálózatok, virtuális hálózatok), a nettó mérés, a kommunikációs és az irányítási technológiák megjelenését, fejlesztését, és az azokkal kapcsolatos kutatásokat is ösztönzik, támogatják. Lehetőséget teremtenek továbbá a hálózati zavarok kezelésére, a hálózati veszteségek csökkentésére is. Sajnálatos módon, elsősorban a kutatások kezdeti stádiuma miatt az elosztott termelési egységek hálózati és tárolási hatásainak környezetterhelése, tőke-és munkaerő-intenzitása kapcsán általános érvényű kijelentések még nem fogalmazhatók meg.

4.2. Jogi dimenzió

A központosított villamosenergia-rezsim intézményi dimenziójának elemzése során egyrészt az Európai Unió liberalizációs törekvéseinek és eredményeinek bemutatására, másrészt az elosztott egységek támogatását, hálózati csatlakozását, nagykereskedelmi és kiegészítő szolgáltatási piacokhoz való hozzáférést érintő fő szabályozási környezet, illetve azok problémás vetületeinek felvázolására töreksem. A formális intézmények mellett röviden kitérek a rendszer szereplőinek magatartását befolyásoló informális intézmények bemutatására is.

4.2.1. Az Európai Unió energiapolitikai célkitűzései

Bár az Európai Unióban az energetikai kérdések, a közös energiapiac létrehozásának szándéka, már a kezdetektől meghatározó figyelmet élvező terület volt, a tágabb értelemben vett energiapolitika kialakításának első lépését az energiapolitika első Zöld Könyvének, illetve Fehér Könyvének 1995. évi megjelenése jelenti. A 2000-ben megjelent második Zöld Könyv értelmében az energiapolitikai stratégiai célok a **versenyképesség, az ellátásbiztonság és a fenntarthatóság** hármas követelményeinek kell, hogy megfeleljenek. Emellett, biztosítani kell azt is, hogy az Európai Unió valamennyi állampolgára számára lehetővé váljon az energiaellátáshoz való hozzáférés.

Mindezen célkitűzések elérését a könyv az alábbiak szerint képzei el:

- Energia-megtakarítás fokozása, energiaintenzitás csökkentése, energiaigények mérséklése,

- Megfelelő energiahordozó-struktúra kialakítása, a megújuló energiaforrások energiafelhasználásban való részarányának erőteljes növelése,
- Gazdasági és politikai kapcsolatok fenntartása, javítása az energiaszállító és –tranzit országokkal, új együttműködési formák kialakítása, a partnerországok energiarendszereinek modernizációjának támogatása,
- Az energiaforrás-diverzifikáció (típus és származási hely alapján) szélesítése a szállítási kapacitások bővítése, távvezeték-rendszerek fejlesztése (EC, 1999).

A 2006-ban kiadott, az ún. Energiaellátás Zöld Könyvében az Európai Unió energiapolitikájának stratégiai fontosságú területei között továbbra is lényeges elemként jelenik meg a fenntarthatóság, a versenyképesség és az ellátásbiztonság együttes támogatása, melyeket a **villamosenergia- és gázpiacok liberalizációjának** ösztönzése, illetve a **közös belső energiapiac** kialakításának szándéka kíséri. Ezen energiapolitikai célkitűzések valamennyi tagállam nemzeti energiapolitikájában tetten érhetők (Cosijns – D’haeseleer, 2005).

A 2010-ben megjelent **„Európa 2020” program** kiemelt kezdeményezése az „Erőforrás-hatékony Európa”, melynek értelmében az EU hosszabb távú (2020 és 2050 közötti) célja egy olyan fenntartható, biztonságos, technológiaalapú, alacsony CO₂-kibocsátású energiapiac megteremtése, amely szerte az Unióban hozzájárul a gazdasági növekedéshez és a munkahelyteremtéshez.¹⁰⁷ Annak ellenére, hogy a számítások szerint az EU a jövőbeni CO₂-kibocsátásoknak csupán a 15%-áért felel majd, és 2030-ban részesedése a világ energiafogyasztásában az új célok alapján nem éri majd el a 10%-ot sem, az Európai Unió „az éghajlatváltozás elleni küzdelem élharcosa” kíván lenni¹⁰⁸. Az EU megközelítése szerint a CO₂-kibocsátási célok teljesítése szempontjából a legnagyobb lehetőség a villamosenergia-ágazatban rejlik. Ennek oka, hogy itt jobb a keresleti oldal hatékonysága, és a kínálati oldalon kevesebb magas CO₂-kibocsátású beruházásra van szükség, másrészt az előregedő villamosenergia-termelő kapacitás jelentős részét a következő évtizedekben kell majd pótolni, ami kitűnő lehetőséget nyújt a kibocsátás csökkentésére.

4.2.2. Piacliberalizációs direktívák és a tagállamok villamos energia piacainak liberalizáltsága

Az 1990-es évekig a villamosenergia-ágazat működésének feltételeit világszerte az erős állami befolyásolás és a vertikálisan integrált szervezeti struktúra jellemezte, melynek fő indokai az alábbiakban keresendők (Chao et al, 2008, 30. o.):

¹⁰⁷ COM(2010) 2020 végleges, 2010.3.3.

¹⁰⁸ Az ENSZ 2009-es koppenhágai konferenciáját megelőzően az EU vállalta, hogy határozatot hoz a CO₂-kibocsátás 30%-os csökkentéséről 2020-ra (az 1990-es szintekhez képest), a 2012 utáni időszakra vonatkozó globális és átfogó megállapodáshoz való feltételes felajánlasként, ha más fejlett országok is kötelezettséget vállalnak a kibocsátás hasonló mértékű csökkentésére, és ahhoz a fejlődő országok is megfelelő mértékben hozzájárulnak. Az Európai Tanács támogatta középtávú célkitűzéseként (2050-ig) a globális kibocsátás legalább 50%-kal történő csökkentését. A fejlett országok esetén a kiindulási pont az összesített kibocsátás legalább 80-95%-os csökkentése, összhangban az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport (IPCC) álláspontjával (Európai Unió Tanácsa, 2009. december 1., 11265/1/09 REV 1.).

- A villamos energia olyan, - más javakkal nem, vagy csak korlátozottan helyettesíthető - közjószág, mely alapvető szükségleteket elégít ki, hozzájárul egy adott terület, ország gazdasági fejlődéséhez. Így a folyamatos, biztonságos és hatékony szolgáltatás állami szerepvállalást indokol.
- A villamos energia szállítását és elosztását biztosító specializálódott infrastruktúrát természetes monopóliumoknak kell tekinteni, duplikációjukat célszerű kerülni, kivéve, ha az javítja a hálózat biztonságát, vagy a szolgáltatás megbízhatóságát.
- Méretgazdaságosság: a természetes monopóliumok kiterjedtek a termelésre is, előidézve a nagyméretű és a nagy tőkeszükségletű erőművek (nagyteljesítményű vízerőművek, atomerőművek) létrehozását.
- Választék-gazdaságosság: az egyes tevékenységek közötti szoros kontroll biztosította előnyök a helyettesítési előnyökre, illetve a tudás, a képességek, a technológia, és az információs rendszerek megosztásának lehetőségére vonatkoznak.
- Tranzakciós költségek gazdaságossága: A szolgáltatók beruházásai hosszú távon térülnek meg és visszafordíthatatlanok, az eszközök pedig más célokra nem alkalmazhatók. A beruházások értékét így a várható fogyasztói értékesítési mennyisége adja. Mivel az egyes ellátási lánc szintek közötti szerződések nem tudnak minden nem várt körülményre kiterjedni, számos kockázatot hordoznak magukban, így támogatva a vertikális integrációt. A beruházások eszköz-specifikussága és magas tőkeszükséglete miatt az állam feladata a beruházások kockázatának csökkentése és országos méretű hatékony vezetékrendszerek létrehozása.
- A villamos energia nagy mennyiségben történő tárolása nem megoldott, a kínálat és kereslet folyamatos egyensúlyban tartása csak bizonyos mértékű állami ellenőrzés mellett lehetséges.

Az elmúlt évtizedekben azonban világszerte elindultak a villamosenergia-szektor érintő, a piac újrastrukturálását, az intézményi és szabályozási reformokat, az üzleti stratégiák reorientációját, a különböző szintű technológiai fejlesztéseket ösztönző liberalizációs, de- illetve reregulációs, és dezintegrációs folyamatok. Ezek háttérében az az elgondolás áll, miszerint a termelési és elosztási verseny képes megteremteni a választás lehetőségét a társadalom számára, támogatni tudja a különböző ellátási struktúrák megjelenését; képes elősegíteni a társadalom egészét, a vállalatok versenyképességét befolyásoló villamos energia árak mérséklődését. A liberalizáció mellett szól továbbá a termelési, szállítási, és infokommunikációs technológiák területén tapasztalható fejlődés. Az elosztott termelési technológiák esetében érvényesülő „moduláris sorozat-gazdaságosság” (azaz a gyártásuknál fellépő tanulási hatás és tömegtermelés) kompenzálhatja a meglévő villamosenergia-rendszer méretgazdaságossági hatásait. Jelentősen visszaesett a hálózatok eszköz-specifikusságának mértéke is, miközben az informatika fejlődése lehetővé tette a kereskedelmi funkció szállítói és elosztói hálózatról való hatékony leválasztását. Ráadásul, az egyes kormányzatok egyre nagyobb mértékben vonulnak ki az infrastrukturális iparágakból, és jelentős erőfeszítéseket tesznek a villamosenergia-ágazatra vonatkozó szabályozás, valamint a szociális és gazdaságpolitikai kérdések szétválasztására.

Annak ellenére, hogy az Európai Unió már az 1980-es évek végén direktívákat vezetett be a villamos energia és gázárak transzparenciájára (90/377/CEE), és a nagyfeszültségű hálózatokon történő villamos energia szállításra (90/547/CEE) vonatkozóan, a villamosenergia-szektor liberalizációs folyamatát elindító, **ún. első energiapiaci direktívát** (96/92/EC) csak 1996-ban hagyták jóvá (Genoud – Finger, 2004). A direktíva célja a közös villamosenergia-piac létrehozása volt a piaci mechanizmusok, illetve a villamosenergia-termelésre, szállításra, elosztásra és kereskedelemre vonatkozó közös szabályok bevezetése révén. A direktíva szerint a tagállamoknak a szállítói és elosztói hálózatok működtetéséért, karbantartásáért és fejlesztéséért felelős hálózati irányítókat (TSO, illetve DSO) kell létrehozni, és az integrált vállalatoknak legalább számviteli értelemben el kell választaniuk a hálózati tevékenységeket a termelési és kereskedelmi tevékenységektől. A hálózathoz való hozzáférés biztosítására a direktíva három modellt kínált fel a tagállamoknak, azaz lehetővé tette a tárgyalásos alapú (nTPA¹⁰⁹), a szabályozóhatóság által meghatározott tarifális hozzáférés (rTPA), és az egyedül vásárló modell¹¹⁰ közüli választást. A 19-es cikkely pedig megszabta a tagállamok számára a piacnyitás minimális mértékeit, és azok céldátumait. Ám a direktívában megfogalmazott célok és feladatok túl nagy szabadságot adtak a tagországoknak a verseny megnyitási módjának kiválasztására.

Mindezt felismerve került sor 2003-ban az **ún. második villamos energia 2003/54/EC Direktíva** elfogadására. A Direktíva célul tűzte ki, hogy 2007-re valamennyi tagállamban megvalósuljon a teljes piacnyitás, a termelési piacokra való szabad belépés támogatása, a megújuló energiahordozók termelésben való részarányának növelése, a szabályozó hatóságok létrehozása, a szállítói és elosztói hálózat irányítóinak jogi szétválasztása, valamint a hálózatokhoz való szabályozott hozzáférés garantálása.

A vertikális integráció, és piaci koncentráció magas szintjének a fogyasztók szabad választásra gyakorolt korlátozó hatásait felismerve az Európai Parlament 2009. áprilisában megszavazta a **harmadik energia-csomagot** (2009/72/EC, 2009/73/EC direktívák). Ez a csomag is három választási lehetőséget enged a tagállamok számára a termelési és hálózati tevékenységek szétválasztására. A tevékenységek teljes tulajdonosi szétválasztása mellett lehetőség van a szállítóhálózat független rendszerirányítónak történő átadására (ISO modell), illetve a független hálózatüzemeltető (TSO) modell követésére. Döntés született továbbá az Európai Energiaszabályozói Együttműködési Ügynökség, és az európai átvitelirendszer-üzemeltetői hálózatok (villamos energia esetében ENTSOE, a gáz vonatkozásában ENTSG) létrehozásáról is. A csomag kiemelten foglalkozik továbbá a határkeresztesző energiakereskedelem megkönnyítésével, a határokon átvélő együttműködések és beruházások támogatásával, a hatékonyabb nemzeti szabályozások, valamint a tagállamok közötti szolidaritás ösztönzésével.

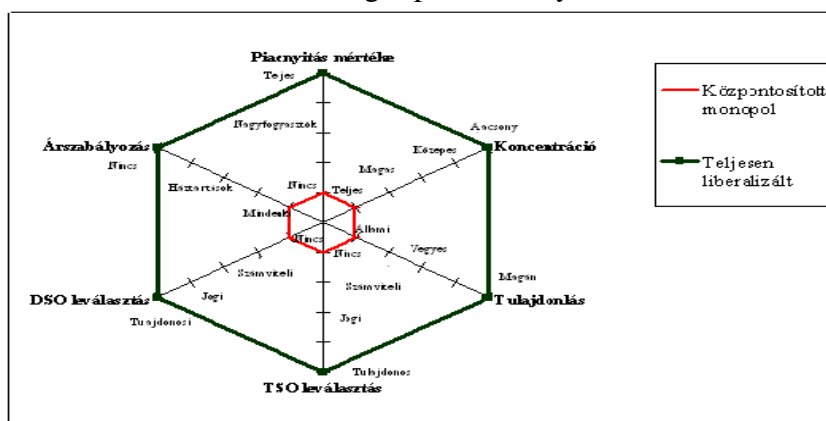
¹⁰⁹A vevők és termelők egymással közvetlenül egymással szerződnek, és a hálózati hozzáférést, árakat a rendszerirányítóval tárgyalásos alapon határozzák meg.

¹¹⁰Az egyedül vásárló modellben a független erőművi társaságok csak a szállítónak (azaz az alaphálózati társaságnak) adhatják el az általuk termelt villamosenergiát, a szolgáltatók csak a szállítóktól vásárolhatnak áramot. A szállítók kizárólagos nagykereskedői, a szolgáltatók pedig saját körzetükben kizárólagos kiskereskedői joggal bírnak (Harris, 2006, 165. o.). A modell Franciaország kérésére került be, ám végül ott is a szabályozóhatóság által meghatározott tarifális hozzáférési modell került bevezetésre (Genoud és Finger, 2004).

A tapasztalatok és a szakirodalmi kutatások (pl. Finon – Glachant, 1999; Genoud – Finger, 2004; valamint Correljé - De Vries, 2008) azt mutatják, hogy az egyes tagországok sajátos intézményi háttérüktől, stratégiai célkitűzéseiktől függően eltérő módokon, mértékben vezették be az EU-s direktívákat, melynek köszönhetően **az egyes tagországok villamos energia piaci a liberalizáltság tekintetében eltérő jellemzőkkel bírnak.** Annak érdekében, hogy ezen állítások létjogosultságát alátámasszam **a piacnyitás mértéke, a tulajdonlás jellege, a hálózati tevékenységek szétválasztásának jellege, a piaci koncentráció, és az árszabályozás figyelembe vételével készítettem el a tagállamok villamosenergia-ágazatának vizsgálatát.** A vizsgálat alapját az az általánosan elfogadott elgondolás adta, miszerint a liberális rendszereket a dominánsan magántulajdonban lévő iparágak, a vevők szabad választásának lehetősége, a szabályozott és a versenynek kitett funkciók megfelelő szétválasztása jellemzi.

A tulajdonosi szerkezet jellegét (állami tulajdon és magántulajdon aránya) és a piaci koncentrációt ($Cr_{(1)}$ alapján, azaz a termelési piacon a legnagyobb vállalat piaci részesedése) a villamosenergia-ellátási láncának termelési tevékenységére vonatkozó adatok alapján határoztam meg. A piacnyitás mértéke pedig a szabadon választott és a teljes éves fogyasztás arányát tükrözi. A szabályozott és versenynek kitett tevékenységek szétválasztását, a szétválasztás típusa (számviteli, jogi, tulajdonosi) alapján, a szállítói (TSO) és az elosztói (DSO) hálózattípusok vonatkozásában is vizsgáltam. Végül az árszabályozás a fogyasztói árak állami befolyásolását foglalja magában.

4.9. ábra: A villamosenergia-piac szabályzásának dimenziói



Forrás: saját szerkesztés, Midttun (1996, 283. o.) módosított változata

Ahogy az a 4.9. ábra is mutatja, minél közelebb helyezkedik el az adott ország villamosenergia-piacja a vizsgált dimenziók mentén az origóhoz, annál inkább szabályozott ágazatról, míg a periférián elhelyezkedő értékekkel bíró piacok esetében teljes liberalizáltságról beszélhetünk (Midttun, 1996). Az ábrának megfelelően, az EC (2009) adatai alapján elkészítettem az egyes tagállamok villamosenergia-piacainak liberalizáltságát szemléltető ábrákat, melyeket a 18.a/b/c mellékletek szemléltetnek.

A vizsgálat eredményei alapján a tagországok három csoportba sorolódnak. Az **első csoportba** (18/a. melléklet) a magas piaci koncentrációval, a szereplők monopol, kvázi

monopol helyzetével, többségében gyenge tevékenység-szétválasztással, illetve az árak állami szabályozásának szélesebb körre vonatkozó alkalmazásával jellemezhető országok (Málta, Lettország, Franciaország, Ciprus, Görögország, Észtország, Szlovénia, Írország) tartoznak. A **második csoport** (18/b. melléklet) azokat az országokat foglalja magában, ahol, - bár a piacokat az esetek többségében a teljes nyitottság és a közepesen erős piaci koncentráció jellemez, - a hálózati tevékenységek szétválasztása eltérő, és az állami árszabályozás gyakorlata (Hollandia és Csehország kivételével) legalább a háztartási fogyasztói árakra vonatkozik. Ide sorolhatjuk egyrészt a korábban erőteljesen az orosz energiapiacoktól függő, volt szocialista országokat (Magyarország, Csehország, Lengyelország, Litvánia, Szlovákia), illetve azokat a nyugat-európai tagállamokat, ahol a villamos energia piacokon a liberalizációt megelőzően is több vállalat volt jelen. Érdemes megemlíteni, hogy a csoporton belül országok piaci jellege egyfajta regionalitást is tükröz (pl. mediterrán országok - Olaszország, Spanyolország, Portugália - piaci, illetve északnyugat-európai országok - Hollandia, Ausztria, Belgium- piaci). A tagállamok **harmadik csoportját**, melyek piaci a legközelebb állnak a teljes liberalizáltsághoz, Nagy-Britannia, Norvégia, Svédország, Finnország és Dánia (18/c. melléklet) alkotják. Fontos megemlíteni ugyanakkor, az elosztó hálózati irányítók függetlenségének megteremtése még ezen tagállamokban is várat magára. Mindez pedig megegyezik Correljé és De Vries (2008) eredményeivel.

4.2.3. Az elosztott energiatermelés vonatkozó szabályozása az Európai Unióban

Az elosztott termelési egységek vonatkozásában sem az egyes tagállamok, sem pedig a teljes Európai Unió szintjén nem beszélhetünk speciális szabályozásról. Sokkal inkább kijelenthető, hogy az elosztott termelési egységek szabályozási környezete meglehetősen bonyolult, többdimenziós struktúrát követ, melyben eltérő szerep jut az egymással kölcsönkapcsolatban álló, különböző szabályozási elemeknek. Ahogyan azt a 4.10. ábráról is leolvashatjuk, az elosztott termelési egységek a gáz és villamos energia piacokra vonatkozó direktívák mellett több, eltérő szempontokat, területeket érintő szabályozásnak is tárgyát képezik, melyek közül a megújulóakra, illetve a kapcsolt termelési egységekre vonatkozó direktíváknak, az energiahatékonyság ösztönzését szolgáló direktívának¹¹¹, a szennyezés-kibocsátással kapcsolatos szabályozásoknak¹¹², az épületekre vonatkozó energetikai előírásoknak¹¹³, az ellátás-biztonsági szabályozásoknak¹¹⁴ valamint a környezetvédelmi szabályozásoknak van kiemelt jelentősége.

¹¹¹ Például a 2005. július 6-án elfogadott 2005/32/EC direktíva célja, hogy meghatározza azokat az öko-design követelményeket, melyeket az energiafelhasználó termékek tervezésénél a gyártóknak be kell tartaniuk. Ugyancsak ide sorolható a 2006. április 5-én jóváhagyott Energiaszolgáltatási Direktíva, mely az energiafogyasztás hatékonyságának javításával kapcsolatos intézkedéseket, - pl. az energiaszolgáltatások piacának kiépítése, - fogalmaz meg.

¹¹² Példaként említhető, hogy az EU 2002-ben ratifikálta a Kiotói Egyezményt, melyben az EU-15 tagállamok kötelezik magukat, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátását 2008-2012 között az 1990-es kibocsátási értékhez képest 8%-kal csökkentik, illetve a 2005. január 1.-én hatályba lépett Emisszió Kereskedelmi Rendszer.

¹¹³ Például a 2002/91/EC direktíva 3. cikkelyének értelmében az épületek energiateljesítményének számításánál figyelembe kell venni az alkalmazott aktív és passzív szolártechnológiákat, a CHP-k által termelt villamos energiát. Az 5. és 6. cikkelyek értelmében, garantálni kell, hogy az új, 1000m²-nél nagyobb hasznos alapterületű épületek tervezésénél figyelembe veszik az elosztott termelési egységek alkalmazásának lehetőségét.

¹¹⁴ A 2006. január 18-án életbe lépő, az Európai Parlament és a Tanács 2005/89/EC, a villamosenergia-ellátás biztonságát és az infrastruktúrális beruházások védelmét célzó intézkedésekről szóló irányelvnek 3. cikkely 3. (c) bekezdésének értelmében, a villamosenergia-ellátás magas szintű biztosítása érdekében hozott intézkedéseknél a tagállamoknak

4.10. ábra: Az elosztott termelési egységek szabályozási háttere



Forrás: DECENT (2002, 10. o.) alapján saját szerkesztés

4.2.3.1. A villamos energia piaci direktíva és az elosztott termelési egységek

A 2003/54/EC direktíva több vonatkozásban is kapcsolódik az elosztott termelési egységekhez:

- A 2. cikkely értelmében elosztott termelési egységnek tekinthető minden, az elosztó hálózatra csatlakoztatott erőmű. Az EU-s szabályozás tehát e tekintetben nem fogalmaz meg kapacitásbeli korlátokat.
- A harmadik fejezet 6. cikkelye szerint a tagállamok kötelesek gondoskodni arról, hogy az elosztott erőművek engedélyezése során azok méretének és potenciális hatásainak korlátozó voltát is figyelembe veszik.
- Az elosztó hálózati üzemeltetéssel, fejlesztéssel kapcsolatosan, a direktíva 14. (7) cikkelye kijelenti, hogy az elosztóhálózat fejlesztésének tervezésekor az elosztói rendszerüzemeltetőnek figyelembe kell vennie az energiahatékonysági/keresletoldali szabályozási intézkedéseket és/vagy az elosztott erőművi kapacitásokat, amelyek kiválthatják a villamosenergia-kapacitás fejlesztését vagy cseréjét.
- A hálózathoz való hozzáférés vonatkozásában, a 20. cikkely értelmében mindenki számára biztosítani kell, objektív kritériumok alapján, a közzétett, mindenkire egyformán vonatkozó tarifák szerinti csatlakozást, ám az átviteli vagy az elosztói rendszerüzemeltető a szükséges kapacitás rendelkezésre állásának hiányában megtagadhatja a hálózati hozzáférést.
- A 23. cikkely 1. (f) bekezdése szerint a szabályozó hatóságok felelősek és felügyelik... az új villamosenergia-termelők hálózathoz történő csatlakozásának feltételeit és tarifáit..., tekintetbe véve az egyes megújuló energiaforrásokat használó technológiák, az elosztott villamosenergia-termelés és a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés alkalmazásának költségeit és előnyeit.

figyelemmel kell lenniük... a megújuló energiaforrásokat használó technológiák és az elosztott termelés bevezetésének elősegítésére.

4.2.3.2. A 2009/28/EC, a megújuló energiahordozók hasznosításának direktívája

A megújuló energiahordozókra épülő termelési technológiák villamosenergia-termelésben való részarányának növelését szorgalmazó **2001/77/EC direktíva**, illetve az azt felváltó **2003/30/EC direktíva** célul tűzte ki, hogy 2010-re az Európai Unióban a teljes villamosenergia-fogyasztás 22,1%-ának megújuló energiahordozókból kell származnia (a teljes energiatermelés vonatkozásában ez az érték 12%-ot tesz ki). Az egyes tagállamok ennek alapján határozták meg saját célértékeiket. A direktíva alapján a megújuló energiahordozóra épülő villamosenergia-termelés úgy definiálható, mint a megújuló energiahordozókra (vízenergia, szélenergia, napenergia, geotermikus energia, hullámenergia, biomassza, ár-ápály, valamint szennyvíz) épülő erőművek, valamint a hibrid termelési – részben hagyományos energiaforrásokat hasznosító – erőművek által előállított villamos energia. Az ún. RES direktívában a célkitűzések elérését segítő támogatási rendszerek is megjelentek, ám a 4. cikkely a tagállamokra bízta, hogy meghatározzák saját támogatási mechanizmusaikat. Az EC 2007-ben kiadott tanulmánya értelmében, a megújuló energiahordozók teljes energiatermelésben betöltött részarányára vonatkozó célkitűzést 2020-ra 20%-ra kell emelni, míg a közlekedési szektor esetében a teljes energiafogyasztás 10%-a kell, hogy megújuló forrásokból származzon. Ezen értékek elérését célozza meg az új, **2009/28/EC megújuló direktíva**, mely rögzíti többek között a 2020-ra vonatkozó tagállami vállalásokat, a megújuló villamosenergia-termelési technológiák hálózatra történő csatlakozásának feltételeit is.

4.2.3.3. A 2004/8/EC Kogenerációs erőművekre vonatkozó direktíva

A kapcsolt villamos- és hőenergia termelésre vonatkozó **2004/8/EC direktíva** értelmében, az Unió tagállamainak olyan nemzeti politikákat kell kidolgozniuk és bevezetniük, melyek támogatják a magas kapcsolt hatékonysággal¹¹⁵ bíró CHP erőművek alkalmazásának növekedését, megkönnyítik az adminisztratív és piaci korlátok felszámolását. A direktíva előírja a tagállamok számára, hogy részletes vizsgálat alá vegyék a magas hatékonyságú CHP-k nemzeti lehetőségeit; stratégiai tervet dolgozzanak ki ezen erőművekben rejlő potenciál kiaknázására; eredetiségigazolási rendszert építsenek ki a CHP-k támogatására; garantálják a CHP-k által termelt villamos- és hőenergia ellátás során az objektivitást, a transzparenciát és a diszkrimináció-mentesség elveinek érvényesülését. A tagállamok nem kötelesek támogatási rendszereket kidolgozni a kogenerációs erőművekre vonatkozóan, maguk választhatják meg a támogatási módszereket, az egyetlen kikötés, hogy a támogatásnak a hasznos hőenergia keresletre kell épülnie. Ezen túlmenően, a tagállamoknak meg kell könnyíteniük az elosztott termelési technológiák (CHP-k, megújuló energiahordozóra épülő erőművek, 1MW-nál kisebb teljesítményű termelési egységek) hálózatra történő csatlakozását is. Bár a direktíva nem számszerűsíti az egyes

¹¹⁵ A Direktívában megfogalmazott magas hatékonyság azt jelenti, hogy ezen erőművek kapcsolt hatékonysága az új villamosenergia, illetve hőenergia termelő egységekhez képest 10%-kal, a meglévő erőművekkel szemben 5%-kal, a megújuló, vagy 1MW kapacitásnál kisebb teljesítményű erőműveknél 0-5%-os energiahatékonysági többlettel rendelkezzenek.

tagállamokban elérendő részarány-növekedést, csupán egy informális célkitűzést fogalmaz meg az EU-25 vonatkozásában (2010-re 18%-os részarány elérése).

4.2.3.4. A megújuló és kapcsolt termelési egységek támogatási módjai

Az elosztott termelési egységek fejlesztésének, villamosenergia-termelésben való részarány-növelésének, és a hagyományos technológiákkal szembeni versenyképességének támogatására számos eszköz használható, ám az európai gyakorlat azt mutatja, hogy ezek közül csak néhány fő ösztönzési mechanizmus került alkalmazásra. Mégis, a nemzetenként, technológiánként is eltérő támogatási politikák miatt szinte tagállamonként önálló ösztönzési modellekről beszélhetünk. Az EU-s tagállamokban a támogatott technológiák köre kiterjed a biogáz és biomassza égetéses rendszerekre, a geotermikus, szél- és napenergia hasznosításának technológiáira, a kisteljesítményű vízerőművekre, a hibrid tüzelésű rendszerekre, valamint néhány tagállamban (az újonnan csatlakozott tagállamok többségében) a fosszilis energiahordozókra épülő, kisteljesítményű (5MW alatti) CHP erőművekre is. Külön szabályozás vonatkozik bizonyos országokban emellett a hulladékkezelésre (pl. Magyarország, Szlovénia, Hollandia és Spanyolország); a hullám és árapály erőművekre (pl. Nagy-Britannia és Spanyolország), valamint a szennyvíz és hulladék-alapú biogáz hasznosítására (pl. Ausztria, Németország, Hollandia, és Nagy-Britannia esetében).

Általában véve az **új befektetések ösztönzése** az adómentesség, vagy adókedvezmények, illetve a beruházási támogatások rendszerén keresztül valósítható meg. Az EU-s tagállamokat tekintve kijelenthető, hogy ezen eszközök alkalmazása nagy népszerűségnek örvend, szinte valamennyi tagállam él az ezek nyújtotta lehetőségekkel (Cali et al, 2009). A megújuló és CHP termelési egységek **ún. működési támogatása** terén már más a helyzet (4.11. ábra). Bár itt is lehetséges az adókedvezmények, illetve egyéb fiskális ösztönzők¹¹⁶ alkalmazása, csupán Finnország, Svédország, Málta és Nagy-Britannia esetében tehetünk róluk érdemben említést. Ugyancsak igaz ez az ún. pályázatásra¹¹⁷ épülő ösztönzésre, melyet szinte már csak Franciaországban - elsősorban a CHP és napelemes rendszerek (Autorites Francaises, 2009)- valamint Dániában a szél erőművek támogatására alkalmaznak. A megújuló és CHP technológiák működési támogatásának legterjedtebb eszközéül az **átvételi tarifákat alkalmazó, és a kvóta alapú, forgalmazható bizonyítványokra épülő ösztönző rendszerek** szolgálnak.

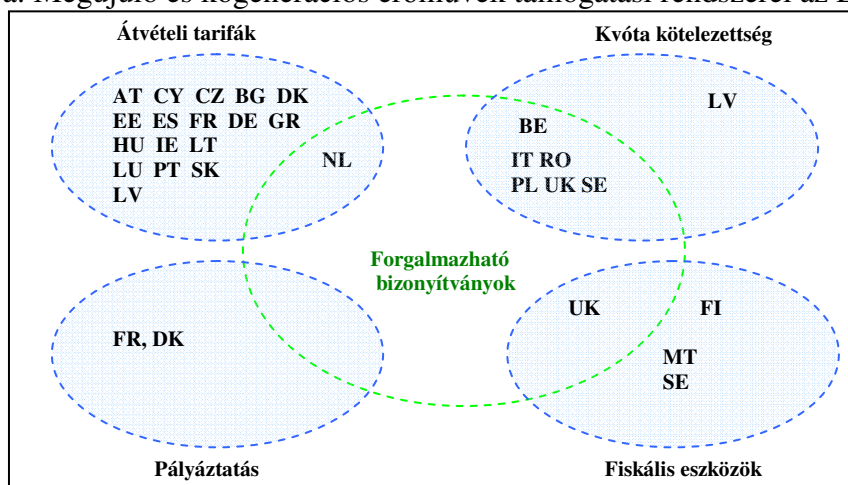
Az **átvételi tarifás rendszerek** a megújuló, illetve CHP erőművekben előállított villamos energia különböző módokon meghatározott átvételi egységárait építik fel. A piaci ártól független modellek, azaz a termelt villamos energia kötelező átvételének minimálárait meghatározó, ún. fixáras, – inflációs korrekciót nem, vagy részben/teljesen alkalmazó - átvételi rendszerek nagy előnye, hogy csökkentik a beruházók kockázatait. Ugyanakkor,

¹¹⁶ Bár ezen eszközök közvetlen jelzést küldenek a fogyasztók számára a megújuló, illetve CHP egységek által termelt villamosenergia többletértékére vonatkozóan, nem biztosítanak hosszú távon stabil légkört (Ragwitz et al, 2007).

¹¹⁷ A tender alapú ösztönzés esetén a beruházók, termelők egymással versengenek annak érdekében, hogy hosszú távú szerződést kötve részt vállaljanak egy központilag meghatározott megújuló, vagy CHP forrású villamosenergia mennyiség, általában ajánlati áron történő értékesítésében.

ellenük szól, hogy nem képesek a költséghatékonyság fokozásának ösztönzésére. A piacfüggő megoldást képviselő ún. árprémium modelleknél ezzel szemben, a támogatott termelők a piaci értékesítési ár felett tesznek szert egyfajta állandó prémiumra. A modell alkalmazását az az elgondolás támogatja, hogy az azonnali piaci értékesítésre kényszerített, - főleg az ütemezhető egységeket működtető - termelők a magasabb bevétel elérése érdekében a magasabb árakkal jellemezhető csúcsterhelési időszakokra időzítik termelésüket, kedvező elmozdulást eredményezve így a termelési szerkezetben (Grábner, 2010). A módszer hátrányának számít azonban, hogy az árbevételek változékonysága kedvezőtlenül befolyásolhatja a beruházók döntéseit, mégha a prémiumokat adott projektenként határozzák is meg (Grábner, 2010).

4.11. ábra: Megújuló és kogenerációs erőművek támogatási rendszerei az EU-27-ben



Forrás: Ragwitz et al (2007, 36. o.)

A kvóta alapú, forgalmazható bizonyítványokra épülő támogatási rendszer lényege, hogy az állam megszabja a termelők, kereskedők, vagy fogyasztók számára, hogy a teljes energiafogyasztás, vagy termelés hány százalékának kell megújuló, vagy magas hatékonyságú CHP forrásokból származnia. A rendszert gyakran összekapcsolják a forgalmazható zöld bizonyítványokkal, melyek piaci értékesítése további bevételt biztosíthat a szereplők számára (Ragwitz et al, 2007), nem teljesítés esetén pedig az állam büntetést szab ki. Bár a módszer a leghatékonyabb megújuló technológiák alkalmazására ösztönöz, magas adminisztrációs költségei kockázatosá teszik a drága, de fejlődőképessé technológiák elterjedését (Gersek, 2006, Ragwitz et al, 2007).

A kötelező átvételi tarifás és árprémiumos rendszerek kvótarendszerrel szembeni hatékonyságát, egyszerűbb, átláthatóbb szerkezetét számos szakirodalom hangsúlyozza (ld. bővebben Grábner, 2010). Ugyanakkor, a támogatások költséghatékonyságának vonatkozásában Ragwitz et al (2007) és Donkelaar (2008) is kiemelik, hogy a nemzeteként eltérő ROI alapján meghatározott átvételi áras, és a piaci árak alakulásától függő kvótás rendszerek támogatási színvonala közel azonosnak tekinthető. Míg a kvótarendszerek hatékonyságának növelését elsősorban az áringadozások mérséklésétől, a bizonyítvány-piacok alacsony koncentrációjától, valamint a nem teljesítés esetén érvényes

büntetés megfelelő mértékének meghatározásától remélik, addig az átvételi tarifás rendszerek hatékonyságát általában a technológiák precíz kiválasztásától, és az árak megfelelő differenciálásától teszik függővé. A technológia-specifikus támogatás mind a rögzített tarifás, mind az árprémiumos rendszereket alkalmazó tagállamokban megjelenik¹¹⁸. Ugyanakkor, az elosztott egységek arányának növekedésével összefüggő túlkompenzáció és rendszerproblémák elkerülése érdekében, az említett kutatások a rögzített tarifás rendszerek esetében az időbeli és feszültség szintek alapján történő differenciálás fontosságát is kiemelik. Míg a hálózati csatlakozást támogató, feszültség szintenként eltérő ártámogatások ezidáig precedens nélkülinek tekinthetők, az időbeli megkülönböztetés kivitelezésére már léteznek gyakorlati megoldások. Például, Spanyolországban a megújuló energiahordozókra épülő CHP-kra, Csehországban és Magyarországon az ütemezhető¹¹⁹ elosztott egységekre már alkalmaznak napon belüli árakat, Szlovéniában és Bulgáriában pedig a tarifák mértékének időbeli csökkentésével (Szlovéniában 5-10 év után néhány százalékkal csökkentik a tarifák mértékét, míg Bulgáriában a szél erőműveknél 2150 üzemórát követően alkalmaznak alacsonyabb átvételi árakat) élnek (Donkelaar, 2008). Mindkét kutatás hangsúlyozza továbbá a piaci alapú eszközök alkalmazására való áttérés szükségességét, melynek fő eszköze a megújuló és CHP termelési technológiák piaci integrációját segítő árprémiumos és kvóta alapú rendszerek egyaránt szolgálhatnak.

Az alkalmazott módszer mellett nagy hangsúly helyezhető a *támogatási politikák stabilitásának kérdéskörére* is, hiszen azok gyakori változása módosíthatja a beruházások megtérülési jellemzőit, csökkentve ezzel a befektetői kedvet, hátrányos helyzetbe hozva a magasabb beruházási költséggel bíró technológiák piaci terjedését. Ugyancsak negatív hatásokat fejthet ki az elosztott termelési egységek piacra lépése és diffúziója szempontjából a megújuló és CHP technológiákra vonatkozó támogatási politikák, valamint a nemzeti politikai és szabályozási keretrendszer; illetve a különböző energetikai szabályozási területek és eszközök közötti összhang hiánya. A megújuló alapú villamos energia nemzetközi kereskedelmének ösztönzési szándéka pedig szükségessé teszi az alkalmazott támogatási módszerek, bizonyítványrendszerek, hálózati kapcsolódási szabályozások EU-s szintű harmonizációját is.

4.2.4. Az elosztott termelési egységek és a hálózati kapcsolódás szabályozása

Az elosztott termelési egységek diffúziójának és versenyképességének tekintetében kiemelt szerep tulajdonítható az egyes termelési egységek és a hálózatüzemeltetők kapcsolatát befolyásoló ún. hálózati szabályozásoknak¹²⁰. A **hálózatok gazdasági szabályozásának** alapját a 2003/54/EC direktíva 20. és 23 (2) cikkelye képezi, melyek értelmében, a hálózatüzemeltetők tarifáit, illetve azok számítási módjait ex-ante az egyes tagállamok

¹¹⁸ Sőt, még a kvóta alapú, forgalmazható bizonyítványokra épülő támogatási rendszereknél is megfigyelhető az elmozdulás a technológiai differenciáció irányába (pl. Belgium).

¹¹⁹ Azaz a kapcsolt erőművekre és kisteljesítményű vízerőművekre.

¹²⁰ A **hálózati tevékenységek gazdasági szabályozásának** célja, hogy a villamosenergia-ellátás továbbra is természetes monopóliumként kezelt hálózati alrendszerénél biztosítani lehessen a hálózatokhoz való hozzáférés diszkriminációmentességét; valamint a minőségi, hatékony, és az előnyök, hátrányok egyenlő megoszlását garantáló szolgáltatást.

szabályozó hatóságainak kell jóváhagynia, mégpedig úgy, hogy az garantálja a szükséges hálózatfejlesztési és bővítési beruházási szintek meglétét, a hálózatok életképességét (Ropenus et al, 2009).

A hálózatüzemeltetők gazdasági szabályozásának leggyakrabban alkalmazott modelljeit a költség-plusz, az ár- illetve bevételi plafon alapú, valamint az ún. mérföldkő szabályozás képviselik. A **költség-plusz szabályozás** esetén a szabályozó hatóság a költségalap jóváhagyását követően, a lekötött tőke alapján határozza meg a megtérülési rátát, így, a magasabb profit elérése érdekében a DSO-kat többletkapacitások kiépítésére ösztönzi. Ezzel szemben az az **ár-, illetve bevételi plafon** meghatározásával, a DSO-k egyfajta ösztönzést kapnak a költséghatékonyság javítására. A leginkább versenyorientált módszernek az ún. **mérföldkő szabályozás** tekinthető, melynek értelmében, egy adott DSO kiadásainak szabályozó hatóság általi jóváhagyása függ az adott időszakban az iparági csoportjának átlagától. Az ösztönző eljárások alkalmazása mellett szól, hogy a DSO-kat a költséghatékonyabb hálózatfejlesztési kiadások tervezésére bátorítják (Gómez et al 2007).

Bár a 2003/54/EC direktíva 14(7) cikkelye szerint a **hálózatfejlesztések** tervezésekor a DSO-knak figyelembe kell venniük az elosztott termelési egységek alkalmazásának lehetőségét, a hálózatra csatlakoztatott elosztott termelési egységek magas aránya kedvezőtlenül befolyásolja – elsődlegesen a pótlólagos hálózatfejlesztési beruházások, valamint a hálózati veszteségek növekedése miatt - a DSO-k elosztási tevékenységgel kapcsolatos kiadásait. Ennek kompenzálása érdekében, az egyes tagállamok saját belátásuk szerint alkalmazhatják az ún. OPEX és CAPEX¹²¹ **kompenzációs szabályozásokat** (Nieuwenhout et al, 2010/b). A hálózatfejlesztéssel, az elosztott termelési tevékenységek alkalmazásával, valamint az aktív hálózatmenedzsment ösztönzésével kapcsolatosan fontos említést tenni a tagállami jogkörbe tartozó, a DSO-k **innovatív tevékenységének támogatásával kapcsolatos szabályozási gyakorlatról** is. Az elosztott egységek hálózati arányának növelése, ahogyan azt a 4.1.2.4. fejezetben láthattuk, egyfajta paradigmaváltást igényel az aktív hálózatmenedzsment irányába, melyet jelentős innovatív aktivitás kell, hogy kísérjen a hálózatüzemeltetők részéről. Ám a gyakorlatban a hálózatüzemeltetők meglehetősen kockázatkerülő magatartást tanúsítanak az új technológiák, hálózati megoldások vonatkozásában, melynek feloldását segítheti az egységes víziót követő, innovatív tevékenységeket támogató szabályozási eszközök, intézmények kialakítása és alkalmazása.

Az elosztott termelési egységek üzemeltetői számára fontos kérdés, hogy milyen **feltételekkel**, illetve milyen **díjfizetési kötelezettségekkel** jár a **hálózatra történő csatlakozás**. Az Európai Unió legtöbb tagállamában az alacsony és közép-feszültségű hálózatokhoz történő **csatlakozás engedélyezése** hosszas és bonyodalmas eljárásnak

¹²¹ CAPEX: az elosztott termelési egységek alkalmazásával kapcsolatos beruházási kiadások elsősorban a hálózatfejlesztés, irányítási és kommunikációs célú IKT-i alkalmazások terén. OPEX: az elosztott termelési egységek alkalmazásával kapcsolatos többlet működési költségek, melyek magukba foglalják a tranzakciós kiadásokat, a megnövekedett hálózat-menedzsment kiadásokat, valamint a hálózati veszteségekkel kapcsolatos kiadásokat (Skytte – Ropenus, 2005).

tekinthető, az engedélyezési eljárás feltételrendszere (csatlakozási standardok, műszaki előírások, stb.), folyamata, illetve átfutási ideje tagállamonként, illetve adott tagállamban régióként is eltér(het) egymástól (ld. bővebben ELEP, 2005; Navarro et al, 2005; Bletterie et al 2008). A tagállamok többségében, az elosztott termelési egységek **hálózati csatlakozásának műszaki feltételeit** az ún. hálózati kódok tartalmazzák. Egyes országok ezen hálózati kódokat nemzeti törvényekkel és dekrétumokkal, míg más tagállamok nemzeti standardokkal egészítették ki, illetve váltották ki. Míg a hálózati kódok általános, addig a különböző standardok technológia specifikus elvárásokat fogalmaznak meg. Bonyolítja a helyzetet, hogy a hálózati kódok bizonyos területeken szabad mozgást engednek a hálózatüzemeltetőknek, így azok egy része saját belső feltételrendszereket is kidolgozott. Bár a hálózati csatlakozás műszaki elvárásai általában a hálózatra csatlakoztatott kapacitás mértékével; a mérés módjával, feltételrendszerével; biztonsági követelményekkel; szinkronizációval; energiaminőséggel (feszültség, harmonikusok, áramfaktor, egyensúlytartás tekintetében); és a szigetelvény működéssel kapcsolatosak; az egyes tételek kezelése nem egységes. Ráadásul, a tagállamok által alkalmazott előírások sok esetben nem tartalmazzák kellő útmutatást az értékelési eljárás vonatkozásában, sőt, bizonyos esetekben az elosztott termelési egységekkel kapcsolatos tapasztalatok hiányát tükrözik (Bletterie et al 2008). Ezen hiányosságok, ellentmondások, eltérések kiküszöbölése érdekében mindenképpen szükséges az egységes európai standardokkal kapcsolatos kutatások (pl. ELEP, 2005; Bletterie et al 2008) támogatása.

A hálózatra történő **csatlakozási tarifák** szabályozása sem egységes. Az Európai Unió tagállamaiban, az elosztott termelési egységek hálózati csatlakozásának tekintetében általában véve három szabályozási mód van érvényben. Az ún. **sekély csatlakozási szabályozás** esetén az elosztott termelési egység üzemeltetőjének csak a legközelebbi hálózati ponton történő csatlakozással kapcsolatosan felmerült költségeket kell viselnie, míg a csatlakozással kapcsolatosan felmerülő hálózatfejlesztési és bővítési kiadásokat a DSO a hálózathasználati díjak révén hárítja tovább. Az ún. **mély csatlakozási szabályozás** ennek ellenkezőjét képviseli, hiszen az elosztott termelési egység üzemeltetője köteles a csatlakozással kapcsolatos valamennyi költséget megfizetni, beleértve a szállító és elosztó hálózat fejlesztésével, bővítésével kapcsolatos kiadásokat. Az ún. **sekélyszerű csatlakozási szabályozás** képez átmenetet az előző két módszer között, mivel ennek értelmében az elosztott termelési egység üzemeltetője csak a legközelebbi elosztási ponthoz történő csatlakozás költségeit, illetve a DSO ezzel kapcsolatosan felmerült kiadásait kell, hogy fedezze (Nieuwenhout et al, 2010/a). A sekélyszerű szabályozási modell alkalmazásának ösztönzése mellett több érv is szól. Egyrészt, a mély szabályozási eljárással szemben számításának módszere könnyebb, következetesebb, egységesebb és átláthatóbb¹²², illetve általa kiküszöbölhető az „elsőként mozdulok” díjtételeinek megállapításával kapcsolatosan felmerülő probléma¹²³; másrészt átláthatóságának

¹²² A mély szabályozás esetén, bár egyértelmű jelzések küldhetők az egyes egységek preferált elhelyezkedésével kapcsolatosan, nehéz előre jelezni a hálózatra csatlakozni kívánók jövőbeli körét, azok elvárásait, elhelyezkedési értékét (Nieuwenhout et al, 2010/b; 23. o.).

¹²³ A teljes költség megfizetése esetén problémás annak eldöntése, hogy az adott helyen elsőként csatlakozónak kell-e állnia a hálózatfejlesztés valamennyi költségét, és az tovább háríthatja-e az őt követők számára (Nieuwenhout et al, 2010/b, 23. o.)

köszönhetően fair és diszkrimináció-mentes hozzáférést biztosít valamennyi termelési egység számára (Nieuwenhout et al, 2010/b). A csatlakozási díjak mellett, mind az elosztott egységek üzemeltetők, mind a DSO-k pénzáramait tekintve fontos szerepet játszanak a **hálózathasználatért fizetett rendszeres díjak** is. Bár a legtöbb tagállamban a rendszerhasználati díjat a végső fogyasztók fizetik, az elosztott termelési egységek esetében is alkalmazhatók. Az Európai Unió által támogatott kutatási projektek (ELEP, DG-GRID, SUSTELNET, SOLID-DER, IMPROGRES) eredményeire építve, az elosztott termelési egységekkel kapcsolatos hálózatszabályozási kérdések tagállami gyakorlatát a 19. mellékletben található táblázat összesíti.

Összegezve, kedvező jelnek tekinthető, hogy a hálózatok gazdasági szabályozása az egyes tagállamokban elmozdult az ösztönzési szabályozási módszerek alkalmazásának irányába, ugyanakkor a DSO-k elosztott termelési egységek miatt keletkező többletkiadásainak tekintetében csak kevés tagállam alkalmazza a CAPEX és OPEX kompenzációt. Következésképpen, az elosztott termelési egységek diffúziójának érdekében, az ösztönző szabályozást célszerű olyan speciális mechanizmusokkal kiegészíteni, melyek a DSO-k bevételeinek meghatározásakor azok elosztott termelési egységekkel kapcsolatos többletkiadását is figyelembe veszik. Sajnálatos módon, a DSO-k innovatív tevékenységének célzott támogatása szinte valamennyi tagállamban hiányzik, sőt, nincs egységes, hosszú távra érvényes vízió a jövőbeli szabályozási keretrendszerekkel kapcsolatosan, sok esetben a gazdasági hatékonysággal és a szolgáltatás-minőséggel kapcsolatos szabályozásoktól várják a hálózatüzemeltetők innovatív tevékenységek éltre hívását. A már említett kutatási projektek egyöntetű javaslata, hogy a DSO-k hálózatfejlesztéssel, valamint az elosztott termelési egységek integrálásával kapcsolatos innovatív tevékenységének támogatása érdekében a DSO-k teljesítményének értékelésénél olyan mutatókat kell alkalmazni, melyek az innovatív tevékenységek révén fejleszthetők, és a K+F tevékenységeket külön költségtételként kell szerepeltetni a DSO-k szabályozott eszközalapjában (Gómez et al, 2007; Bauknecht et al 2007; Cossent et al, 2008; Nieuwenhout et al, 2010/a). A hálózati csatlakozási díjak vonatkozásában kijelenthető, hogy bár néhány tagállam még mindig a mély díjszabási eljárást alkalmazza, és történt előrelépés az elosztott termelési egységek számára kedvezőbb sekély szabályozás irányába, az egységes, átlátható díjak kialakítása sok országban még mindig várat magára. A hálózathasználati díjakat tekintve megállapítható, hogy ennek szabályozása sem egységes, a legtöbb tagállamban a hálózathasználat terhet továbbra is a fogyasztók viselik. Azon tagállamokban pedig, ahol az elosztott termelési egységek is kötelesek hálózathasználati díjat fizetni előnyben kell részesíteni a feszültségintenziténként, használati időnként eltérő, negatív díjtételeket (amennyiben a DSO az elosztott egységnek köszönhetően nem veszi igénybe a szállító hálózatot) is engedélyező szabályozások alkalmazását, melyek lehetőséget adnak az elosztott termelési egységek által biztosított szolgáltatások hatékonyabb igénybevételére. Az ECORYS 2008-as felmérése emellett azt is feltárta, hogy a hálózati csatlakozási kérelmek közel 40%-át utasítják el a tagállamokban, és a különböző kivitelezési (Görögországban pl. egy szélenergia kiépítéséhez 40 engedélyt kell jóváhagyatni), valamint a csatlakozási engedélyek beszerzése 6 hónaptól akár 3 évig is terjedhet.

4.2.5. Elosztott termelési egységek lehetőségei a nagykereskedelmi és kiegészítő szolgáltatások piacán

Az elosztott termelési egységek gazdasági életképessége, valamint a piaci alapú támogatási rendszerek felé történő elmozdulás vonatkozásában alapvető fontosságú az elosztott termelési egységek részvétele a nagykereskedelmi, és a kiegészítő szolgáltatási piacokon. Az Európai Unió legtöbb tagállamában **a szabályozott átvételi kötelezettség alkalmazásának ellenére az elosztott termelési egységek megjelenhetnek a nagykereskedelmi piacokon is.** Ennek fő oka annak a ténynek a felismerése, hogy a nagykereskedelmi piacok rugalmasságát rontja, ha a termelt villamos energia jelentős részét azon kívüli piacokon, fix árakon értékesítik. Ugyanakkor, arról sem szabad megfeledkezni, hogy a legtöbb tagállamban a nagykereskedelmi piacokon történő **részvételt általában adott mennyiségi minimumhoz, vagy kapacitáshoz kötik** (Maly et al, 2006, 55. o.). Dániában például a nagykereskedelmi piacokon való részvétel minimális kapacitási korlátja 0,1MW, és a nagykereskedelmi piac szereplőinek 15000€ éves díjat, valamint 0,13€/kWh forgalmi díjat is kell fizetniük (2007-es adat). Németországban a részvételi minimum kapacitási elvárás 1MW, a piac valamennyi szereplőjét 2007-ben, 12500€-os éves díj megfizetésére kötelezték, azzal a kitételrel, hogy a brókereket alkalmazó, 2,5M€ éves forgalmat meg nem haladó szereplők díjtételét 2500€-ra csökkentették. Az Egyesült Királyságban hivatalos licence megszerzéséhez kötik a piaci részvételt. (Ropenus et al 2009, 25. o.)

Ezek a kapacitási, vagy mennyiségi korlátok, és a magas részvételi díjak kizárják, kedvezőtlenül érintik a kisteljesítményű elosztott termelési egységek üzemeltetőit. Ugyanakkor, a nagykereskedelmi piaci jelenlét az elosztott termelési egységek számára nemcsak csökkenthetné tranzakciós költségeiket, hanem megfelelő gazdasági visszajelzés adhatna az általuk termelt villamos energia értékének vonatkozásában.

Bár az elosztott, - különösen a szakaszos, nem irányítható termelési profillal bíró - egységek hálózati részarányának emelkedése (a kereslet és kínálat összhangban tartása miatt) várhatóan megnöveli a rendszer kiegyenlítő energia iránti igényét, az elosztott termelési egységek műszakilag alkalmasak arra is, hogy kiegészítő szolgáltatásokat¹²⁴ nyújtsanak a hálózatüzemeltetők számára. A gyakorlat ennek ellenére azt mutatja, hogy a legtöbb tagállamban az elosztott termelési egységek **nem, vagy csak bizonyos korlátozásokkal férnek hozzá a kiegészítő szolgáltatások piacához**, sőt a vonatkozó szabályozások a tagállamok között, tagállamokon belül is nagyon eltérők. Maly et al (2006), Gómez et al (2007), Cossent et al (2008), valamint Ropenus et al (2009) vizsgálatai szerint, Ausztriában, Dániában, Finnországban, Olaszországban, Észtországban, Lettországban, Litvániában, és Lengyelországban például az elosztott egységek nem férnek

¹²⁴ A 2003/54/EC 2 (17) cikkelyének értelmében, a kiegészítő szolgáltatásnak tekinthető minden olyan szolgáltatás (kiegyenlítő energia, tartaléktartás, feszültség- és frekvenciaszabályozás, szigetelvény üzemelés), amely szükséges a szállító és elosztó hálózat működésének szempontjából. A kiegészítő szolgáltatásokat nem szabad összetéveszteni a rendszerszolgáltatásokkal, hiszen míg az első esetben a hálózatüzemeltető vásárol különböző szolgáltatásokat a rendszer használóitól, addig a második esetben, a hálózatüzemeltető biztosít különböző rendszerfunkciókat a hálózatra csatlakoztatott szereplők számára.

hozzá a kiegészítő szolgáltatások piacához; Romániában, Bulgáriában, Csehországban, Magyarországon, Szlovákiában és Szlovéniában az elosztott egységek csak a kiegyenlítő energia piacain vannak jelen, és nem részesei a tartalékképzésnek. Az Egyesült Királyságban az elosztott termelési egységek aggregátorok segítségével jelenhetnek meg a kiegészítő szolgáltatások piacain; Spanyolországban a 10MW alatti elosztott egységek közül csak az irányítható termelési profillal bírók vehetnek részt a kiegészítő szolgáltatások piacán; míg például Hollandiában csak az 5MW-nál nagyobb teljesítményű, kiefeszültségű hálózatra csatlakoztatott elosztott egységek nyújthatnak kiegészítő szolgáltatásokat. Amellett, hogy a kiegészítő piacokon történő jelenlét javíthatja az elosztott termelési egységek versenyképességét, fontos szerepet játszhat az elosztó hálózat aktív menedzselésének támogatásában is. **Mindezt figyelembe véve, célszerű újragondolni az elosztott egységek piaci részvételének feltételrendszerét, lehetővé kell tenni számukra, hogy a nagykereskedelmi piacokon termelésük bizonyos részét hosszú távú szerződésekkel kössék le, illetve, hogy legalább virtuális erőművekbe aggregálva kiegészítő szolgáltatásokat biztosítsanak az elosztó hálózatok megbízható, gazdaságilag hatékony működtetéséhez.**

Mindezen megállapítások alapján kijelenthető, hogy az elosztott termelési technológiák alkalmazása tovább támogathatja a piaci liberalizáció hatására bekövetkezett szabályozási változásokat, és új szabályok, törvények, standardok megjelenését eredményezheti az elosztott egységek hálózati csatlakoztatása, a hálózati szereplők tevékenysége, díjazása és K+F tevékenységének ösztönzése, a technológiák támogatása terén. Emellett, az elosztott egységek a meglévő rendszer számára kiegészítő szolgáltatásokat is biztosíthatnak, ami nemcsak a kis-és nagykereskedelmi, hanem a kiegészítő szolgáltatások piacán való jelenlétükre vonatkozó szemléletmód és szabályozás újragondolását is életre hívhatja. A miniergetikai és virtuális hálózatok gyakorlati alkalmazása pedig a még monopóliumnak tekintett hálózati tevékenységek terén is ösztönözheti a piacnyitást.

4.3. Piaci dimenzió

A piaci dimenzió vizsgálata során a villamosenergia-rendszerek piaci szerkezetének sajátosságait kívánom feltárni. Ennek keretében röviden bemutatom a központosított villamosenergia-ellátás hagyományos és liberalizált modelljeit, megvizsgálom továbbá, hogy milyen új szereplői csoportok jelentek meg a szektor liberalizációjának köszönhetően az Európai Unió villamos energia piacain. Emellett kitérek az elosztott villamosenergia-termelési rendszerek szerkezeti dimenzióra gyakorolt hatásainak bemutatására, a miniergetikai hálózatok potenciális belső szerkezeti modelljeinek szemléltetésére is.

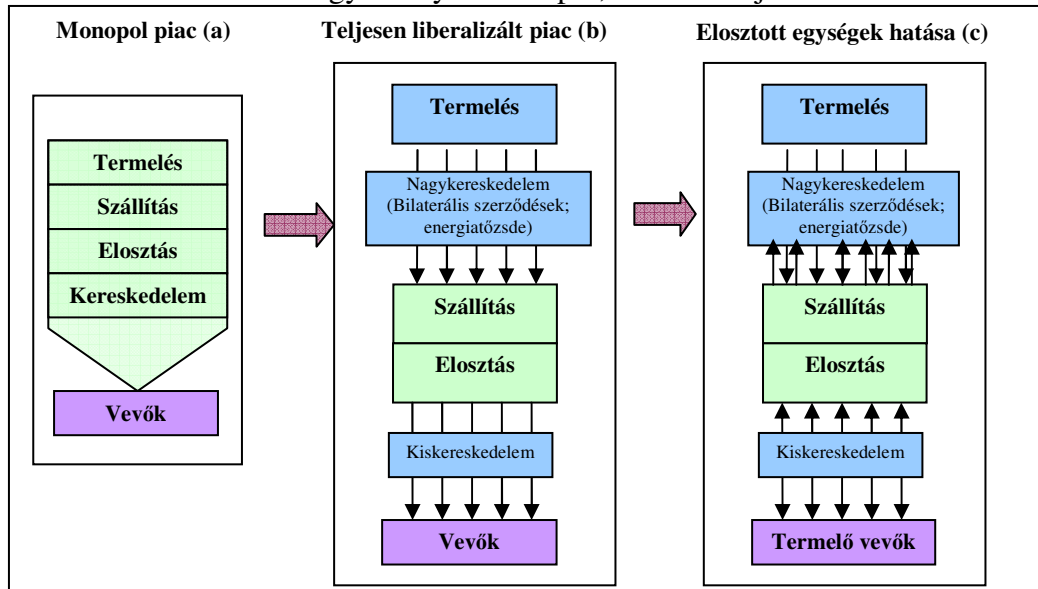
4.3.1. Központosított villamosenergia-rezsim piaci szerkezetének jellemzői

A 20. század utolsó évtizedéig, az egyes országok villamosenergia-ágazatai a javarészt állami tulajdonban lévő¹²⁵, szabályozott, vertikálisan integrált szolgáltatókból álltak,

¹²⁵Néhány kivételtől eltekintve, mint például Németország, vagy az USA, ahol a beruházói, vevői, önkormányzati tulajdon egyfajta keveréke jött létre.

melyek egy adott régióban, vagy az egész országban monopóliumként tevékenykedtek. A villamosenergia-ellátás valamennyi lépésének egyetlen szervezetbe való integrálása viszonylag egyszerű piaci struktúrát hozott létre.

4.12. ábra: Piacszerkezet a hagyományos monopól, illetve a teljesen liberalizált modellben



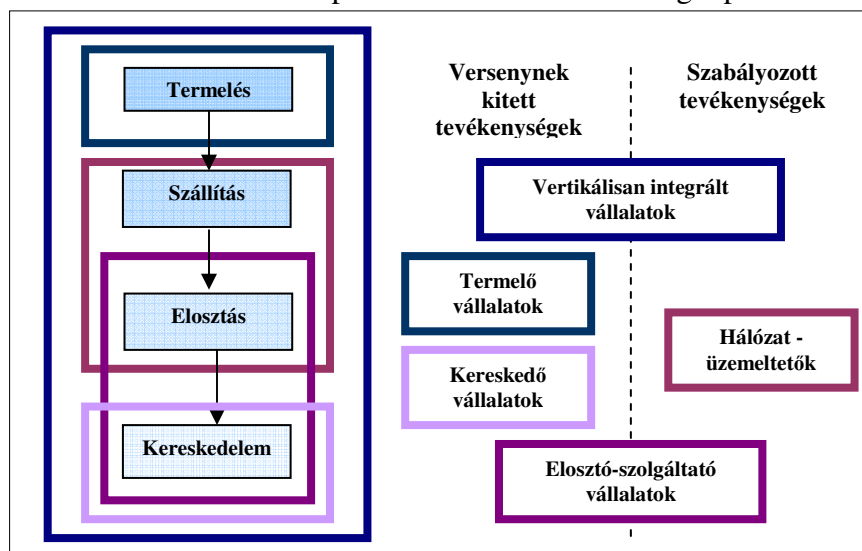
Forrás: saját szerkesztés

Ahogy a 4.12. ábra „a” része is mutatja, a villamosenergia-rendszer ezen szerkezeti koncepciója nem túl bonyolult. A fogyasztók ebben a modellben kvázi külső szereplőként vannak jelen, hiszen nincs beleszólásuk sem a technológiai rendszer fejlődésébe, sem pedig a technológiai rendszer döntéshozatali folyamataiba. Ráadásul a monopól szolgáltatókkal szemben „kiszolgáltatott helyzetben” vannak, nincs lehetőségük a villamos energia más forrásból való beszerzésére. A villamos energia árakat az állam határozza meg, a villamosenergia-rendszer összköltsége alapján, oly mértékben, hogy az a költségeken felül profitot is biztosítson a szolgáltatók számára. Ebből azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a villamosenergia-rendszer stratégiai döntéseit nem a rendszer szereplői, hanem a szabályozó hatóság hozza. A szolgáltatóknak cserébe egyetlen feladatuk az, hogy univerzális szolgáltatást nyújtsanak az adott szolgálati területhez tartozó valamennyi fogyasztó számára. Az energia és a pénz áramlása azonos úton történik, csak ellentétes irányban (BME, é.n., 37. o.).

A 4.12. ábra „b” része az ún. „teljesen liberalizált villamosenergia-ellátási modell” lehetséges felépítését mutatja. A villamosenergia-ellátás ezen modelljében, a szállítási és elosztási piacok közös jellemzője, hogy az egyik oldalon mindig adminisztratív szabályozás alatt álló természetes monopólium áll, azaz a verseny számára két funkció nyitott, a villamosenergia-termelés, és a villamosenergia-kereskedés. A villamosenergia-termelés nagykereskedelmi piacán az egyes termelő erőművek szabadon értékesíthetik az általuk előállított energiát, és egyúttal megszűnik a szolgáltatók kiskereskedői jogának monopóliuma is. A liberalizáció eredményeként a korábbi szolgáltató vállalatok mellett olyan új szervezetek is megjelentek, mint a rendszerműködtetők, a kereskedők, és a

szabályozók. Így a liberalizált villamosenergia-rendszerben megtalálhatjuk a termelőket, az átviteli rendszerirányítókat (Transmission System Operator, azaz TSO), az elosztási rendszerirányítókat (Distribution System Operator, azaz DSO), és a villamosenergia-kiskereskedőket is. A teljes energiaszektort, - melynek a villamos energia mellett a földgáz és a kőolaj is részét képezi – feljogosított hatóságok irányítják, szervezik, és ellenőrzik¹²⁶.

4.13. ábra: Vállalattípusok az EU villamos energia piacain



Forrás: saját szerkesztés

Mindezt alapul véve, **az Európai Unió villamosenergia-piacain** – ahogyan azt a 4.14. ábra is mutatja - **alapvetően öt vállalati csoportot különböztethetünk meg egymástól:**

- Az első kategóriába a Thomas (2003) által, „Hét Fivér”¹²⁷ névvel ellátott, az Európai Unió legnagyobb piaci részesedéssel bíró, vertikálisan integrált, vagy kvázi integrált vállalatai, - az EDF, az EON, az RWE, a GDF-Suez, az Enel, az Iberdrola és a Vattenfall, - sorolhatók. Ezek a vállalatok továbbra is aktívan részt vesznek a villamosenergia-ellátási lánc egyes tevékenységi területein, melyet többek között a nagykereskedelmi piacoktól való függetlenség szándéka (áringadozások, értékesítési nehézségek), valamint a szabályozott tevékenységek (szállító és elosztó hálózat üzemeltetése) folytatásából származó biztos bevétel ösztönöz. Ugyanakkor, e vállalatok által folytatott intenzív növekedése stratégia (mind az új piacok, mind az új termékek, szolgáltatások irányába), valamint a 2008-as pénzügyi válság miatti hitelérzékenység arra ösztönzi őket, hogy töretlen növekedés és a hitelminősítés védelme érdekében kivonuljanak az alaptevékenységükhöz nem kapcsolódó (pl. a telekommunikációs üzletágak értékesítése), illetve a szabályozott (szállító hálózat várható értékesítése az E.ON, vagy RWE esetében) területekről.
- Külön csoportot képeznek az elsődlegesen **villamosenergia-termelésre összpontosító vállalatok**, melyek vagy saját használatra (villamos energia intenzív

¹²⁶ Az Európai Unióban a szabályozó hatóságokat 2000 márciusa óta az Európai Energia Szabályozók Tanácsának (Council of European Energy Regulators) fogja össze.

¹²⁷ A „Hét nővér” kifejezést az olajipari óriásokra alkalmazta Sampson 1975-ben megjelent művében, erre utal a Thomas (2003) által, az EU domináns villamosenergia vállalataira alkalmazott „Hét Fivér” kifejezés.

tevékenységet folytató vállalatok tulajdonában lévő erőművel, pl. Norskhydro), vagy elsődlegesen nagykereskedelmi piacokon történő értékesítésre állítanak elő villamos energiát, vagy megújuló energiahordozóra épülő termelési technológiákat alkalmazó új piaci belépőknek tekinthetők, és főleg saját, nemzeti piacaikon töltenek be domináns szerepet (pl. CEZ, Statkraft, Dong).

- A piacliberalizáció eredményeként megjelenő új piaci szereplői csoportok egyikét szabályozott tevékenységet folytató **hálózatüzemeltetők** képezik. Ide sorolhatjuk a tulajdonosi függetlenséggel bíró, elsősorban nemzeti piacokon jelenlévő szállítói hálózat irányítókat (TSO-k; pl. Red Electrica de Espana, Fingrid, Statnett, stb.), a regionális piacokon elosztó hálózattal rendelkező elosztó hálózati irányítókat (DSO-k; pl. CE Electric UK, ENW), vagy akár a villamos energia, gáz szállítás és elosztás területén érdekelt cégek is (pl. NationalGrid).
- Ugyanakkor, a vertikális integráció a villamosenergia-ellátási láncának elosztási és szolgáltatási/kereskedői fázisai között is tetten érhető, hiszen az Európai Unió tagországaiban közel 3000 olyan vállalat tevékenykedik, melyek kizárólag a regionális piacokon folytatnak **elosztói és kereskedői tevékenységet**.
- Végül, említést érdemelnek még a szintén új piaci belépőknek számító, vertikálisan integrált vállalatoktól, illetve a regionális elosztó-kereskedő vállalatoktól független, a villamosenergia-ágazat **kiskereskedelmi piacain** tevékenykedő, kiskereskedelmi tevékenységet folytató vállalatok.

A villamosenergia-piacok fent bemutatott szereplői - a piacra vonatkozó elemzések, vizsgálatok céljától függően – további csoportokkal, csoportosulásokkal is kiegészíthetők. Az alábbiakban ezek rövid bemutatására kerül sor.

A villamosenergia-ágazat szabályozási tevékenységét a villamosenergia-ágazatra vonatkozó szabályok kialakításáért, betartatásáért felelős **politikai döntéshozók**, illetve a liberalizáció révén létrejött, a piacok diszkriminációmentességét, a versenyt, és a piacok hatékony működését biztosító **energia- és piacsabályozó** hatóságok látják el. Az **energiahatékonysági, energia-megtakarítási területen** az energia-szolgáltató vállalatok (ESCO) érdemelnek említést, akik általában az alábbi feladatokat látják el:

- energia-megtakarítási projektek tervezése, kialakítása, finanszírozása.
- energiahatékonysági berendezések installálása és működtetése.
- a projektek energia-megtakarításának mérése, monitoringja, igazolása.
- kockázatbecslés.

A villamosenergia-szektorban a termelési, szállítási és elosztási tevékenységeket folytató szereplők **beszállítói, partnerei** közül az alábbi szereplői csoportokat is kiemelhetjük:

- Energiahordozó beszállítók
- Berendezésgyártók, kivitelezési cégek
- A hálózattervezési, projekttervezési, mérnöki szolgáltatásokat nyújtó vállalatok
- A rendszer üzemeltetéséhez, irányításához nélkülözhetetlen infokommunikációs és irányítási rendszereket gyártó, értékesítő vállalatok.

- Valamint a különböző finanszírozási, kockázatkezelési tevékenységeket biztosító szervezetek.

Említést érdemelhetnek még a különböző közvetítői feladatot, illetve az egyes csoportok képviselőit ellátó egyének, vállalatok, szervezetek, mint például a brókerek¹²⁸, aggregátorok¹²⁹, valamint a terhelésirányító¹³⁰ és teljesítményegyensúly-tartó¹³¹ csoportok. Természetesen a villamosenergia-ellátásban közvetlenül érintett szervezetek mellett a szak- és szakmai szervezetek (pl. ENTSO, EURELECTRIC), szereplői hálózatok közvetett módon befolyásolják a villamosenergia-rendszer és a társadalom kapcsolatát.

A villamosenergia-szektor vállalatainak elmúlt évtizedben folytatott növekedési stratégiája révén erőteljes, óriási multinacionális, multiszolgáltató vállalatok jöttek létre (ld. bővebben 4.4.1. fejezet). Mindez hatást gyakorol a villamosenergia-piacok vertikális és horizontális koncentrációjára, így a piac teljesítményére is. A hagyományos koncentrációs mutatókat alkalmazó szakirodalmak globálisan a villamosenergia-piacok magas koncentrációjáról számolnak be¹³². Az Európai Unió tagországainak piacait vizsgáló tanulmányok (ld. 4.9. táblázat), némi eltéréssel ugyan, de hasonlóan „kedvezőtlen” értékekről tanúskodnak: a vizsgált államok piacai közepesen, erőteljesen koncentrálnak tekinthetők. Ráadásul, az európai piac 7 nagyvállalat kezében összpontosul¹³³, és az 5 legnagyobb vállalat piaci részesedése 42% körül alakul¹³⁴.

¹²⁸ A brókerek azok a szereplők, akik ügynökként tevékenykednek mások számára (képviselethet az elosztó és kereskedelmi tevékenységet folytató vállalatokat; illetve a fogyasztók bizonyos csoportjait) szerződéskötések, egyéb szolgáltatások terén közvetítenek a vevők és eladók között, anélkül, hogy tulajdonukban szállító, vagy termelő egység lenne.

¹²⁹ Az esetek többségében a kisebb piaci szereplők számára túl költséges, vagy kivitelezhetetlen a rendszerre való csatlakozás, az egyes piacokra való belépés. Az aggregátorok a kisebb fogyasztói, vagy termelői csoportokat fogják össze, annak érdekében, hogy kedvezőbb értékesítési, illetve vételi árakat, lehetőségeket biztosítsanak számukra.

¹³⁰ A végfogyasztók profitra tehetnek szert a deregulált piacon fogyasztásuk irányítása révén. Ha ugyanis az alacsony terhelésű időszakban fogyasztanak energiát, az áram olcsóbb lehet, mint csúcsidekban (ez a rendszer terhelésének egyenletesebb eloszlása, a keresleti görbe „simulása” révén kedvező hatást gyakorol a termelési, szállítási és elosztói alrendszerek működtetése, irányítása számára is). A végfogyasztók önmaguk is irányíthatják fogyasztásukat, vagy beléphetnek egy fogyasztói csoportba. A terhelésirányító csoportok általában a DSO-val kötnek szerződést, melynek értelmében a csoport csak akkor fogyaszt áramot, ha a DSO jelzi (ált. völgyidőszakban), és visszafogja fogyasztását a kívánt időszakokban (ált. csúcsidekban).

¹³¹ A hálózatra táplált, és az onnan fogyasztott villamosenergia egyensúlyának biztosítását végzik. Ezek a csoportok előre jelzik tagjaik (fogyasztók, termelők) várható termelési és terhelési jellemzőit, figyelembe véve, hogy a csoporton belüli összefogyasztás meg kell, hogy egyezzen, az összes termelt, szerződött villamosenergia mennyiséggel.

¹³² Golub és Schmalense (1984) például az USA lakosságának háromnegyedét kiszolgáló 170 regionális piacára kalkulált HHI értékek azt mutatták, hogy, - a kiindulási költség és keresleti feltételezésektől függően, - az említett piacok 35-60%-ánál beszélhetünk erős piaci koncentrációról. Cardell et al (1997) tanulmánya szerint, az általuk vizsgált 112 USA-beli regionális piac 90%-nál lehet magas, 2500-as HHI értéket meghaladó, koncentrációról beszélni.

¹³³ Green (1996, 211. o.) szerint 5, egyenként maximálisan 20%-os piaci részesedéssel rendelkező független termelő vállalat, míg Bergmann (2002, 103. o.) szerint legalább négy független termelő vállalat jelenléte szükséges ahhoz, hogy a villamos energia piac megfelelően működjön, azaz érvényesüljenek a versenypiaci feltételek. Amennyiben a független termelők száma nem éri el ezt az értéket, vagy ez alá csökken, monopól profit megjelenésére lehet számítani. Fontos megemlíteni, hogy a kutatások nem veszik figyelembe a nagykereskedelmi piacok vevőinek koncentrációját, illetve a nagy- és kiskereskedelmi piacok vertikális kapcsolódásait.

¹³⁴ Sok tanulmány hívja fel a figyelmet a hagyományos koncentrációs mutatók elégtelenségére (ld. bővebben London Economics, 2007). Ennek oka, hogy a villamos energia olyan speciális tulajdonságokkal rendelkezik, melyek megnehezítik piacainak elemzését. A tárolás megoldatlansága, az energiahordozók árának alakulása, a magas fix költségek, a keresletet és kínálatot befolyásoló váratlan események (időjárás, kimaradások) bekövetkezése megváltoztathatja a versenypiaci feltételeket. Így a villamosenergia-piacok az év, évszak, nap egyes szakaszaiban monopól, illetve versenypiaci formát is ölthetnek. A 20. mellékletben bemutatásra kerül a London Economics (2007) által ezen probléma áthidalására bevezette mutatószám-rendszer, és az ez alapján elvégzett piaci koncentráció elemzés.

4.9. táblázat: Piaci koncentráció néhány európai országban

Ország	Woerd – Lise – Becker			London Economics	
	HHI	Cr ₁ (%)	Cr ₃ (%)	HHI	Cr _(n) (%)*
Németország	1400-2417	22-29%	43-53%	1914	51,4%
Hollandia	1750	34	71	2332	57,7%
Franciaország	8836	90-94	92-98	8592	92,6%
Belgium	7396	86-87	94-95	8307	90,7%
Spanyolország	n.a.	n.a.	n.a.	2790	71,4%
Nagy-Britannia	n.a.	n.a.	n.a.	1068	32,6%
Svédország	2900	46	87	n.a.	n.a.

*Megjegyzés: az értékek óránkénti termelési és kapacitási, terhelési adatok alkalmazásával kerültek meghatározásra, a határkeresztező kereskedelmet figyelmen kívül hagyva; n=2, kivéve Belgium és Franciaország, ahol n=1

Forrás: (Woerd – Lise – Becker, 2004, 17. o.), London Economics (2007, 15. o.)

4.3.2. Az elosztott termelési egységek hatása a piaci szerkezetre

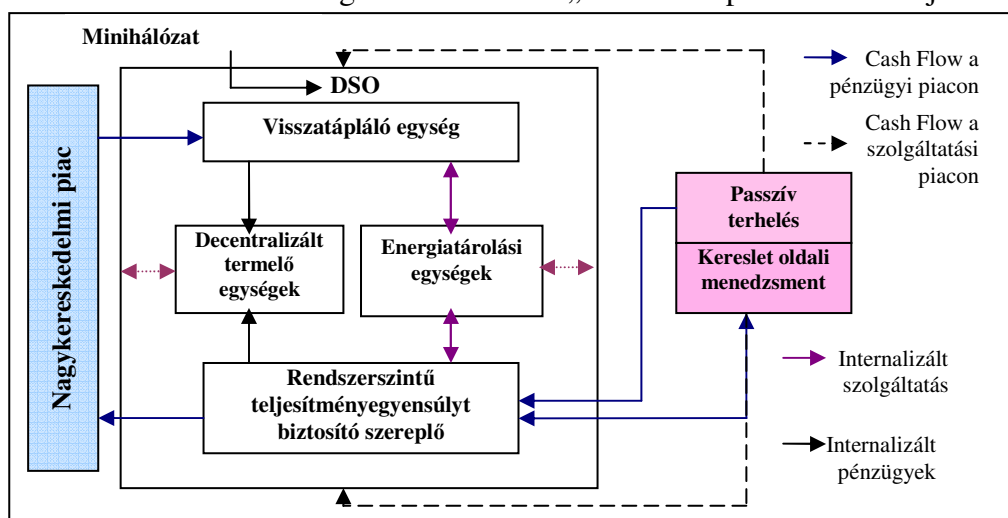
Az **elosztott termelési egységek** alkalmazása a villamosenergia-ellátás rendszerében is jelentős változásokat eredményez, hiszen **általuk megszűnik a villamos energia áramlásának egyirányú módja**. Ahogyan azt a 4.12. ábra (c) része is mutatja a villamos energia fogyasztói, - legyenek azok háztartások, vállalatok, egyéb szervezetek, - is bekapcsolódhatnak az energiatermelésbe, sőt a saját fogyasztásukon felül maradó energiamegnységet értékesíthetik is. A fenti modellben az elosztott villamosenergia-termelési egységek elhelyezkedésüket tekintve megjelenhetnek a központosított rendszerhez az elosztási hálózaton keresztül, valamint a fogyasztói oldalról egyedileg csatlakozva is. Emellett, ahogyan már említettem, az elosztott villamosenergia-termelő egységek számának növekedése a meglévő hálózati rendszer átalakítását, újragondolását is szükségessé teszi, így várható, hogy idővel miniergetikai hálózatok, virtuális erőművek is megjelennek.

Ahogyan azt már a 4.1.2.4.3. fejezetben is említettem, a miniergetikai hálózati modell egyik legfontosabb jellemzője, hogy lehetőséget biztosít a helyi kiskereskedelmi piacok létrehozására, a kisméretű, osztott termelési egységek kínálata és a helyi végfogyasztói kereslet közötti kapcsolat megteremtésével. Ugyanakkor, a helyi kiskereskedelmi piacok létrehozása elviekben ütközik a villamosenergia-ellátás jelenlegi koncepciójával, mely szerint az ellátási rendszerben elhelyezkedő, valamennyi termelő egység által létrehozott villamos energia elérhető kell, hogy legyen a hálózat valamennyi pontján elhelyezkedő fogyasztó számára (Schwaegerl et al, 2009). Ez pedig jelentősen megnehezítheti a miniergetikai hálózati modell elfogadását, beépítését. Annak ellenére, hogy a központi hálózatra kapcsolt miniergetikai rendszerek technikailag akadályok nélkül tudnak üzemelni a helyi termelés és a helyi terhelés közötti pénzügyi tranzakciók hiányában is, a miniergetikai rendszereknek egyfajta integrációs platformot kell biztosítaniuk a keresleti és a kínálati oldal szereplői számára, ami azt jelenti, hogy a rendszerben keletkezett érték a helyi termelés, helyi terhelés, helyi tárolás és helyi hálózat szinergiájának eredménye. Ugyanakkor a helyi kiskereskedelmi piacok megteremtése a jelenlegi szabályozások módosítását igényli, azaz lehetővé kell tenni a termelés és terhelés aggregálását, a helyi kiskereskedelmi piacok kialakulását, valamint a miniergetikai hálózatok autonóm menedzsmentjét (Schwaegerl et al, 2009). A kiskereskedelmi piacok mellett lehetőség van

a TSO-k és a központosított termelési egységek közötti szolgáltatási piac helyi változatának, azaz a helyi termelés és a helyi hálózatok közötti szolgáltatói piac megteremtésére is. A minienergetikai hálózatokba integrált elosztott termelési egységek a magasabb feszültségi szinteken segíthetik a hálózatok aktív menedzselését a frekvencia, feszültség irányítás, az izolált működés, a teljesítményegyensúly biztosítása, valamint a csúcsterhelésben, veszteségkompenzációban való részvétel segítségével (Schwaegerl et al, 2009). Bár elvileg számos minienergetikai hálózati modell lehetséges, a minienergetikai hálózatok elméleti és gyakorlati vizsgálatával foglalkozó, Európai Unió által támogatott, More Microgrids projekt eredményei a valóságban három szerkezeti felépítést valószínűsítenek (Schwaegerl et al, 2009).

A minienergetikai hálózatok ún. „**DSO monopólium**” modellje az ún. egyedül vásárló modell egyfajta továbbfejlesztése. Ebben a modellben a DSO az elosztó hálózat tulajdonosa, kiskereskedelmi funkciót is ellát, az ő feladata az elosztott termelési egységek integrálása és működtetése is. Következésképp, e modellben a decentralizált egységek mérete nagyobb, fizikailag pedig az állomásoknál helyezkednek el. Ahogyan azt a 4.14. ábra is mutatja, a DSO látja el a hálózat és a végső fogyasztók közötti fizikai és pénzügyi kapcsolódási feladatokat. Így ebben a modellben nincs lehetőség a helyi szolgáltatási piac kialakítására, mivel a termelési egységek irányítási döntéseit a DSO funkciók keretein belül hozzák meg. Schwaegerl és szerzőtársai (2009) szerint ez a modell nagy valószínűséggel ott kerülhet alkalmazásra, ahol (természetesen a DSO-ra vonatkozó szabályozások jóváhagyása mellett) az elosztó hálózat olyan jelentős technikai problémákkal¹³⁵ küszködik, amik a minienergetikai hálózatok segítségével olcsóbban megoldhatók. A modell egyik hátránya, hogy a fogyasztók nem feltétlenül értesülnek arról, hogy igényeiket helyi forrásokból fedezik, melynek köszönhetően kicsi az esélye annak, hogy a modell biztosította előnyöket megosszák az elosztóhálózat üzemeltetőjével.

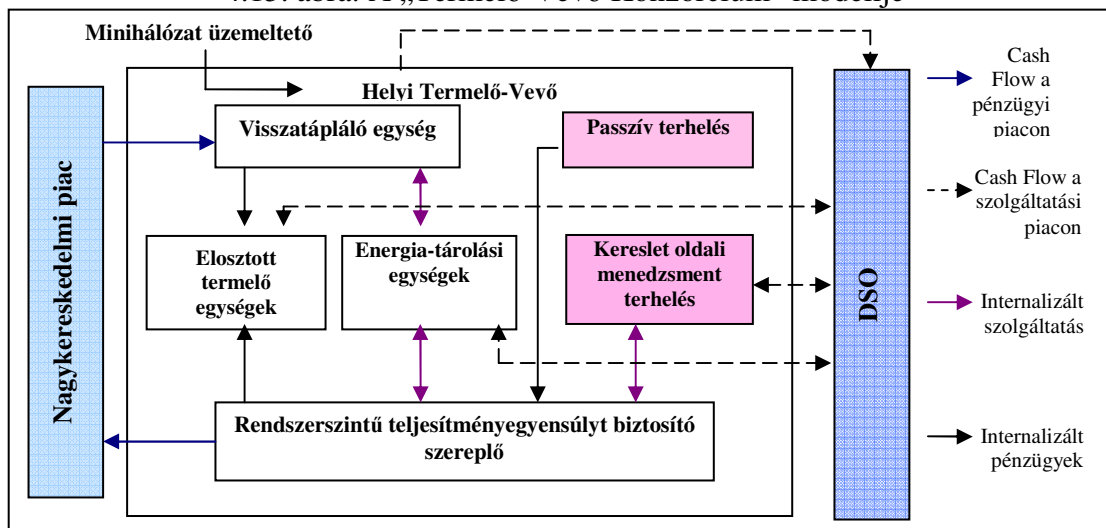
4.14. ábra: Minienergetikai hálózatok „DSO monopólium” modellje



Forrás: Schwaegerl et al (2009, 42. o.)

¹³⁵ Ilyen problémák lehetnek például az előregedő hálózatok, vagy a minőségi, ellátási nehézségek.

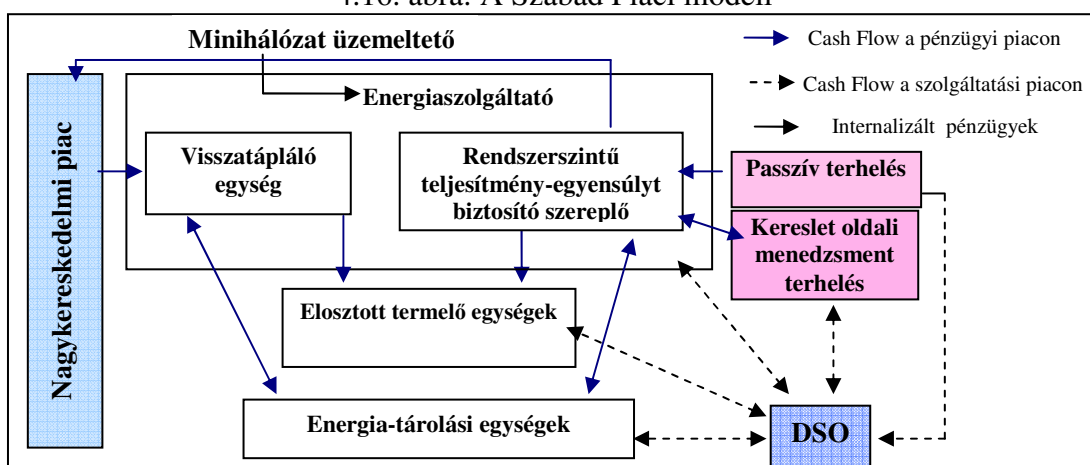
4.15. ábra: A „Termelő-Vevő Konzorcium” modellje



Forrás: Schwaegerl et al (2009, 43. o.)

A minienergetikai hálózatok ún. „**Termelő-Vevő Konzorcium**” modellje (4.15. ábra) azon régiókban valószínűsíthető, ahol a kiskereskedelmi árak magasak, és az elosztott termelési egységek alkalmazása nagyobb támogatást kap. A „termelő-vevő konzorcium” modellben a fogyasztók üzemeltetik az elosztott egységeket a villamos energia számláik minimalizálása, illetve a központi hálózatnak értékesített villamos energia után származó bevételeik maximalizálása érdekében. A termelő-vevői konzorcium modelljében a DSO-k csak passzív módon, - bizonyos követelmények előírása, hálózathoz való hozzáférési díjak alkalmazása révén, - befolyásolhatják a minihálózatok működését, nem képesek előnyre szert tenni a helyi kereskedelmi folyamatokból (hiszen a fogyasztók célja az elosztó hálózat igénybe vételének minimalizálása). Ez a modell a szórtabb elhelyezkedésű, kisebb teljesítményű osztott termelési és energiatárolási egységek alkalmazására épül.

4.16. ábra: A Szabad Piaci modell



Forrás: Schwaegerl et al (2009, 43. o.)

A harmadik lehetséges minihálózati felépítés, az ún. „**szabad piaci modell**” (4.16. ábra), a különböző érintett csoportok (DSO, fogyasztók, szabályozó) eltérő gazdasági, technikai és környezeti elvárásait szolgálja, a napi üzemeltetési döntések az érintett felek közötti valós

idejű egyeztetések alapján születnek meg. Ebben a modellben a minienergetikai hálózat központi irányító egysége energiakereskedőként viselkedik, miközben ezzel egyidejűleg felelős a teljesítményegyensúly biztosításáért, a hálózatok közötti export és import irányításáért, a műszaki teljesítmény megtartásáért, valamint a szennyezés-kibocsátás mértékének felügyeletéért. Ebben a modellben eltérő típusú, méretű, és elhelyezkedésű elosztott termelési és tárolási egység kerülhet alkalmazásra. A minienergetikai hálózatok üzemeltetésének előnyei így valamennyi szereplő számára elérhetővé válhatnak.

Bár jelen pillanatban a szabályozások, politikák összhangjának, valamint a gyakorlati tapasztalatok hiányában **az elosztott termelési egységek piaci szerkezetre, illetve ezen szerkezeten belül, az egyes szereplők interakcióira gyakorolt általános hatásairól még nem beszélhetünk, néhány gyakorlati példa, projekt tapasztalatai már rendelkezésünkre állnak.** Az OECD-IEA (2009) munkájában több olyan városról, régióról, szigetről is olvashatunk, melyek célul tűzték ki a fosszilis energiahordozók alkalmazásának felszámolását, a megújuló, elosztott termelési egységekre épülő, önálló energiarendszer kialakítását.

Az egyik legismertebb példa az ausztriai **Güssing** esete, mely az első olyan európai közösség, amely energiaigényét (villamos energia, fűtés/hűtés, közlekedés) teljes egészében, a régióban megtalálható, megújuló energiahordozókból biztosítja. A város 1990-ben törvénybe iktatta a fosszilis energiahordozók hasznosításának teljes kivonását, s mára összességében 93%-kal csökkentette szén-dioxid kibocsátását (az 1995-ös szinthez képest). A városban működő három biomassza gázosításos CHP erőmű a Bécsi Egyetem által kifejlesztett technológia alapján működik, és a város egy biomassza alapú távfűtési rendszerbe, egy biodízel üzembe, továbbá napelemes rendszerekbe is fektetett. Az energia értékesítéséből származó éves bevétel eléri a 18,3 Millió \$-t, amiből mintegy 6,6 millió \$-t tesz ki a központi hálózat felé értékesített villamos energia mennyisége. A városba mintegy 50 új, megújuló energiatechnológiában érintett vállalkozás telepedett le, közel 1000 új munkahelyet hozva létre. A város, az Európai Unió és az osztrák kormány együttműködésének köszönhetően Güssingben jött létre a Megújuló Energia Európai Központja, mely a Güssingi Környezeti Technológiák központjával együtt számos kutatási és fejlesztési projektet indított. A tervezőkkel és finanszírozókkal együttműködve, a városban több, különböző technológiát (bioenergetika, napelemes, napkollektoros rendszerek) alkalmazó, demonstrációs célokat szolgáló erőművet is kiépítettek, melyek nagy szerepet töltenek be az energiatudatosság emelését, a megújuló technológiákkal kapcsolatos ismeretek bővítése szolgáló, iskolák, vállalatok, közösségek számára indított oktatási és tréning programokban (OECD-IEA, 2009).

Hasonló szemléletes például szolgálhat a dán **Samsø** és a spanyol **El Hierro szigete** is. Samsøban a helyi villamos energia igényeket az egyének, társulások, szervezetek, illetve az önkormányzat tulajdonában lévő szélerőművek biztosítják. A fűtési és melegvíz-igényeket napkollektoros rendszerek, geotermikus hőszivattyúk, illetve egy, fapellellettel üzemelő biomassza erőmű látja el. A helyi önkormányzat támogatja a háztartások energiahatékonysági fejlesztéseit, és garantálja a megújuló energiahordozókkal kapcsolatos

beruházásokhoz szükséges bankkölcsön rendelkezésre állását. A sziget továbbá tréning központ lett a megújuló energiahordozókkal foglalkozó szakemberek számára. El Hiero az első olyan sziget a világon, mely villamos energia igényének 80%-át önellátó módon fedezi, melyet egy modern hibrid (szélérőmű-sótalanító-vízerőmű) rendszer kiépítésével értek el. A projekt kivitelezésére létrejött konzorcium biztosítja a szigetlakóknak számára, hogy tulajdonosi részesedést szerezhessenek a hibrid erőműben (OECD-IEA, 2009).

Ahogy ez a három példa is mutatja, *az elosztott villamosenergia-termelési technológiák növekvő alkalmazása révén lehetővé válhat, hogy a korábban „kivülállóknak”, vagy passzívnak tekintett szereplői csoportok, szervezetek (fogyasztók, önkormányzatok, közösségek, egyetemek, helyi kereskedelmi, ipari vállalatok, stb.) a villamosenergia-ellátás aktív részeseivé váljanak, nagyobb felelősséget vállalva a rendszer üzemeltetésében, saját érdekeiket követve pedig mindannyian termelői tevékenységet is folytassanak.* A háztartások, fogyasztók a villamosenergia- (CHP esetén a hőenergia) termelés révén bevételre tehetnek szert, felelősséget vállalhatnak saját fogyasztásuk, és annak környezetre gyakorolt hatásainak kezelésért. A helyi hatóságok, önkormányzatok a helyi közösségekkel, vállalatokkal, egyénekkkel, érdekcsoportokkal együttműködve, -szabályozások, intézkedések révén támogathatják a helyi kezdeményezéseket, információs, tanácsadási, továbbképzési szolgáltatásokat, programokat nyújtva ösztönözhetik a közösségeket az osztott termelési technológiákkal kapcsolatos projektekben, partnerkapcsolatokban való részvételre. A villamosenergia-szolgáltatók, helyi közösségek, állami, nemzetközi szervezetek, berendezésgyártók, egyetemek közötti együttműködések révén kutatás-fejlesztési programok, projektek indulhatnak az osztott termelési egységek, intelligens hálózati modellek, biztonsági és hálózati standardok vonatkozásában. Ráadásul, a pénzügyi szervezetek is nagy szerepet játszhatnak a megújuló, osztott energiatermelési projektek finanszírozásában.

Az egyes országokban többé-kevésbé eltérő módon lezajlott privatizáció, liberalizáció és dereguláció a teljes villamosenergia-ellátási láncot verseny számára nyitott (termelés, kereskedelem, szolgáltatás) és továbbra is szabályozott (szállítás és elosztás) tevékenységekre tagolta. Az elosztott termelési egységek alkalmazása nemcsak az új belépők megjelenését segítheti, hanem általuk a korábban külsősnek tekintett szereplők is a rendszer aktív részeseivé válhatnak. A korábban passzív vevői csoportok számára is lehetővé válik a termelői és értékesítési tevékenységek folytatása, ami a különböző szereplői csoportok együttműködését, elsősorban profítvezérelt energiahatékonysági intézkedéseit is ösztönözheti. Sőt, a minihálózati modellek alkalmazása a helyi piacok megjelenéséhez is vezethetnek. Mindez pedig a piaci koncentráció hígításának lehetőségét is magában hordozza.

4.4. Szervezeti dimenzió

Bár a villamosenergia-ágazatot érintő piacnyitás, a szektor-specifikus strukturális változások, a környezetvédelmi szabályozás szigorodása, a megújuló energiahordozókra épülő technológiák ösztönzése, stb. révén új vállalati és stratégiai csoportok is megjelentek, az ágazat vizsgálatával foglalkozó kutatások többsége (ld. Finon – Midttun, 2004) azt sugallja, hogy a kimagasló pénzügyi és működési teljesítménnyel bíró vállalatok csoportját továbbra is a részben, vagy egészben vertikálisan integrált vállalatok, vállalatcsoportok uralják. A szervezeti dimenzió vizsgálata során arra tesztek kísérletet, hogy feltárjam, egyrészt hogyan érintette a piacliberalizáció az Európai Unió villamosenergia-szektorában tevékenykedő vállalatok vállalati és üzleti stratégiáját, fő funkcionális területeit, tulajdonosi viszonyait és szervezeti felépítését, másrészt milyen változásokat eredményezhet mindezen területeken az elosztott termelési egységek alkalmazása.

4.4.1. Vállalati és üzleti stratégia, stratégia csoportok a domináns piaci szereplőknél

Szabályozott környezetben a villamosenergia-szolgáltatók piaci viszonylag stabilak voltak, az árakat az állam szabályozta, sok esetben az állam volt az egyetlen tulajdonos. Így, a monopolhelyzetben lévő vállalatoknak nem volt igazán szükségük stratégiai eszközök alkalmazására, optimális választást jelentett számukra a különböző tervezési modellek alkalmazása. Ugyanakkor, a makrokörnyezeti és ágazati változások hatására, a kialakulóban lévő központosított, liberalizált villamosenergia-rendszerben egyre nagyobb igény merül fel a vállalati stratégiai és taktikai tervezés iránt. Tulajdonképpen azt is mondhatnánk, hogy a villamosenergia-piacokat érő változások a már piacon lévő vállalatok szerepének újragondolását tette, teszi szükségessé.

A hagyományos, központosított villamosenergia-rendszerben a vertikálisan integrált vállalatok adott termék-piac kombinációval (homogén termékeket biztosítottak a szolgáltató területen található valamennyi fogyasztó számára) bírtak, és beruházási és fejlesztési döntéseik is csak a berendezésekkel, eszközökkel, és erőművekkel voltak kapcsolatosak (hiszen nem beszélhetünk felvásárlásokról, az energia-mixet a nemzeti energiapolitika határozta meg). Ezzel szemben a liberalizált piacon tevékenykedő vállalatok stratégiai tervei már kiterjedhetnek a különböző termék-piaci kombinációk fejlesztésére; valamint a felvásárlások és egyesülések, az energia-mixek változtatásának beruházási kérdéseire is. Míg, a monopol piacokon tevékenykedő vállalatok taktikai tervei a termelési, szállítási kapacitás technikai használatával, illetve az esetlegesen előálló hibák megoldására kidolgozott forgatókönyvekkel foglalkoztak, addig a versenypiacokon tevékenykedő vállalatok taktikai megfontolásai az új piacokra való belépés terveit, illetve a megszerzett piaci erő érvényesítését is felölelhetik (Woerd – Lise – Becker, 2004).

Az elmúlt évtizedben, a már piacon lévő, magas piaci részesedéssel bíró vállalatok az ágazatot érintő szabályozási és strukturális változásokra, a növekvő pénzügyi és részvényesi elvárásra, a gáz- és villamosenergia-szektor konvergenciájának erősödésére, az

újonnan belépők fenyegetettségének emelkedésére, a korábban „foglyul ejtett” vevők alkupoziójának erősödésére, illetve a globalizációra reagálva, a meglévő pozícióik védelmére, erősítésére helyezték a hangsúlyt. Ahogyan azt a különböző kutatások (Codognet et al, 2002; Thomas, 2003, 2009; Verde 2008; PwC, 2009/b) igazolják, a termelési és elosztási hatékonyság fokozásának korlátai miatt, a szolgáltatók mindennek biztosítását a vállalati növekedési stratégiában látták. Egy erősen tőkeintenzív ágazatban, mint amilyen a villamosenergia-szektor is, ahol az éves amortizáció értéke kifejezetten magas, még az alacsonyabb profittal bíró vállalatok is olyan magas cash flow-val bírnak, mely a beruházások, a további növekedés forrásául szolgálhat. **A trendek azt mutatják, hogy az elmúlt évtizedekben a piacon lévő vállalatok a rendelkezésükre álló forrásokat a vertikális integráció fokozására¹³⁶, a szervezeti méret és piaci részesedés¹³⁷ növelésére, valamint a kapcsolódó diverzifikáció¹³⁸ finanszírozására használták.**

A piacon lévő vállalatok növekedési stratégiájuk eszközeül, a szerves növekedés korlátozottsága - elsősorban a beruházások kivitelezésének és megtérülésének nagyon hosszú volta (ált. 10-30 év), a hatékonysági növelési programok alacsony költségcsökkentő hatásai, valamint a meglévő piacokon a kereslet növekedésének (Nyugat-Európában évi mintegy 2,1%) lassulása- miatt az egyesülések és felvásárlások, együttműködések¹³⁹ révén történő külső növekedést választják. A külső növekedés ugyanis lehetővé teszi

¹³⁶ A **vertikális integráltság** megtartásával járó előnyöket számos empirikus tanulmány tárgyalja. Ezek egy része (pl. Landon, 1983; Kaserman – Mayo, 1991) azt állítja, hogy a vertikális integráció megbomlásával a szolgáltatók - az ellátási láncban belüli technológiai függőség, az információs és tranzakciós igények és árazási nehézségek miatt – óriási tranzakciós költségeket kell, hogy elszenvedjenek. Másik részük (pl. Lee, 1995; Kwoka, 2002; Fraquelli et al, 2005) kiemeli, hogy a legmagasabb hozzáadott értékkel, költségmegtakarítással, technológiai hatékonysággal a vertikálisan integrált vállalatok rendelkeznek, ők vannak kitéve legkevésbé az áringadozásoknak is, ha tartani tudják a megfelelő egyensúlyt a villamosenergia-ellátás egyes szakaszai között (általánosan elfogadott, hogy kedvező helyzetben vannak azok a vállalatok, amelyek képesek az árbevétel legalább 40%-át saját termelésből fedezni), illetve, ha a piaci változások esetén a megfelelő tevékenységet állítják a középpontba, valamint üzleti modelljük az újonnan piacra lépőkkel szemben is védelmet biztosíthat, hiszen annak lemásolása hosszú, tőkeigényes feladat. Más szerzők (pl. Hill – Hoskinson, 1987; Jones – Hill, 1988) a vertikális integrációval kapcsolatos nehézségekre (stratégiai rugalmatlanság, keresleti bizonytalanságra való növekvő érzékenység, magasabb koordinációs költségek, stb.) is felhívják a figyelmet.

¹³⁷ A **szervezeti méret és piaci részesedés növelése** egyrészt segítheti a méretgazdaságossági hatás érvényesülését; a vállalatok piaci pozíciójának védelmét, és erejének érvényesítését; a fejlesztések finanszírozását, miközben a nagyobb, diverzifikáltabb termelési portfólió csökkentheti az áringadozások hatásait, ellátás-biztonsági szempontból is kedvező hatással járhat (Chao et al, 2005).

¹³⁸ **Az új földrajzi piacokra, új üzletágakba való belépés olyan általános növekedési stratégia**, melyet főleg a piaci erő, a választék-gazdaságosság, a kockázatmegosztás növelésének szándéka ösztönöz. Bergh (2001) azt is hangsúlyozza, hogy a vállalatok profítkilátásai főleg az iparág strukturális feltételeitől függenek, így, a kevésbé vonzó ágazati jellemzők (pl. alacsony növekedési kilátások, verseny erősödése, magas bizonytalanság, magas kockázat, stb.) arra ösztönözhetik a vállalatok vezetését, hogy tőkét tartsanak vissza az új üzleti lehetőségek felkutatása, kiaknázása érdekében. Míg a piacnyitást követően, az Európai Unió villamosenergia-piacain tevékenykedő nagyvállalatok egy része a gáz, telekommunikációs, víz, és hulladékkezelési ágazatokba belépve multiszolgáltató vállalatokká vált, az elmúlt években megfigyelhető a kapcsolódó diverzifikációra (az energiaszektor egyes alágazataiban való jelenlétre) való összpontosítás erősödése. Ebben nagyon fontos szerepet játszik a már említett, a **villamosenergia- és a gázszektor közötti konvergencia** erősödése. Egyrészt a két ágazatban a piaci liberalizáció szinte egy időben, hasonló célokat követve zajlik, másrészt a közeledés a nagy- és a kiskereskedelmi piacokon is megfigyelhető. Míg a nagykereskedelmi piacokon a földgáz-alapú termelési technológiák (pl. CHP-k, mikrotrubínák) terjedése miatt a gáz és az áram értékesítése egymást helyettesítheti, addig a kiskereskedelmi piacokat tekintve, a gáz- és villamosenergia-szolgáltatások (mérés, számlázás, vevőszolgálat, stb.) hasonlósága miatt a vevők hajlandók azokat egy vállalattól igénybe venni. Mindezen tendenciák azt eredményezik, hogy a hagyományosan gáz-, illetve villamosenergia-szolgáltatók célkitűzései, stratégiai pozícionálása is közeledik egymáshoz.

¹³⁹ Számos vertikálisan integrált vállalat kötött együttműködési szerződést a regionális piacokon tevékenykedő elosztó-szolgáltató vállalatokkal.

számukra a hiányzó képességek, ismeretek megszerzését, miközben szinte azonnal elérhető kapacitásnövelést, piaci részesedés növekedést, erősítést biztosíthat.

A villamosenergia- és a gázszektor liberalizációs folyamatainak beindulásával az egyesülések és felvásárlások száma és értéke is jelentősen megnőtt 1998 és 2009 között. Codognet et al (2002) felmérései azt mutatják, hogy az általuk vizsgált időszakban (1998-2002), a határokon belüli egyesülések és felvásárlások révén a vállalatok elsődlegesen a hazai piacokon meglévő pozícióik erősítésére helyezték a hangsúlyt, növelve ezzel a hazai piacok konszolidációját. A PwC (2009/a) felmérése szerint bár, a hazai piacokon zajló egyesülések és felvásárlások aránya 2002-től is meghatározó, a határkeresztező tranzakciók száma és értéke 2005, 2006, 2007-ben is duplája volt a korábbi évek eredményeinek, mely a gáz és villamosenergia-szektor nemzetköziesedését igazolja. Az európai energiavállalatok által kezdeményezett 325 tranzakcióból mindössze 41 volt határkeresztező, ezek 24%-a is Oroszországra fókuszált (a Fortum és az RWE aktív szereplésével) (PwC, 2009/a)¹⁴⁰. Amennyiben az ágazaton belüli és ágazatok közötti egyesülési és felvásárlási tranzakciókat vizsgáljuk, megállapítható, hogy az ágazatkeresztező egyesülések és felvásárlások aránya 2000 óta növekszik, 2003-ban és 2004-ben is elérte az összes tranzakció 75%-át (Verde, 2008). Az egyesülések és felvásárlások hulláma pedig erőteljesen átalakította az EU piacvezető cégeinek korábbi listáját¹⁴¹.

4.10. táblázat: Az energia szektoron belüli egyesülések és felvásárlások motiváló tényezői

	Adott szektoron belül, horizontálisan	Szektorok között, vertikálisan
Határon belüli tranzakciók	<ul style="list-style-type: none"> • Védekező álláspont a külföldi vállalatok felvásárlási szándékával szemben • Tevékenységek újbóli nacionalizálása • Megfelelő alkuerővel bíró vállalat létrehozása, mely kedvező pozíciót biztosít az erős európai beszállítókkal, versenytársakkal szemben 	<ul style="list-style-type: none"> • Az ellátási lánc különböző szintjeinek integrálásában rejlő költségmegtakarítás kiaknázása • Nemzeti gáz és villamos energia vállalatok kialakítása
Határon átvívelő tranzakciók	<ul style="list-style-type: none"> • Tevékenységek földrajzi kiterjesztése • Meghatározó szerepet töltsenek be az EU piacokon a teljes liberalizációt megelőzően 	<ul style="list-style-type: none"> • Gázpiaci belépés a villamos energia vállalatoknál a gáz alapú erőművek árkockázatainak csökkentése érdekében • Villamos piacokra való belépés a gázszolgáltatók részéről a keresleti bizonytalanság csökkentése érdekében

Forrás: Verde (2008, 1126. o.)

Verde (2008) véleménye szerint mindezen adatok kétféle trendet támasztanak alá (4.10. táblázat). Egyrészt mutatkozik egyfajta tendencia a Pán-Európai, illetve a nemzeti piacokon domináns hazai vállalatok, vállalatcsoportok kialakulása felé. Másrészt a már piacon lévő vállalatok arra törekednek, hogy erős pozíciókat építsenek ki, mielőtt a teljes piaci liberalizáció bekövetkezne. Amennyiben ugyanis az európai piacok teljesen liberalizálttá válnak, és az infrastrukturális beruházások lehetővé teszik a közös európai piac létrehozását, a tevékenységek földrajzi, ágazati kiterjesztése biztosíthatja a domináns

¹⁴⁰ Az ázsiai piacokon várható magasabb ütemű keresletnövekedés várhatóan új célpiac lesz az intenzív felvásárlási tevékenységet folytató vállalatok számára (PwC, 2009/a).

¹⁴¹ Gondoljunk csak az GDF és a Suez egyesülésére, a Gas Natural és az Unión Fenosa egyesülésére, az Endesa az Enel, a Scottish Power az Iberdrola, vagy a British Energy az EDF általi felvásárlására.

piaci jelenlétet, a tanulási hatás érvényesülésének sajátosságait, illetve a más vállalatok általi lehetséges felvásárlás kockázatának csökkenését (Verde, 2008). **Természetesen az egyesülések és felvásárlások alkalmazása, a növekedési stratégia követése csak abban az esetben kedvező a vállalatok számára, ha az képes értéket (a megtérülés magasabb, mint a tőke költsége) teremteni, hiszen ebben az esetben járul hozzá a vállalat pénzügyi helyzetének erősödéséhez.**

A villamosenergia-rendszer vállalatainak **versenysztratégiái** is érdekes vizsgálati területet képviselnek. Porter (1993) szerint bármilyen stratégiát is követ egy vállalat, az versenysztratégiának számít, hiszen annak elsősorú feladata, hogy tartós versenyelőnyt biztosítson számára. Véleménye szerint, a versenyelőny két forrását a költségelőny és a megkülönböztetésből eredő előny jelenti, és a vállalatok, stratégiai üzleti egységek számára a versenyelőny ezen forrásai, valamint a piaci célterület alapján három általános versenysztratégia típus (költségvezető, megkülönböztető, összpontosító) javasolható. A villamosenergia-szektorban, - mint ahogyan számos dereguláción áteső közszolgáltatási ágazatban is - a piacliberalizáció révén a Porter (1993) által megfogalmazott versenysztratégiák is előtérbe kerülhetnek. **Véleményem szerint, a villamosenergia-ágazat vonatkozásában elsősorban a költségvezető és a fókuszált megkülönböztető versenysztratégiák a kiemelendők.**

Amennyiben elfogadjuk a villamosenergia-ellátás homogén szolgáltatásként történő kezelését, és az egységeken alapuló értékesítési modelljét, akkor megállapítható, hogy a szektor vállalatai számára csak a költségvezető versenysztratégia követése az egyetlen lehetséges alternatíva. Ennek oka, hogy míg a monopol piaci körülmények között a vertikálisan integrált vállalatok bevételei a központilag meghatározott, „foglyul ejtett” vevőknek kiszabott díjakból származtak, a piacnyitással a vállalati bevételek a villamos energia egységeinek, a piac által meghatározott árakon való értékesítéséből, tranzakcióiból erednek, melyet a verseny határoz meg. Ugyanakkor, a költség alapú versengés is hordoz kockázatokat magában. A verseny intenzitásának erősödésével, az árak csökkentésével a vállalati profitrések egyre szűkebbé válhatnak, ha pedig azt is számításba vesszük, hogy a vevők viszonylag könnyen tudnak szolgáltatót, termelőt váltani, és ennek megfelelően a vevői bázis erőteljesen ingadozhat, a villamos energia egységenként történő értékesítési módja csak korlátozott stratégiai lehetőségeket tartogat. Ez ösztönözheti az ún. kapacitás-lekötés alapú fizetési szerződések¹⁴², illetve a hosszú távú, fix áras szolgáltatások (pl. világítás biztosítása) alkalmazását, előtérbe kerülését (Patterson, 2007)

A **megkülönböztetési stratégia** folytatásának kritikus eleme, hogy annak a vevői elvárásokra, igényekre kell alapulnia. Más szavakkal, a vevők értelmezése szerint az ezen stratégia keretében értékesített termékek, vagy szolgáltatások eltérnek versenytársaiktól, így azokért akár magasabb árat is hajlandók fizetni. Következésképpen, a vállalatok akkor folytathatnak sikeres megkülönböztető stratégiákat, ha a stratégiák révén szerzett többletbevételeik meghaladják a termékek, vagy szolgáltatások megkülönböztetésének

¹⁴² A kapacitás alapú lekötésnél nem a felhasznált villamosenergia mennyiség után kell fizetni, hanem a teljes rendszer igénybevételére kiszabott díjat kell megtéríteni.

többletköltségeit, miközben az adott vállalat kellő mennyiséget tud értékesíteni belőlük. **A villamos energia esetében a megkülönböztetési stratégia elsősorban a zöld áram kínálatára korlátozódik**¹⁴³.

Míg a monopol feltételek esetében a vállalatok általában véve nem foglalkoztak a környezettudatosság alapú vevőszegmentálással – egyrészt alapvetően három fogyasztói (ipari, kereskedelmi, háztartási) csoportot különböztettek meg egymástól, másrészt ez a szabályozás és elszámolás jól bevált korábbi gyakorlatának reformját igényelte volna, mely innovációkat a szolgáltatók a velük kapcsolatos kockázatok miatt elutasítottak. Ugyanakkor, a villamos energia piacok deregulációjával, a környezetvédelmi előírás szigorodásával, az energiapolitikai célkitűzések megújuló energiahordozók hasznosítási növelésére helyezett hangsúlyával, a vevők szabad szolgáltató-választási lehetőségeivel, a fogyasztói környezettudatosság emelkedésével megnyílik a lehetőség a zöld energiaára alapuló megkülönböztetés előtt. Két fontos dologról azonban nem szabad megfeledkezni. Először is, léteznie kell egy olyan fogyasztói csoportnak, mely hajlandó magasabb egységárat fizetni a környezetbarát villamosenergia-szolgáltatásért, és bár a megkülönböztetés szinte valamely módja értékes lehet vevők bizonyos csoportja számára, nem elhanyagolható szempont, hogy a megcélzott vevői csoportnak elegendően nagyok kell lennie a stratégia és a vállalat fennmaradásához. Következésképpen, a magasabb környezettudattal rendelkező vevők körében, és a termelésben használt energiahordozó-mix megfelelő stratégiai elmozdításával lehet sikeres, rövidtávon mindenképp összpontosító megkülönböztetést alkalmazni. Másodsor, a vevői fizetési hajlandóság ösztönzése a villamos energia esetében korlátokba ütközik. Míg bizonyos környezetbarát termékek alkalmasak az egyéni többletértékek növelésére, az áram esetében a vevők oldalán, az otthoni használatnál már semmilyen „zöld” jelleg, tulajdonság¹⁴⁴ nem jelentkezik. A szűk vevői kör¹⁴⁵ miatt az is megfigyelhető továbbá, hogy a villamos energia jelenlegi rendszerében ez a versenystratégia csak az aktív állami szerepvállalás (pl. beruházás-támogatás, ökoadó, megújulóra épülő villamos energia átvétele, stb.) révén tartható fenn (Woerd – Lise – Becker, 2004), illetve ezek segítségével alakítható át, hosszabb távon, tág piacra érvényes megkülönböztető stratégiává.

A megkülönböztető versenystratégia választását nemcsak a keresletet befolyásoló tényezők, hanem az adott vállalat, vállalatcsoport jellemzői is befolyásolják. ***Úgy vélem, hogy a piacon lévő vállalatok közül azoknál kerülhet inkább alkalmazásra, melyek erőforrásait, képességeit csak minimális mértékben érinti a stratégiaváltás***¹⁴⁶; melyek

¹⁴³ A villamosenergia homogenitása miatt nem lehet más jellemzőkre alapuló megkülönböztetést kiépíteni. A társadalmi alapú (pl. foglalkoztatási jellemzők, CSR) megkülönböztetéssel kapcsolatos ismeretek, lehetőségek korlátozottak, illetve megtérülésük jelenleg bizonytalanok tűnik.

¹⁴⁴ A felhasználókhöz eljuttatott megújuló vagy fosszilis energiahordozóból származó villamos energia jellemzői között nincs különbség.

¹⁴⁵ Ennek ellenére számos gyakorlati példa létezik a „zöld áram” alapú fókuszált megkülönböztetési stratégia alkalmazására, például a holland PNEM és EDON, a brit Eastern Electricity energiaszolgáltató vállalatok is bevezették a zöld árazási stratégiát.

¹⁴⁶ Egy adott villamosenergia-termelési technológia adott energiahordozót igényel, azaz a technológiai és energiahordozó specifikáció miatt a vállalatok nem cserélhetik le az energiahordozókat a termelési technológiák cseréje nélkül. Ezt tovább nehezítheti az új technológiák, energiahordozók alkalmazásával kapcsolatos kompetenciák, szakértelem meglétének hiánya.

reputációja nem kötődik szorosan a fosszilis energiahordozók hasznosításához, hiszen ebben az esetben hiányozhat a vevői legitimáció; illetve azok a vállalatok, melyek alacsony termelési hatékonysággal bírnak, hiszen ebben az esetben korlátozottan képesek csak az erős árversenyben részt venni. A megújuló energiahordozókra épülő fókuszált megkülönböztetési stratégia folytatása így inkább az újonnan piacra lépő termelő vállalatokra jellemző, akik könnyebben vezethetik be ezt az új üzleti modellt, mint a már kialakult rendszerrel, évtizedes tapasztalatokkal rendelkező társaik.

A piacon lévő vállalatok mindaddig számíthatnak a magas amortizációs (adóvédelmi) értékre, míg a meglévő eszközállomány alkalmazásban van. Ez pedig részben azt is jelenti, hogy a dominánsan fosszilis energiahordozókra épülő termelési technológiai bázissal rendelkező vállalatoknál, a meglévő termelési kapacitások megújuló energiahordozókra épülő technológiákkal való „kiváltása” csak nagyon lassan megy végbe. Bár a rendelkezésükre álló szabad cash flow biztosítaná a kockázatosabb tevékenységek, technológiák termelési portfólióba történő bevitelét, a vállalatok többsége csak korlátozott mértékben él ezzel a lehetőséggel. Ennek két fő oka lehet: egyrészt a piacnyitással a K+F tevékenységek kockázatosabbá váltak, másrészt a piacokért folyó verseny intenzitásának erősödése miatt a vállalatok óvakodnak az erőforrások ilyen irányú lekötésétől. Emellett, a vertikálisan integrált vállalatok a szigorodó környezetvédelmi szabályozásra, illetve az ellátásbiztonságot támogató technológiai diverzifikációs szükségletre sokkal inkább a nukleáris energia, a tiszta szén technológia, valamint a CO₂-megfogási és tárolási technológiák alkalmazásával, és a nagyteljesítményű megújuló energiahordozókat hasznosító erőművek növelésével kívánnak reagálni a jövőben¹⁴⁷ (pl. PwC, 2009/b).

Véleményem szerint, sokkal nagyobb a valószínűsége annak, hogy az innovatívabbnak számító, új üzleti modelleket alkalmazó, újonnan piacra lépő vállalatok nagyobb mértékben építenek a megújuló energiahordozókat hasznosító technológiákra, és a nagy, vertikálisan integrált vállalatok többsége kivárja, az adott technológia, illetve az azt alkalmazó vállalat sikeres felfuttatását, majd ezt követően állítják azokat felvásárlási és egyesülési törekvéseik célpontjába.

A gáz- és villamosenergia-ágazat konvergenciájának, a villamosenergia-ágazat konszolidációjának, valamint a megújuló energiahordozók alkalmazásának vizsgálatára a stratégiai csoportok módszerét alkalmazom. Stratégiai csoportok alatt vállalatok azon csoportját értjük, melyek egy adott ágazatban, adott stratégiai dimenziók mentén azonos stratégiákat folytatnak, azonos alapokon versenyeznek (Garinaldi, 2008). Ilyen stratégiai jellemző lehet például a vertikális integráció mértéke, a termékválaszték szélessége, a földrajzi jelenlét, a termék, vagy szolgáltatás minősége, a technológia vezető szerep folytatása, a kiszolgált piaci szegmentumok jellemzői, az alkalmazott disztribúciós csatornák típusa, a szervezeti méret, stb.. A megfelelően kiválasztott ismérvek alapján azonosított csoportok felvázolásával világossá válik, kik a közvetlen versenytársak, milyen

¹⁴⁷ Jó példája lehet erre az E.ON és az RWE nukleáris energia iránti érdeklődése, a két vállalat stratégiai szövetséget kötött, a Nagy-Britanniában 2009-ben vásárolt telephelyeken, egy legalább 6000MW nukleáris kapacitás kiépítésére (Thomas, 2009).

irányú elmozdulásokra számíthatunk, hol várható az új belépők fenyegetése (Ilosvai, 2008). **A stratégiai csoportosítást az EU villamosenergia-piacain domináns pozícióval bíró 16 vállalatra**, - EDF, Enel, E-ON, GDF-Suez, Forum, Vattenfall, Verbund, RWE, Iberdrola, CEZ, Statkraft, Dong, GasNatural-Unión Fenosa, PPC, EVN és EDP - **készítettem el a cégek 2001-es¹⁴⁸ és 2008-as éves beszámolóit alapul véve.** A vizsgált vállalatok a villamosenergia-ellátási láncában való jelenlétük (vertikális integráltság foka), diverzifikáltságuk (villamos energia, gáz, víz, telekommunikáció, stb. ágazatokban való jelenlét), földrajzi kiterjedtségük (hazai piac, európai piacok, nemzetközi piacok), méretük, tulajdonosi szerkezetük, vagy akár a villamosenergia-termelésük energiahordozó összetétele alapján is kategorizálhatók. Jelen esetben a vertikális integráció és diverzifikáció, valamint a vertikális integráció és a megújuló energiahordozókra épülő technológiák kapacitásbővítésben betöltött részaránya alapján próbáljuk meg a vizsgált vállalatokat stratégiai csoportokba sorolni (A csoportosításnál felhasznált adatokat a 21. melléklet tartalmazza).

A 4.17. ábra a vállalatok villamosenergia-ágazaton belüli **vertikális integráltsága¹⁴⁹ illetve ágazati diverzifikáltsága¹⁵⁰ alapján** képzett stratégiai csoportokat szemlélteti. Ahogyan azt a 2008-as adatok igazolják, a vizsgált vállalatok, e két dimenzió mentén, **6 stratégiai csoportba** sorolhatók:

- A vertikálisan integrált, erősen diverzifikált vállalatok közé tartozik az E.ON (6), az RWE (13), a GDF-Suez (9), illetve a Dong (2*). (Az utóbbi két vállalat domináns gázpiaci szereplőnek is számít, a hagyományosan a gázágazatban tevékenykedő Dong, a szerves és külső növekedést kombinálva erősítette a villamosenergia-szektoron belüli jelenlétét, a GDF-Suez pedig a két ágazat meghatározó szereplőinek egyesülésével jött létre).
- A vertikálisan integrált, közepes mértékben diverzifikált vállalatok csoportját az Iberdrola (11), az ENEL (5), az EDF (3) a Vattenfall (15), és a Fortum (8) alkotja. Talán az egyetlen meglepetés ebben a csoportban a finn Fortum, mely az elmúlt években erősítette gáz és hőszolgáltatási ágazatokban való jelenlétét.
- A vertikálisan integrált, egyszektoros csoportba a vizsgált vállalatok közül a dominánsan hazai villamos energia piacokon tevékenykedő cseh CEZ (1), és a görög PPC (12) sorolható.

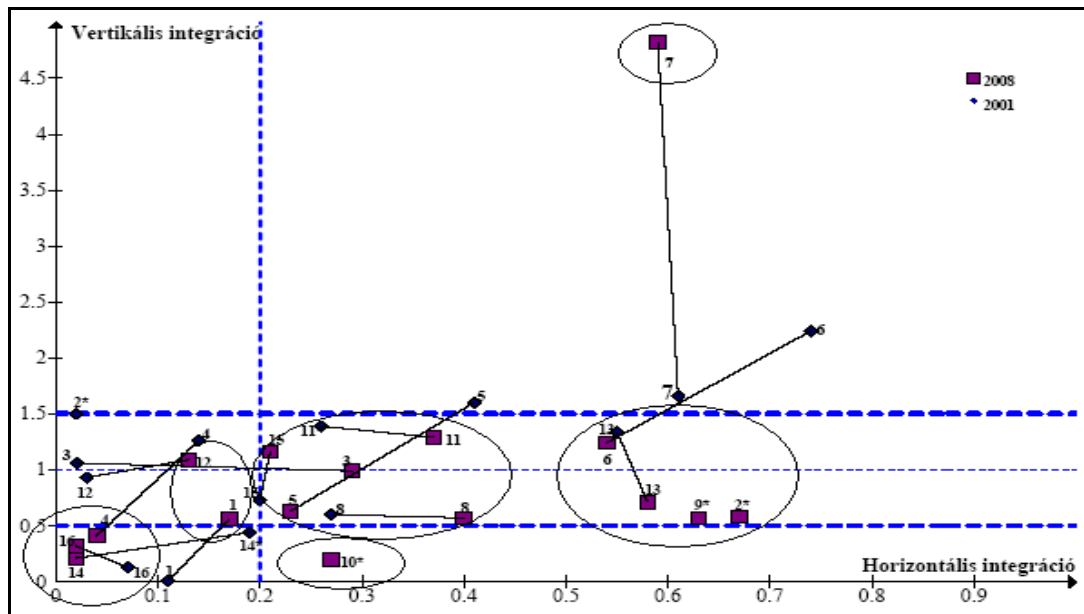
¹⁴⁸ Kivéve: az Iberdrola és a Statkraft esetében a 2001-es adatok helyett a 2004-es, míg a GasNatural - Unión Fenosa és a GDF-Suez esetében csak a 2008-as adatokat vettük figyelembe. A Dong 2001-es adatai a vállalat gáz szektoron belüli integrációjára vonatkozik.

¹⁴⁹ A vállalaton belüli vertikális integráció mérésénél a termelési és értékesítési tevékenységek egymáshoz viszonyított arányát vizsgáljuk, figyelembe véve a termelt és a végfogyasztók számára értékesített villamosenergia energiamennyiségeket. Teljesen integrált a vállalat, amennyiben a két tényező hányadosa 1, míg a $0,5 \leq y < 1,5$ intervallumba eső vállalatok saját termelése meghatározó a kiskereskedelmi tevékenységekhez. Ugyanakkor, az $y < 0,5$ esetén a vállalatok inkább termelés, míg $y > 1,5$ esetén inkább szolgáltatás-orientáltak, így kiszolgáltatottabbak a nagykereskedelmi piacoknak.

¹⁵⁰ A horizontális integráció meghatározása a vállalatok egyes üzletágainak a teljes árbevételhez való hozzájárulása alapján történt, alapul véve a vállalatok esetében alkalmazható, a teljes diverzifikáció mérésre kialakított Herfindhal Index-et ($TD = 1 - \sum_{i=1, N} p_i^2$). Ebben az esetben a $TD \leq 0,2$ esetén a vállalat egy üzletágra koncentrál (Acar – Sanakaran, 1999).

- A villamosenergia-termelési funkcióra specializálódott vállalatok csoportjába tartozik a Stratkraft (14), a Verbund (16), és az EDP (4).
- A diverzifikált, a villamosenergia-ágazatot tekintve dominánsan termelési tevékenységet folytató csoportot a Gas Natural és az Unión Fenosa egyesülésével létrejött vállalat (10*) képviseli.
- A több ágazatban is jelenlévő, a villamosenergia-ellátásban elsődlegesen szolgáltatói tevékenységre összpontosító stratégiai csoportot a vizsgált vállalatok közül az EVN (7) reprezentálja.

4.17. ábra: Stratégiai csoportok a vállalatok vertikális és horizontális integráltsága alapján



Forrás: saját számítás, a vállalatok 2001-es és 2008-as éves beszámolóí alapján

A 4.17. ábra a vállalatok 2001-ben betöltött pozícióit is mutatja, így lehetővé válik az egyes vállalatok vizsgált időszak alatti elmozdulásának tanulmányozása is. Ahogy azt az ábra is alátámasztja, **az első öt stratégiai csoportba tartozó szereplő az elmúlt évek kihívásaira a vertikális integráció fokozásával reagált, azaz növelte a termelési és a kiskereskedelmi tevékenységek integrációját, melyet a korábban erősen diverzifikált vállalatok egy része más ágazatban való jelenlétének „kárára” valósított meg. Ugyanakkor, a korábban a kevésbé diverzifikált működési körrel bíró vállalatok egy részénél (pl. az EDF, a CEZ, a Fortum, vagy az Iberdola) ennek ellenkezője figyelhető meg.** Érdeemes megjegyezni továbbá, hogy bár a vizsgált vállalatok közül az EVN, a PPC, a Vattenfall és a CEZ is növelte termelési kapacitását, jelentős lépéseket inkább a kiskereskedelmi piacokon való jelenlétük erősítésének irányába tettek.

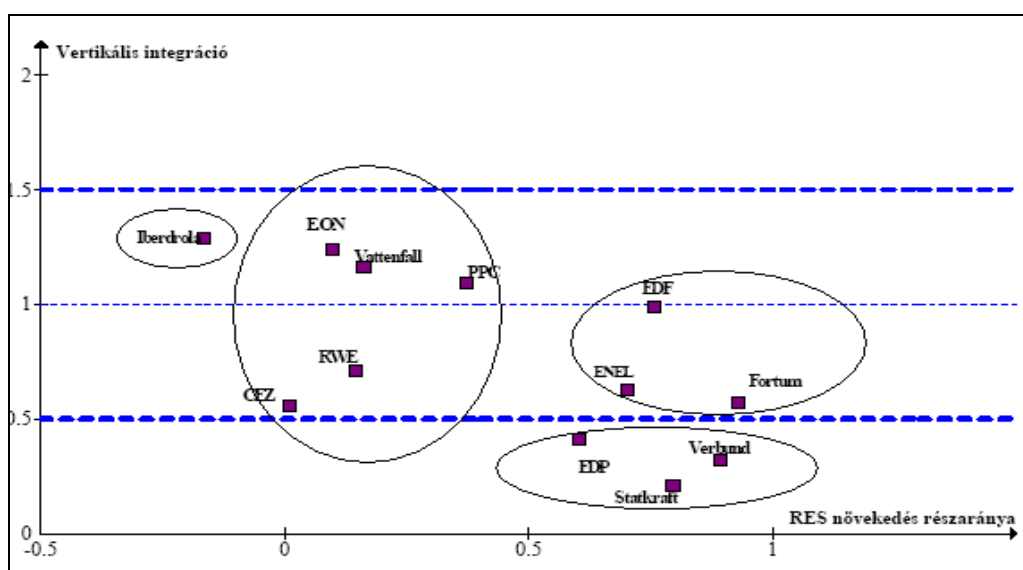
A 4.18. ábra a **vertikális integráció és a megújuló energiahordozókra épülő termelési technológiák**¹⁵¹ 2001 és 2008 (a Stratkraft és az Iberdola esetében az értékek 2004-re és 2008-ra vonatkoznak) közötti kapacitásbővítésben betöltött részaránya alapján helyezi el a

¹⁵¹ A megújuló villamosenergia-termelési technológiák között szerepelnek a nagyteljesítményű vízerőművek is.

vizsgálatban szereplő vállalatokat. Ebben az esetben **4 stratégiai csoportot** különböztethetünk meg egymástól.

- Az Iberdrola az egyetlen olyan, vertikálisan integrált vállalat, melynél csökkent a megújuló energiahordozóra épülő technológiák termelési kapacitásban betöltött részaránya.
- A CEZ, a Vattenfall, az E.ON, az RWE, és a PPC, vertikálisan integrált vállalatok által alkotott csoportnál a megújuló energiahordozók növekedése a teljes termelési kapacitás változásának 1-36%-át tette ki.
- Jelentősebb erőfeszítést a megújuló energiahordozók hasznosításának növelése érdekében azok a vertikálisan integrált vállalatok – az Enel, az EDF és a Fortum-, tették meg, melyeknél a termelési kapacitásokban bekövetkezett növekedés 60-92%-ban a RES technológiák növekedésének tudható be.
- A vizsgálatban szereplő, termelési funkcióra specializálódott vállalatok – EDP, Verbund, és Stratkraft – esetében is megállapítható a RES technológiák irányába történő elmozdulás (60-89%)

4.18. ábra: Stratégiai csoportok a vállalatok vertikális integráltsága és a RES alapú termelési technológiák kapacitásnövekedési részaránya¹⁵² alapján



Forrás: saját számítás, a vállalatok 2001-re és 2008-ra vonatkozó éves beszámolóí alapján

Érdeemes megemlíteni, hogy a Verbund és a Stratkraft esetében a megújuló energiatechnológiák termelési kapacitáshoz mért részaránya 2001-ben, illetve a Stratkraft esetében 2004-ben is meghatározó mértékű (88%, illetve 99%) volt. Annak ellenére, hogy a vizsgált időszak alatt az E.ON megduplázta, illetve az RWE megtriplázta a megújuló energiahordozóra épülő erőművi kapacitását, mindkét vállalatnál, - elsősorban a felvásárlások útján történő külső növekedési stratégia miatt - a kapacitásnövekedést 84, illetve 58%-ban a fosszilis- és atomerőművi kapacitások terén bekövetkezett növekedés

¹⁵² A RES alapú termelési technológiák kapacitásnövelési részaránya alatt azt vizsgáljuk, hogy az adott időszakban az egyes vállalatoknál bekövetkezett kapacitásbeli változás hány százalékát tette ki a megújuló energiahordozók használatára épülő termelési kapacitások növekedése.

támogatta. **Mindez pedig alátámasztja a megújuló energiahordozókra épülő technológiák használatára, illetve a zöld áram értékesítésére alapozott üzleti stratégiára vonatkozó megállapításaimat.**

4.4.2. Funkcionális területek érintő változások

A piacliberalizáció, illetve az elosztott termelési egységek alkalmazása nemcsak a domináns vállalatok vállalati és üzleti stratégiája tekintetében éreztetik hatásukat, hanem olyan fontos funkcionális területek, feladatok szerepét, ellátásának módját is megváltoztatja, mint a kockázatkezelés, a stratégiai és operatív tervezés, a K+F, illetve marketing tevékenység. Az alábbi alfejezetekben a teljesség igénye nélkül emelem ki az ezen területeket érő legfontosabb változásokat.

4.4.2.1. Kockázatkezelés szerepének felértékelődése

Míg monopol piaci körülmények között a villamosenergia-szolgáltatók kockázatkezelési tevékenységéről szinte nem is beszélhettünk¹⁵³, **mára a vállalatoknak az ágazatban soha nem tapasztalt kockázatokkal kell szembenéznük, tulajdonképpen ezek kezelése lett a vállalatvezetők egyik legfontosabb feladata, a vállalati értékteremtés kulcsváltója.** Egyrészt, a vállalatoknak kockázatosabb környezetben kell helytállniuk, másrészt, mind a stakeholderek, mind a tőzsde részéről egyre nagyobb nyomás helyeződik a vállalati vezetésre a kockázatok átláthatóságának, hatékony kezelésének tekintetében.

A piacnyitás, a szabályozott és nem szabályozott tevékenységek több EU-s tagállamban már megvalósult tulajdonosi szétválasztása megfosztotta az üzleti tevékenységeket folytató vállalatokat a korábbi stabil, szabályozott bevételektől. Ráadásul, az ágazati szabályozások, a különböző technológiákkal kapcsolatos támogatások bizonytalansága, állandó változása, az újonnan belépők fenyegetettségének emelkedése tovább növeli az **üzleti kockázatokat**. A keresleti bizonytalanság mellett, a legfontosabb kockázati kategóriát a **piaci kockázatok** képviselik. A világ valamennyi táján a villamos energia azonnali piacait, - elsősorban nem tárolható jellege, és a rövid távú kereslet alacsony rugalmassága miatt-, napi, heti, szezonális ciklusok; illetve kiemelkedően magas árvolatilitás jellemzi, mely növeli a szolgáltatók pénzügyi eredményeinek bizonytalanságát (Weber, 2005; EURELECTRIC, 2007). Bár a határidős piacokon alacsonyabb volatilitással lehet számolni, az értékesítésre kerülő nagyobb mennyiségek miatt a kockázatok vizsgálata, megfelelő kezelése e tekintetben sem maradhat el. A fosszilis energiahordozók árának fluktuációja, a kamatlábak-, a valutaárfolyamok, és a részvényárfolyamok, valamint a saját és idegentőke források költségeinek¹⁵⁴ változásaiban rejlő piaci kockázatok is egyre nagyobb kihívások elé állítják a vállalatokat. 2001 és 2003 között számos USA-beli energiaszolgáltató ment csődbe (Enron botrány) nyílt piaci kockázati pozícióban hagyva

¹⁵³ Hiszen az árakat központilag, a megtérülési ráta alapú, illetve költség – plusz eljárások alkalmazása révén határozták meg, mégpedig úgy, hogy az árak fedezzék az összes lehetséges kockázatot, és egy megfelelő beruházás-megtérülést is biztosítsanak.

¹⁵⁴ A saját tőke és idegen tőke nagysága és egymáshoz viszonyított aránya a tőkestruktúra.

európai partnereit, mely világhosszú tette, hogy a **hitelkockázatok**ról sem szabad megfeledkezni a kockázatkezelési intézkedések során (Weber, 2005, 175. o.). Az elmúlt évek extrém időjárási körülményei, az elöregedő eszközállomány, az IKT technológiák szerepének emelkedése mind-mind olyan, **működési kockázat**ot jelentő tényezők, melyekre az elkövetkezendő időszakban a szolgáltatóknak hathatós kezelési intézkedéseket kell kidolgozniuk (Li, 2005). Nem csoda tehát, hogy a versenynek kitett ágazatokban tevékenykedő, már piacon lévő vállalatok beruházási és K+F tevékenységei terén némi visszaesés tapasztalható. A vállalatok a magas piaci kockázatok miatt ugyanis óvakodnak attól, hogy eszközeiket hosszú távon lekössék. Mindez pedig egyúttal azt is jelentheti, hogy javulhat az alacsonyabb abszolút kockázattal jellemezhető, az alapanyag, illetve a kiépítési idő tekintetében rugalmasabb, moduláris technológiák, elosztott termelési egységek megítélése az új erőművekkel kapcsolatos beruházási döntések során. Természetesen ennek realizálása függ attól, hogy milyen előrelépések érhetők el a elosztott termelési technológiák befektetési költségeinek csökkentése, gazdaságossága, szabályozása, és hálózati kompatibilitása terén.

4.4.2.2. Tervezési tevékenységet érő változások

A piaci kockázatok, bizonytalanság emelkedése miatt a stratégiai, taktikai, valamint az operatív tervezési tevékenységeknél alkalmazott, ún. „kemény modellezési technikák” is változtatásra, kiegészítésre szorulnak. Ahogyan Dyner és Larsen (2001) is rámutattak, a kemény tervezési technikákat, - mint pl. optimalizálás, lineáris programozás, hosszú és rövid távú előrejelzési modellek stb. - támogató monopol piaci feltételek közül kiemelt fontossággal bírt az árstabilitás, a teljes informáltság, a kereslet előre jelezhetősége, valamint az ágazati szereplők és szabályozó hatóságok kooperatív együttműködése (4.11. táblázat).

4.11. táblázat: A környezeti bizonytalanság változása az ágazat deregulációjával

Tervezési input	Bizonytalanság mértéke	
	Monopol piac	Versenypiac
Ár	Alacsony	Közepes, Magas
Információ	Alacsony	Magas
Kereslet	Közepes	Magas
Vevői választás	Alacsony	Közepes, Magas
Szabályozás	Alacsony	Magas

Forrás: Dyner – Larsen (2001, 1147. o.)

Míg a monopol piac esetében az árakat általában központilag - a vállalatok költségeit, igényeit alapul véve, - határozták meg, melynek köszönhetően a vállalatoknak alacsonyabb pénzügyi kockázatokkal kellett számolniuk, addig a deregulációval a vállalatoknak meg kell tanulniuk, hogyan kezeljék a nagykereskedelmi árak ingadozását. A tervezési folyamatok vázát jelentő információk esetében is megemlítenéd, hogy a korábbi, monopolhelyzetből adódó kvázi teljes informáltság a piaci verseny megjelenésével megszűnt, a rendelkezésre álló információk bizonytalanná váltak. Nehezíti a helyzetet, hogy a kereslet előrejelzésének bizonytalansága is erőteljesen emelkedett. Ez főleg annak

tudható be, hogy korábban a vállalatok által kiszolgált piac (ország, vagy régió) aggregált keresletét rövidtávon viszonylag megfelelő pontossággal előre lehetett jelezni. A verseny megjelenésével mára az egyedi vállalatok keresletében bekövetkezett változást nem lehet csak a teljes kereslet változásából levezetni, kiemelt figyelmet kell szentelni a saját és versenytárs vállalatok stratégiái miatt bekövetkező piaci részesedési változásoknak is¹⁵⁵. Ráadásul, a piaci tagoltság növekedése, az átállási költségek alacsony volta megemelte a korábban „foglyul ejtett vevők” alkuerejét (Dyner-Larsen, 2001).

A vállalatok az új környezetben a szokásos tervezési tevékenységeik, -mint az erőforrás-tervezés, a működés-optimalizálás, vagy a rendszer-modellezés-, mellett olyan új tervezési területekkel is foglalkozni kényszerülnek, mint az ár- és szabályozási előrejelzések, vagy a vevői szintű elemzések, előrejelzések. Mindezen változások arra kényszerítik őket, hogy a jól strukturált problémák, világos célkitűzések, a teljes informáltság, illetve az alacsony keresleti és áringadozás esetén alkalmazható stratégiai, taktikai és operatív tervezési eszköztárukat, a gyorsan változó, magas bizonytalansággal jellemezhető környezethez illeszkedő stratégiai szimulációs modellekkel, scenárió-modellekkel, reálopció modellekkel, szoftveres tervezési módszerekkel, versenyelemzési, játékelméleti és pénzügyi tervezési modellekkel egészítsék ki. Mindez, az intenzív marketingkiadásokkal, a meglévő kapacitások fejlesztési, kiváltási valamint az új technológiai beruházási költségekkel kombinálva olyan terhet ró a vállalatokra, melyet várhatóan az értékesítés jelentősebb rövid távú növekedése nélkül kell viselniük (különösen igaz ez az új belépőkre).

A villamosenergia-ágazatban a tervezési tevékenységek egy speciális területét képezi az ún. keresletoldali szabályozás, vagy a versenypiaci körülményeknek jobban megfelelő keresletoldali reagálás (Chuang – Gellings, 2008, 2. o.) lehetőségének felülvizsgálata. A keresletoldali reagálás nem más, mint a villamosenergia-fogyasztás időbeli és mennyiségbeli befolyásolása, az energiahatékonyságot szolgáló beruházások és egyéb kereskedelmi, szerződéses eszközök segítségével, az elsődleges energiaforrások felhasználásának csökkentése érdekében (Harris, 2006). Azaz, a keresletoldali reagálás fő célja a fogyasztás meghatározott időszakokra, napokra való terelése, illetve a teljes terhelési szint hosszú távú csökkentése az energiahatékonyság, illetve az energiahasznalet módjának változtatása révén. Alkalmazásukra általában akkor kerül sor, ha a kínálatoldali beavatkozások (erőművek számának növelése, működésének ütemezése, stb.) nem, vagy csak nagyobb kiadásokkal valósíthatók meg, mint a kereslet befolyásolására szolgáló intézkedések¹⁵⁶. Bár elméletben, a kellően magas árak alkalmazása biztosítani tudja a villamosenergia-fogyasztás rugalmasságát, a gyakorlatban a keresleti reagálásban rejlő lehetőség kiaknázása számos tényezőtől (pl. kommunikációs berendezések, reagálás időzítése, időtartama, szerződés típusa, stb.) függ. Ez az oka annak, hogy a vállalatok a terhelési profil alakítása érdekében különböző módszerek, eszközök segítségét veszik igénybe. Egyrészt lehetőség van az alternatív árazás, vagy

¹⁵⁵ Ugyanakkor, ahogyan a villamosenergia-piacok koncentrációjának mérésével foglalkozó irodalmak (London Economics, 2007) is hangsúlyozzák, a villamosenergia speciális jellemzői miatt, a villamosenergia-piacok az év, évszak, nap bizonyos szakaszaiban monopol, illetve versenypiaci formát is ölthetnek.

¹⁵⁶ A szolgáltatók általában véve korlátozottan élnek ezzel a lehetőséggel, hiszen sok esetben ez bevételeik csökkenését eredményezi.

többszintű rendszer alkalmazására, mellyel közvetlen módon tudják befolyásolni a fogyasztók magatartását, az általa használt eszközök berendezések üzemeltetésének vonatkozásában (Gondoljunk csak a csúcsidőszakon kívüli, pl. éjszakai áram, kedvező tarifákra). Egy másik lehetséges módszer, a közvetlen ösztönzés alkalmazása, melynek keretén belül a fogyasztók számára pénzügyi ösztönzést nyújtanak együttműködésük, keresleti reagálási programokban való részvételük fejében. A leggyakrabban alkalmazott ösztönzések közé tartoznak az elsősorban kisfogyasztók számára kínált közvetlen terhelésirányítás (pl. automata terhelésirányító berendezések révén), a nagyfogyasztói kör számára kínált megszakítható terhelési¹⁵⁷ programok, valamint a vészhelyzeti, kapacitási - és kiegészítő piacokon való részvételt díjazó programok. A keresleti reagálás befolyásolását segíthetik az általában hosszabb távon érvényesülő, a fogyasztók magatartásának, ismereteinek, tudatos energiahasználatának, illetve a szolgáltató által indított programok megismertetésének programjai (pl. reklámok, kampányok, tréningek, tanácsadás) is. Ugyanakkor az is kijelenthető, hogy a szolgáltatók szempontjából a legkedvezőbb módszernek a többszintű rendszer tekinthető, hiszen ebben az esetben a szolgáltató nem kényszerül nagy kezdeti kiadások meghozatalára (Kreith - Goswami, 2007; Chuang – Gellings, 2008).

Az elosztott termelési egységek, különösen a szakaszos termelési profilú technológiák, villamosenergia-termelésben betöltött részarányának növekedésével, illetve a fogyasztók termelési tevékenységének megjelenésével a tervezési feladatok tovább bonyolódnak, nő a keresleti reagálás szerepe, ami egyúttal azt is jelenti, hogy szofisztikáltabb és megbízhatóbb szimulációs és előrejelzési programok alkalmazása válik szükségessé mind stratégiai, mind operatív szinten, mind a fogyasztás, mind a termelés, mind a hálózatüzemeltetés tekintetében. A megnövekedett koordinációs feladatok pedig nélkülözhetetlenné teszik a modern kommunikációs, irányítási, és ellenőrzési berendezések és eszközök alkalmazását. Az elosztott termelési egységek üzemeltetői (legyenek azok vertikálisan integrált vállalatok, új piaci belépők, vagy fogyasztók) kiemelt figyelmet kell, szenteljenek a politikai és szabályozási környezetnek alakulásának, az előállított villamos energia értékesítési lehetőségeinek és feltételeinek, a költség- és ár előrejelzésnek, az elosztott egységek termelési előrejelzésének (pl. időjárás előrejelzés szerepének felértékelődése), illetve működésük irányításának és optimalizálásának (fejlett kommunikációs és monitoring rendszerek bevezetése). A termelési és értékesítési tevékenységet folytató vállalatoknak számításba kell venniük a fogyasztói termelési tevékenység megjelenését és annak tendenciáit, a nettó mérés, és a valós idejű árazás technikáinak bevezetését. A hálózatüzemeltetőknek stratégiaalkotási folyamataik során mérlegelniük kell a hálózatra kötött elosztott egységek kiaknázásában rejlő lehetőségeket (ld. fejlesztési és beruházási programok, háttérszolgáltatások) és azok módjait; az elosztott egységek növekedésében rejlő veszélyeket (pl. szolgáltatás-minőségre és ellátásbiztonságra gyakorolt hatások), és elhárításuk, kezelésük lehetőségeit; az aktív hálózatmenedzsment bevezetését, valamint az új hálózati modellek (várható) megjelenésének hatásait, az ezen kezdeményezésekben történő részvétel lehetőségét. Mindez pedig tervezési szinten modern

¹⁵⁷ A fogyasztók vállalják, hogy szükség esetén hosszabb-rövidebb ideig lemondanak az áramszolgáltatásról, cserébe pénzt kapnak (KVVM, 2007).

hálózatszimulációs és scenáriós modellek, koordinációs szinten modern irányítási és kommunikációs berendezések és eszközök alkalmazását követeli meg tőlük.

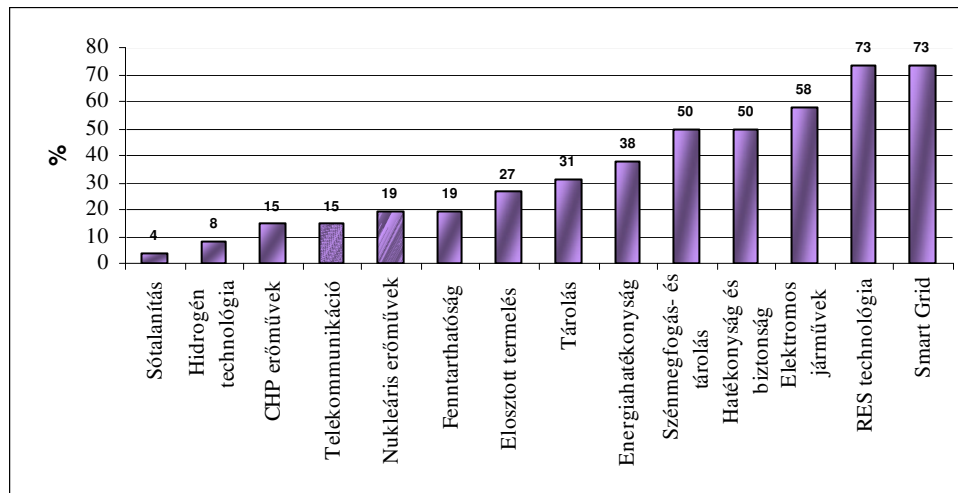
4.4.2.3. A K+F tevékenység fő jellemzői

Ahogy arra már utaltam, bár az európai szolgáltatók K+F tevékenysége monopol piaci körülmények között sem volt jelentős, a villamosenergia- és gázágazaton belüli liberalizáció, a szabályozási környezet állandó változása, a domináns piaci részesedéssel bíró nagyvállalatok K+F kiadásainak további csökkenését eredményezte. Ezt támasztja alá Sterlacchini (2006) kutatása is, aki 2000 és 2005 közötti időszakban elemezte az EON, az RWE, az ENEL, az EDF, a GDF, a SUEZ, és az ENI K+F tevékenységét, és kimutatta, hogy ezen vállalatok esetében az értékesítéshez viszonyított K+F kiadások jelentős mértékben (49%-tól 89%-ig) estek vissza a vizsgált időszak alatt.

Az Eurelectric 2010-es tanulmánya szerint, a villamosenergia-szektor felmérésben szereplő 28 vállalatának 59%-nál a teljes árbevétel csupán maximum 0-0,2%-át fordítják a K+F tevékenységek finanszírozására, míg csupán a vizsgált vállalatok 8%-ánál beszélhetünk 1%-ot meghaladó költségvetési keretről. Úgy tűnik a K+F tevékenységek költségvetése az egyik olyan terület, ahol a költségcsökkentési, racionalizálási projektek elsőként teret kapnak. Ezzel összhangban, az Eurelectric 2003-as és 2010-es vizsgálatai alapján az is kijelenthető, hogy a K+F részlegeken, területeken foglalkoztatottak száma folyamatosan csökken (a 2010-es vizsgálatban szereplő cégek ¾-nél a K+F alkalmazotti létszám alig éri el a teljes létszám 6%-át), az új alkalmazottakat gyakran csak speciális projektekre veszik fel (amennyiben nem helyezik ki azok végrehajtását¹⁵⁸). A piacnyitásnak köszönhetően a vállalatok a vevőkör megtartása érdekében annyira alacsonyan kívánják tartani költségeiket, amennyire az csak lehetséges, miközben a versenyképesség érdekében biztosítaniuk kell a stabil profitréseket is, azaz a profitabilitás áll az első helyen a K+F projektek tekintetében is. Ezzel kapcsolatban két trend is felfedezhető. Egyrészt, a vállalatok kevésbé hosszú távú K+F tevékenységeket folytatnak, és a villamosenergia-ágazat mozgásirányaira reagálnak, a rövid távú, közvetlen eredményeket felmutató projektek folytatása révén (mivel a hosszú távú lekötések nagyobb pénzügyi kockázatot jelentenek, az EU gyakran részt vállal ezek finanszírozásában). Másrészt, bár a cégek vonakodnak attól, hogy nemzeti piacaikon együttműködésre lépjenek versenytársaikkal, a liberalizációt megelőző időszakhoz képest nőtt az együttműködések száma, ami azt mutatja, hogy EU-s szinten a vállalatok hajlandók együttműködni más ágazati, illetve azon kívüli (egyetemek, kutatóintézetek, gyártó cégek) szereplőkkel is (EURELECTRIC, 2003/b; 2010). A K+F részlegek feladatai közé elsősorban a közép és hosszú távú tervezés támogatása, a cég pénzügyi helyzetének javításában és a vevőkkel történő kapcsolattartásban való részvétel, valamint az innovatív technológiák fejlesztése, a kutatási projektek menedzselése, és a demonstrációs projektek tesztelése tartozik.

¹⁵⁸ A K+F tevékenységek többségét főként finanszírozási és adóoptimalizálási okok miatt projektvállalatok végzik, melyet a beszámolók nyilvánossága miatt a vevői bizalom megtartására irányuló törekvés is alátámaszt.

4.19. ábra: Villamosenergia-szektor domináns vállalatainak fő kutatási területei



Forrás: EURELECTRIC (2010, 17. o.)

A dolgozat alapelgondolásával kapcsolatosan pozitív jel, hogy az EURELECTRIC (2010) felmérésében szereplő vállalatok többsége nyit a minienergetikai hálózatokkal, a megújuló energiahordozók hasznosítására épülő nagyteljesítményű erőművekkel, a szénmegfogsással és tárolással, az erőművek hatékonysági és biztonsági fejlesztésével, valamint az elektromos autók fejlesztésével kapcsolatos területek felé, ezen témakörökben folytatnak aktív kutatási tevékenységet (többségükben valamelyik EU által támogatott - pl. Intelligent Energy Europa program, - kutatási projekt keretein belül).

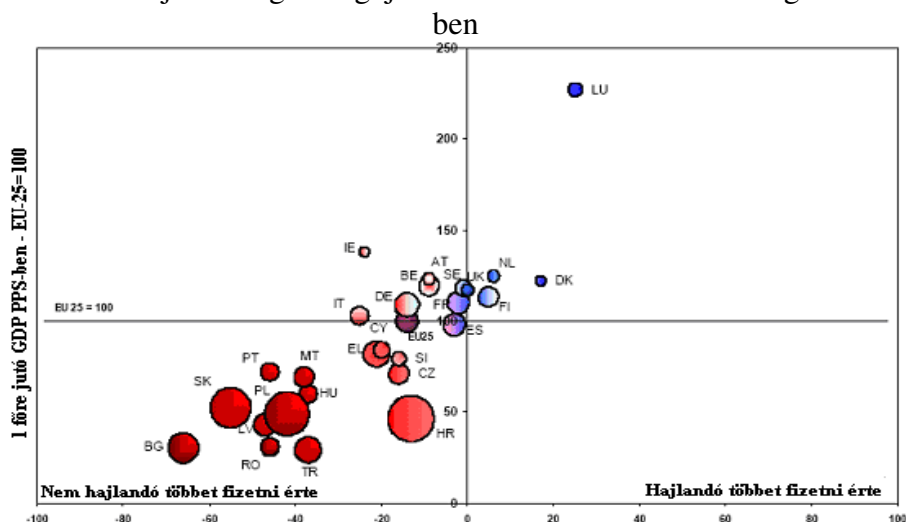
4.4.2.4. A marketing és értékesítési tevékenység szerepének felértékelődése

A verseny megjelenésével a korábban foglyul ejtett vevők számára lehetővé válik, hogy saját maguk válasszák ki szolgáltatóikat a számukra leginkább megfelelő szolgáltatási, árazási és fizetési feltételeket alapul véve. Így a már piacon lévő vállalatok arra kényszerülnek, hogy nagyobb figyelmet szenteljenek a marketing és értékesítési tevékenységeknek, új módszereket fejlesszenek ki, és adaptáljanak a piackutatás, versenytárselemzés, a szegmentáció, az értékmenedzsment, valamint az árazás területein. A vevői bázis értékének emelése, megtartása érdekében a cégek aktívan élnek a különböző kommunikációs eszközök (pl. televíziós és online hirdetések, rendezvények, társadalmi és sportesemények támogatás) alkalmazásával is. A marketing és értékesítési tevékenységek szerepének felértékelődését támasztja alá továbbá az a tény is, hogy a vállalatok többsége külön szervezeti (sok esetben központosított) egységet hozott létre ezen funkciók számára.

Ahogy a versenystratégiák témakörénél már utaltam rá, számunkra ennél fontosabb vizsgálati területet képez a zöld marketing, illetve a „zöld árazási” rendszer alkalmazásának lehetősége. Elméletben ugyanis, a már piacon lévő, illetve az újonnan belépő vállalatok élhetnek az elosztott (megújuló bázisú) termelési egységek által előállított villamos energia értékesítésénél a környezetbarát jelleg adta megkülönböztetés stratégiájával. A villamosenergia-szolgáltatók zöld marketing programjai általában 3 fő területre koncentrálnak. Az első az ún. zöld árazás alkalmazása, melynek értelmében a

vevők magasabb árat fizetnek a megújuló forrásokból származó villamos energiáért. A másik módszer, hogy lehetővé teszik a vevők számára, hogy a szolgáltató megújuló energiahordozókkal kapcsolatos kutatási tevékenységéhez önkéntesen hozzájáruljanak. A harmadik lehetőség értelmében az együttműködő vevők fogyasztási pontjainál olyan kisteljesítményű termelési egységeket (általában napelemes rendszerek) helyeznek el, melyeket a vevők lízing, illetve tulajdonosi alapon üzemeltetnek (Viser, 1998). Míg az USA-ban számos kutatás számol be a villamosenergia-szektoron belüli zöld marketing programok, árazási modellek sikerességéről (több mint 30 szolgáltató folytat valamilyen zöld marketing programot), valamint a vevők zöld áram iránti magasabb fizetési hajlandóságáról (Holt, 1997, Bird et al, 2002), ennek megvalósítását, széleskörű alkalmazását az EU legtöbb tagállamában korlátozza a vevők fizetési hajlandósága.

4.20. ábra: Fizetési hajlandóság a megújuló forrásokból származó energia iránt az EU-25-ben



Megjegyzés: a buborék mérete a tagállamon belüli munkanélküliségi rátának felel meg.

Forrás: EC (2006/b, 23. o.)

Az EC (2006/b) felmérésének eredményei ugyanis arról tanúskodnak, hogy az emberek többsége nem, vagy csak elenyésző mértékben hajlandó többet fizetni a megújuló forrásokból származó energiáért. Míg az újonnan csatlakozott országok többségében az alacsony fizetési hajlandóság magyarázatául szolgálhat az európai átlagtól jócskán elmaradó egy főre jutó GDP, valamint a magas munkanélküliségi ráta, a kedvezőbb gazdasági körülményekkel rendelkező tagállamokban is viszonylag alacsony a megújuló energiahordozók terjedésének önkéntes gazdasági támogatási szándéka (ld. 4.20. ábra). Ez természetesen nem feltétlenül és egyedül a lakosság alacsony környezettudata indokolja (hiszen a megkérdezettek egyértelműen, magas arányban támogatták az EU megújuló energiahordozókkal kapcsolatos kutatási és támogatási tevékenységét). A legtöbb esetben olyan kérdések merülnek fel a fogyasztók oldalról, melyek a zöld árazási programokkal kapcsolatos információhiányra (pl. jár-e környezeti előnnyel bizonyos technológia alkalmazása), bizonytalanságra és bizalmatlanságra (megfelelően használja-e fel a prémiumot a szolgáltató) utalnak (Ottman, 1997).

Következésképpen, nagy szerepe van az ezen korlátok felszámolását segítő oktatási és információszolgáltatási intézkedéseknek, a független szervezetek megítélésére épülő ököcímkezésnek, valamint a megfelelő vállalati kommunikációs és marketing tevékenységnek. Ennek hiányában ugyanis könnyen előfordulhat, hogy bár a piacliberalizáció, a megújuló energiahordozókra épülő villamosenergia-termelési technológiák rendelkezésre állása, valamint a zöld marketing programok, módszerek, eszközök alkalmazásával kapcsolatos gyakorlati tapasztalatok meglete megfelelő háttérrel biztosít a vállalatok számára a megkülönböztető versenystratégia követése tekintetében, az erős, stabil, megfelelő méretű vevői bázis hiánya mégis aláássa ezen stratégiák, illetve indirekt módon az elosztott termelési egységek gazdasági attraktivitását.

4.4.3. Szervezeti méret és struktúra

Ahogy azt láthattuk, az elmúlt évtizedekben a villamosenergia-termelő és szolgáltató vállalatok többsége erőteljes növekedési stratégiát folytatva diverzifikálta tevékenységét, és a villamosenergia-ágazati jelenléte mellett, az energiaszektor más területeire – például gázszolgáltatás – is belépett. Sőt, bizonyos villamosenergia-szolgáltató vállalatok a nem kapcsolódó diverzifikáció révén a vízszolgáltatási, vagy a telekommunikációs piacokon is megjelentek (gondoljunk csak az E.ON, vagy az RWE esetére). Ennek ellenkezőjére is találhatunk példákat, hiszen a villamosenergia-piaci mobilitás eredményeként a hagyományosan kőolaj-, földgáz kitermeléssel, szállítással, kereskedelemmel foglalkozó vállalatok (pl. British Petroleum, Gaz de France, Gas Natural) is megjelentek a villamosenergia-termelés piacán. Ráadásul, a különböző, kisebb méretű vállalatok felvásárlásával, illetve a velük történő egyesülések révén olyan (multi)szolgáltató vállalatok jöttek létre, melyek számos országban, régióban, kontinensen is jelen vannak. Ez pedig a vállalatok méretében és szerkezeti felépítésében, illetve azok változásában is megmutatkozik.

4.12. táblázat: Az Európai Unió 7 legnagyobb piaci részesedéssel bíró vállalatának adatai

Vállalat	Piaci részesedés (%)	Árbevétel (Mrd €)	Mérleg szerinti eredmény	Alkalmazottak száma (fő)
GDF – Suez	4	83,1	167200	200000
EDF	7	64,3	200288	160913
E.ON	19	86,8	157045	93538
ENEL	4	61,2	133207	75981
RWE	7	48,9	93430	65908
Iberdrola	3	25,2	85837	32993
Vattenfall	5	15	40843	32801

Forrás: saját szerkesztés a vállalatok 2008-ra vonatkozó beszámolóinak alapján

Az Európai Unió 7 legnagyobb piaci részesedéssel bíró vállalata, - 4.12. táblázat – éves árbevétele, mérleg szerinti eredménye, és alkalmazotti száma¹⁵⁹ alapján mind nagyvállalat

¹⁵⁹ Az 96/280/EC-t kiegészítő 2003-as az alábbiak szerint definiálja a kis és közepes vállalatokat: A kkv-k csoportjába azon vállalatok sorolhatók, melyek 250 főnél kevesebb alkalmazottat foglalkoztatnak, és amelyek éves árbevétele nem haladja meg az 50M €-t, és/vagy a mérleg szerinti eredménye nem haladja meg a 43M €-t. Kisvállalatnak minősül minden olyan 50 főnél kevesebbet foglalkoztató vállalat, melynek éves árbevétele, és/vagy mérleg szerinti eredménye

tekinthető. A vállalatok közös jellemzője továbbá, hogy erőteljes szélességi és mélységi tagoltságú, hierarchikus szervezeti felépítéssel rendelkeznek. A már piacon lévő vállalatok a különböző tevékenységi körök ellátásához, az egyes földrajzi piacok kiszolgálásához komplex profit-center struktúrát hoztak létre, esetenként konszern típusú szervezeti felépítést alkalmazva. Bár a vállalatok által követett növekedési és diverzifikációs stratégiák támogatták a holding típusú felépítést, a vállalatcsoportok komplexitása miatti koordinációs igény növekedése a szervezetek karcsúsításának igényét vonta maga után. Míg a hagyományos környezetben erős szereppel bíró vállalati központok kezdetben operatív és stratégiai funkciókat is elláttak, a vállalatok intenzív növekedése, valamint az új egységek gyors, teljes integrálását nem igénylő beépítése, szükségessé tette az irányító szervezet stratégiai, illetve pénzügyi holdinggá történő alakítását. Ebben a modellben az irányító szervezet a csoportszintű stratégiák, megfogalmazására, az értékteremtés ösztönzésére, a szinergiák kiaknázására, valamint a csoporton belüli koordinációra összpontosítanak, míg az üzleti egységek a központ által meghatározott stratégiai kereteken belül erőteljes működési autonómiát élveznek. Ugyanakkor, az értékteremtés fokozására, a működési szinergiák kiaknázására vonatkozó részvényesi elvárások növekedése az elsődleges okai annak, hogy egyre több vállalat (pl. RWE, E.ON, Iberdrola) hoz létre központi szinten, az egyes egységek koordinálását és irányítását ellátó Működési Igazgatói pozíciót, erősíti a központ által irányított, koordinált, funkcionális tevékenységek konzisztenciáját.

Az üzleti egységek szintjén, a vállalatok jelentős része (pl. RWE, E.ON), egyfajta értéklánc szemléletet követve elmozdult az ellátási lánc tevékenységek földrajzi integrációjának irányába. Az azonos, vagy hasonló jellegű tevékenységek összevonása pedig elősegítheti a működési szinergiák jobb kiaknázását. Ugyanakkor a szinergiák ily módon történő maximalizálása bizonyos tevékenységek globális, vagy legalább nemzeti szintű centralizációjához vezethet. A gyakorlat azt mutatja, hogy a vertikálisan integrált vállalatok általában a termelési tevékenységeket (ld. eszközmenedzsment, működési és karbantartási partnerkapcsolatok), illetve a nagykereskedelmi tevékenységeket (pl. EDF Trading, E.ON Energy Trading) központosítják. A kiskereskedelmi tevékenységek vonatkozásában, - figyelembe véve a helyi piaci feltételek, fogyasztókhöz való közelség meghatározó jellegét, - érdemes említést tenni az ún. központi key account menedzsment részlegek létrehozásáról (pl. EDF), sőt néhány vállalat esetében (pl. ENEL) az elosztóhálózatok, illetve az infrastrukturális tevékenységek központosítását is megfigyelhetjük. Az üzleti egységek földrajzi és értéklánc alapú kombinált tagozódása hozzájárult egy kvázi mátrix szervezeti felépítés megjelenéséhez, mely révén a vállalatok képesek gyorsabban, rugalmasabban reagálni a szerves és külső növekedés, az új egységek, új tevékenységek indítása okozta változásokra. A működési szinergiák azonosítását és kiaknázását, illetve az egyes üzleti egységek, funkciók összehangolását segítik továbbá a vállalatok által széles körben alkalmazott integrációs, illetve csoportszintű fejlesztési és hatékonysági programok, valamint a csoportszintű szolgáltatási egységek, kompetencia központok kialakítása (pl. E.ON, GDF-Suez).

nem haladja meg a 10M €-t, míg mikroállalatnak tekinthetők a 10 főnél kevesebbet foglalkoztató, 2M €-nél kevesebb éves árbevétellel, és/vagy mérleg szerinti eredménnyel bíró vállalat.

Érdemes megemlíteni továbbá, hogy a vállalatok, felismerve a megújuló energiahordozók, kisteljesítményű egységek hasznosításának, valamint az energia-megtakarítási tevékenységeknek az ún. alaptevékenységektől eltérő, sajátos jellegét, önálló, központosított üzleti egységeket hoznak létre ezen tevékenységek, illetve a velük kapcsolatos fejlesztések számára (pl. EDF Energies Nouvelles, E.ON Renewables, Iberdrola Renovables, RWE Innogy). Ahogyan már említettem, az utóbbi években a vállalatok egyre nagyobb érdeklődést mutatnak az atomenergia termelési részarányának növelése iránt, melynek köszönhetően nagy a valószínűsége annak, hogy a központosítási tendencia e téren is megjelenik majd. **A megújuló és kapcsolt termelési egységek alkalmazása a már piacon lévő nagyvállalatok esetében nem befolyásolja azok méretét, hatásaik pusztán a szervezeti felépítés tekintetében érhetők tetten. Figyelembe véve azonban az elosztott termelési egységek fogyasztási pontok közeli elhelyezkedését, illetve ezen technológiák újonnan piacra lépő vállalatok általi preferenciáját, kijelenthető, hogy az elosztott termelési technológiák tulajdonosi és üzemeltetői körét, legalább rövid távon (hosszabb távon az egyesülési és felvásárlási tendenciák, illetve a nagyvállalatok nagyobb arányú részvételének lehetőségét nyitva hagyva), főleg a kis-és közepes vállalatok uralják.**

4.4.4. Tulajdonosi szerkezet

A piaci liberalizáció, illetve az egyes szereplők által követett stratégiák a vállalatok tulajdonosi szerkezetére is erős hatást gyakorolt. Míg az 1990-es évek végéig az európai villamosenergia-szolgáltató társaságok többsége állami tulajdonban volt, az ágazatot érintő liberalizációs és privatizációs folyamatok révén megváltozott a vállalatok tulajdonosi struktúrája. A privatizált vállalatok részvényesi körét főleg a nagy pénzügyi szervezetek uralják¹⁶⁰, akik jelentős beruházásokkal képviseltetik magukat az ágazatban. Ugyanakkor, a nagy integrált vállalatok többségénél az állam még mindig teljes vagy részleges irányítási, ellenőrzési joggal bír (ld. 4.13. táblázat).

4.13. táblázat: A piacvezető vállalatok tulajdonosi szerkezete

Vállalat	Anyavállalat országa	Tulajdonosi struktúra
E.ON	Németország	Befektetői tulajdon
EDF	Franciaország	84,66% állami tulajdon
ENEL	Olaszország	20,1%+10,14% állami tulajdon
RWE	Németország	Befektetői tulajdon
Iberdrola	Spanyolország	Befektetői tulajdon
Vattenfall	Svédország	100%-ban állami tulajdon
GDF-Suez	Franciaország	35,6% állami tulajdon

Forrás: saját szerkesztés, a vállalatok 2008-ra vonatkozó beszámolóí alapján

¹⁶⁰ Akik elsősorban befektetési céllal vannak jelen az ágazatban, mégis beleszólhatnak a technológiai fejlesztés, fejlődés, valamint a vállalatok irányításába.

A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a vállalatok által követett növekedési stratégiának köszönhetően, a vertikálisan integrált vállalatok némelyikének tulajdonában több száz vállalat is van, és az ágazaton belüli kereszttulajdonlás is igen jelentősnek mondható (Thomas, 2009). Mindez, az egyes tagállamok piacait jellemző magas, közepesen magas vertikális és horizontális koncentrációjával párosulva, azt sugallja, hogy a korábbi monopol piaci modell egyfajta oligopol modellé változott, megnehezítve a liberalizációs és deregulációs célkitűzések elérését, magasan tartva a piacra lépés korlátait.

Az önellátó, illetve a központi hálózatra kapcsolt kisteljesítményű erőművek, valamint az azokból felépülő miniennergetikai hálózatok tulajdonosai, működtetői egyének, háztartások, kis, közepes és nagyvállalatok, közösségek, önkormányzatok egyaránt lehetnek. Hasonló nézeteket vall Kiss (2010/a) is, aki a közösségi energiarendszerek mellett szóló érvelésében gyakorlati példák tucatjait sorakoztatja fel. Más szavakkal, az elosztott termelési egységek révén a villamosenergia-rendszerben egyfajta „tulajdonosi diverzifikáció” is megjelenik. A szélesebb társadalmi és gazdasági rétegek bevonásának köszönhetően pedig lehetőség van arra, hogy elmozduljunk a rendszer demokratizálódásának irányába (Stróbl, 2009). Ezt a megközelítést támogatja például Hoffman és High-Pippert (2005), Hain et al (2005), Walker (2008), Allen et al (2008), valamint van der Horst (2008) is, akik a megújuló, illetve CHP termelési egységekkel kapcsolatos vizsgálataikra alapozva kijelentik, hogy az egyes termelési technológiák által biztosított környezeti- és gazdasági előnyök kiaknázásának legkedvezőbb módja a közösségi szintű, közösségi tulajdonban és ellenőrzés alatt álló energiarendszerek ösztönzése. Ezen kutatások közös jellemzője, hogy a tulajdonosi struktúra átrendeződése mellett kiemelt figyelmet szentelnek az elosztott technológiáknak a villamosenergia-rendszer ún. politikai dimenziójára gyakorolt kedvező hatásokra is.

Az elosztott villamosenergia-termelési technológiák tulajdonosai, üzemeltetői az egyének, már piacon lévő, illetve újonnan megjelenő villamosenergetikai vállalatok, termelő, vagy szolgáltató cégek, közösségek is lehetnek, azaz a technológiák a piac és az egyes tevékenységek diverzitását támogatják. Az elosztott egységek emellett új üzleti modell kifejlesztését, valamint a piacliberalizáció által életre hívott árverseny mellett a (jelenleg még inkább fókuszált) megkülönböztető stratégia folytatását is lehetővé teszik a piacon lévők, és az újonnan belépők számára is. A domináns piaci részesedéssel bíró vállalatok körében végzett vizsgálatok pedig azt mutatják, hogy az elosztott termelési egységek alkalmazása tovább erősíti azokat a hatásokat, melyeket a liberalizáció gyakorolt a cégek K+F, marketing, tervezési és kockázatkezelési funkciókra, szervezeti felépítésére.

4.5. Politikai dimenzió

A villamosenergia-rezsim politikai dimenziójának vizsgálati igényét több tényező is indokolja. A villamosenergia-rendszer egyrészt alapvető szolgáltatást nyújt mind a társadalom, mind a gazdaság szereplői számára. Amint a villamosenergia-ellátás ágazattá nőtte ki magát, a villamosenergia-szolgáltatók feladata lett az olcsó, megbízható és biztonságos szolgáltatás garantálása minden végfogyasztói szegmens számára. Másrészt, a villamosenergia-rendszer a fejlett országokban állóeszköz értékét tekintve a nemzeti vagyoni jelentős részét képviseli, egy olyan óriási befektetett tőkeállománnyal bíró szektor, melynek nemzeti jövedelemhez való hozzájárulása meghatározó fontosságú. A rendszer termelő és szolgáltató vállalatai így a legerősebb befolyással bíró vállalatok közé tartoznak. Ezen vállalatok gazdasági hatalma gyakorta politikai hatalommá válik, hiszen a villamosenergia-ellátás meghatározó pozícióval bír az energiapolitikai döntések, irányok alakításában, képes politikai környezetének befolyásolására, alakítására. Harmadszor, a villamosenergia-rendszer a különböző energetikai technológiák fejlesztésének és alkalmazásának is színtere, melyek társadalmi támogatottsága vagy elutasítása (gondoljunk csak az atomenergia hasznosítására) befolyásolhatja az energiapolitikai célkitűzéseket is (Midttun, 1997, 307. o.). Mindebből arra következtethetünk, hogy a rendszer szabályozása nem egyszerű optimalizálási feladat, a különböző szimbolikus jelentések, ideológiák, óriási anyagi érdekeltségek miatt a villamosenergia-rendszer nemcsak a politikai célkitűzések területe, eszköze lehet, hanem maga is jelentős politikai befolyással bír. Ez pedig azt jelenti, hogy a rezsim vizsgálatokor kiemelt szerepet kell szentelni a politikai, politológiai kérdéseknek. Ebben a fejezetben arra teszek kísérletet, hogy a korábbi fejezetek egyfajta összegzéseként bemutassam, hogyan hatnak a rezsim ideológiai alapjai a szereplők informális kapcsolatrendszerére, döntéshozatali folyamataira, valamint az előnyök és hátrányok megoszlására, és milyen változást eredményezhetnek az elosztott egységek ezen területek vonatkozásában.

4.5.1. Ideológiai alapok és informális intézmények a központosított villamosenergia-rezsimben

A központosított villamosenergia-rendszer megjelenésének, és uralkodóvá válásának egyik fő vezérelvét a rendszer belső jellemzőjének, természetesen velejárójának tekintett növekvő méretgazdaságosság adta. A „teherelosztás”¹⁶¹, végeredményben a méretgazdaságosság jelenségének felismerése Insull¹⁶² nevéhez köthető, aki egyike volt a központosított villamosenergia-termelés természetes monopóliumként történő kezeléséért lobbizó vállalatvezetőknek az USA-ban. A II. világháborút követően a központosított villamosenergia-rendszer kiépítése és terjesztése mellett világszerte olyan érvek szóltak, mint a háború utáni újjáépítés, a várhatóan magas hozamokkal járó beruházások ösztönzése; az elektromos háztartási, ipari, kereskedelmi berendezések fejlesztési hullámai, és a fogyasztói társadalom megjelenése mind az Amerikai Egyesült Államokban, mind Nyugat-Európában. A villamosenergia-rendszer szereplőinek – a vállalatok, szervezetek, az állam - gondolkodásmódját egy kvázi „civilizációs küldetés” uralta, miszerint a villamosítás a

¹⁶¹ Változó és fix költségek megosztásából vezetete le, hogy minél többet üzemel egy erőmű, annál nagyobb a profit, és alacsonyabb a vevők átlagköltsége.

¹⁶² „Minden lakás, minden közlekedési vonal egy közös forrásból fogja vételezni az áramot, egyetlen egyszerű indok miatt: ez a termelés és elosztás legolcsóbb módja” (Id: Munson, 2005, 46. o.).

társadalom érdekeit, a társadalom jólétének fokozását szolgálja¹⁶³. Bár a nagyteljesítményű erőművek és az AC hálózatok megjelenése lehetővé tette a villamosenergia-ellátás hatósugarának kibővítését, a rendszer magas tőke- és erőforrásigényének fedezése, valamint a nagykereskedelmi és kiskereskedelmi áringadozások kockázatának kezelése a vertikálisan integrált vállalatok és az állami szerepvállalás felértékelődéséhez vezetett. A világ különböző tájain tevékenykedő kormányok óvták a villamosenergia-szektorát a versenytől, óriási támogatásokkal, esetenként többletkapacitások építésével, és az innovációs tevékenységek a nagyteljesítményű technológiák – például atomenergia – fejlesztésére fókuszáltak. Mindez olyan feltétel és értékrendszert teremtett, mely a technológiai és a gazdasági hatékonyság fokozásának alapját adta meg. A termelési, átviteli és elosztási technológiák, a rendszer szervezeti és intézményi jellemzői ennek alárendelve kerültek kialakításra. A gazdasági növekedésnek a villamosenergia-fogyasztás növekedésével történő összekapcsolása, és a rendszer társadalmi beágyazódása legitimizálta a villamosenergia-termelés és ellátás földrajzi kiterjedtségének növelését, kedvező fényben tüntette fel a villamosenergia-használat emelkedését. Így, sem az uralkodó rendszer fejlesztésébe, sem a szóba jöhető alternatív ellátási módokkal szembeni előnyükbe vetett hit nem kérdőjeleződött meg. Míg a villamosenergia-ellátás ezen hagyományos modelljében az ágazat működése és fejlődése a központi "tervezés és irányítás" elvére épült, illetve a „nemzetgazdasági tervekben meghatározott” méretgazdaságosságnak volt alárendelve, a liberalizáció, dereguláció, reguláció, privatizáció, a tevékenységszétválasztás, valamint a „harmadik fél szabad hozzáférése” fogalmával jellemezhető piacliberalizációs tendencia számos változást eredményezett az EU-s tagállamok villamosenergia-szektoraiban. A reformok hátterében egy új alapelv megjelenése figyelhető meg, mely szerint a versenypiaci orientáció, és a tevékenységek szétválasztása révén az ágazat hatékonyabb működése érhető el.

Ahogy az a 4.2.2., 4.3.1. és 4.4.1. fejezetekben is bemutattam, mindezen liberalizációs tendenciák, és energiapolitikai célkitűzések eredményeképpen teret nyert a nemzetközi orientáció, versenypiaci szabályozás, és a profit –vezérelt vállalati magtartás. Emellett, a villamos energia piac liberalizációja az ágazatban évtizedek alatt megszilárdult szokások és normák kereteit is fellazítja, ám ennek gyakorlati hatásai egyelőre, sok területen még nem kimutathatók. Míg például a vevők számára ezidáig teljesen természetes volt, hogy passzív szereplőként vannak jelen a villamos energia piacon, a teljes piacnyitás értelmében ma már szabadon választhatják meg szolgáltatóikat. Ugyanakkor, az EU-s statisztikákból (pl. EC, 2009/b) az is kitűnik, hogy ezidáig szinte valamennyi tagállamban elenyészőnek mondható a szolgáltatót váltó lakosság részaránya. A szokások és normák ún. intézményi bezáródása az energiafogyasztás terén is tetten érhető. *Annak ellenére, például, hogy az energiahatékonyság fokozása és az energiahasználat csökkentése az emberek számára legalább gazdasági értelemben pozitív hatásokkal járhat, az emberek életmódja, energiafogyasztással kapcsolatosan kialakult (sok esetben nem tudatosuló) rutinjai, szokásai, illetve azok kulturális és technológiai fejlődés általi befolyásoltsága (pl. újabb és újabb háztartási eszközök, szórakoztató elektronikai berendezések piaci elérhetősége és*

¹⁶³ Jó példa lehet erre a Lenin által indított, az ország villamosítására vonatkozó GOELRO-terve is, melynek jelmondatává vált, hogy „Szocializmus egyenlő szovjethatalom plusz az egész ország villamosítása” adta (Harris, 2006, 105 .o.).

társadalmi elterjedtsége) gátat szab ezen előnyök kiaknázásának (Maréchal – Lazaric, 2008). Jó példa erre, hogy az EC (2006/b) felmérése szerint az uniós állampolgárok 27%-a nem kíván változtatni energiafogyasztási szokásain, sőt 12%-uk akkor sem hajlandó ezt megtenni, ha az számukra magasabb kiadásokkal jár a jövőben. Ráadásul, az emberek egy része továbbra is az államtól, politikától várja, az energiahatékonysággal kapcsolatos problémák megoldását¹⁶⁴. Az energiahatékonyság villamosenergia-szolgáltatók általi ösztönzését támogató politika pedig ellentétes ezen cégek profitmaximalizálási célkitűzéseivel, így hathatós eredmények nem várhatók tőlük¹⁶⁵. Mind a lakossági szolgáltatóváltás, mind az energiahatékonyság tekintetében ki kell emelni az információhiány, illetve az információszerzéssel kapcsolatos bizonytalanság meghatározó szerepét. A korábbi kiszolgáltatott, ám kényelmes pozícióhoz szokott embereknek fel kell ismerniük, hogy más szolgáltatásokhoz hasonlóan, a villamosenergia-ellátás tekintetében is aktív szerepet kell vállalniuk a saját igényeiknek, körülményeiknek leginkább megfelelő szolgáltatás választásában, az azzal kapcsolatos információk megszerzésében.

A piaci verseny megjelenése a korábban monopolhelyzetet élvező szolgáltatók magatartását, vevői kapcsolatrendszerét, menedzsment szemléletét, és üzletvitelét uraló normák, szokások és hitek újraértelmezését is kiváltotta, ám, ahogyan azt a 4.4. fejezetekben is láthattuk, ezen vállalatok többsége mindent megtesz annak érdekében, hogy megőrizze régi hatalmát, s így átmenthesse korábbi viselkedési normáit, szokásait. Még a teljesen liberalizált villamosenergia-szektorokat is az állam és magánszektor között kiépült, erős formális és informális kapcsolati háló jellemzi. Ez a kapcsolati háló a villamosenergia-rezsim fejlődése során jött létre, melyben a liberalizációs és deregulációs folyamatok viszonylag csekély változásokat eredményeztek. Más szavakkal, az állam továbbra is őrzi szoros kapcsolatát a villamosenergia-ellátás rendszerével, mely több területen is tetten érhető. Egyrészt az állam a villamosenergia-ellátás végső biztosítója, joga van ellenőrizni az ellátást és a nemzeti, nemzetközi törvények és szabályozások, politikai célkitűzések betartását és megvalósítását, sőt, beavatkozási joga is van, amennyiben a szolgáltatás elégtelennek bizonyul. A szabályozások és törvények kialakítása és betartatása mellett, az állam adók és támogatások révén befolyásolhatja a piaci szereplők tevékenységét, technológiák életképességét. Másrészt, az állam köteles ellátni az irányítása alá tartozó alrendszerek menedzselését. Harmadrészt, az állam a legtöbb országban a korábbi vertikálisan integrált vállalatok privatizációját követően is megtartotta tulajdonosi részarányának bizonyos mértékét, azaz továbbra is beavatkozhat, közvetlen módon, ezen vállalatok irányításába, technológiai választásaiba. Mindez egyúttal azt is jelenti, hogy az állam megőrizte domináns szerepét a villamosenergia-rezsim fejlődési pályájának, technológiai választásainak tekintetében.

A villamosenergia-ágazat fejlődésének kezdeti fázisában a szolgáltatók fejlesztési és berendezés-gyártási tevékenységeket is végeztek, a berendezésgyártó ágazat viszonylag hamar kivonult a villamosenergia-szolgáltatás köteléke alól, de soha nem távolodott el tőle

¹⁶⁴ Az EC (2006/b) kutatás válaszadóinak 32, illetve 21%-a szerint az elektromos berendezések energiahatékonysági előírásainak emelése, illetve a meglévő előírások szigorúbb betartatása révén segítheti az állam az emberek energiafogyasztásának csökkentését.

¹⁶⁵ Ezen probléma áthidalására, a termelők, szolgáltatók, kereskedők energiahatékonysági intézkedéseinek ösztönzésére vezették be például Olaszországban, vagy Franciaországban a forgalmazható fehér bizonyítványok rendszerét.

igazán. A berendezésgyártó vállalatok a háztartási eszközök technológiai fejlesztési pályáit a szolgáltatók érdekei alapján alakították. A szolgáltatók pedig a villamosenergia-termelés területén alkalmazott berendezéseket ezen gyártó vállalatoktól szerezik be, és továbbra is „rájuk hagyják” a villamosenergia-ágazat technológiai fejlődésének irányítását. Ahogyan azt a Wattenfall is megfogalmazta 2009-es beszámolójában: „A vállalat értékesítési árbevételének 0,9%-át fordítja K+F tevékenységre,....., mely megfelelő aránynak tekinthető, ha figyelembe vesszük, hogy cégünk technológia-alkalmazó, és nem termékfejlesztő vállalkozás”. A központosított villamosenergia-ágazat, valamint az új technológiai fejlesztések irányvonalát, az oktatási és képzési programok szerkezetét sokáig a szolgáltatók, mérnökök, és szakemberek által vallott azon nézetek határozták meg, melyek szerint a központosított, és nagyteljesítményű villamosenergia-termelés az elsődleges, hiszen sokkal megbízhatóbb, gazdaságosabb, és hatékonyabb megoldásnak tekinthető, mint a kisteljesítményű, elosztott villamosenergia-termelés; és a megújuló energiahordozók szakaszos termelési természetüknek köszönhetően nem illeszkednek ebbe a rendszerbe. Bár ezek az elgondolások bizonyos mértékig még mindig jelen vannak, ma már kevésbé dominálnak, hiszen a különböző kutatások világossá tették, hogy a szakértők többsége egyszerűen nem tudja megmondani, hogy milyen mennyiségű megújuló bázisú termelési egységet lehet a rendszerbe kapcsolni. Ez pedig egyúttal azt is jelenthetné, hogy a termelési tevékenységek terén is megváltozhat az egyes technológia típusok korábbi megítélése. Nem szabad megfeledkezni azonban arról, hogy a villamos energia berendezésgyártó szektor konszolidált, oligopol piaca is óriási transznacionális vállalatok kezében összpontosul. Ezen vállalatok alapvető képessége a viszonylag standardizált, fosszilis energiahordozókra épülő energiaprojektek és technológiák kínálatában rejlik. Nem meglepő tehát, hogy a villamosenergia-szektor „technológiai fejlesztési ügynökei” (Unruh – Carrillo-Hermosilla, 2004) az alternatív technológiai megoldások ösztönzése helyett továbbra is meglévő, profitábilis technológiáik piaci terjedését részesítik előnyben, hiszen ezen vállalatok többsége nem kívánja, nem tudja azon technológiai variációk diffúzióját támogatni, melyek meglévő termékeik elavulásához vezetnek.

A fenntartható fejlődés, valamint a villamosenergia-termelés és ellátás jelenlegi rendszerével összefüggésbe hozható káros környezeti hatások kérdéskörének előtérbe kerülése az ökológiai alapelveket követő társadalom, valamint a felelősen cselekvő közösségek paradigmáját is életre hívta (Tonn, 2000; Kiss, 2010/b). Ezen elgondolások a technológiai, gazdasági és környezeti hatékonyság fokozási igényén túllépve a társadalmi elfogadottság és társadalmi részvétel szerepét hirdetik. Ennek értelmében az új technológiák bevezetése, ösztönzése, használata, illetve azok állami és politikai támogatása a technológiákhoz köthető előnyöknek és hasznoknak, a társadalom különböző csoportjainak bevonásával történő, széleskörű megvitatását, a céljainak és igényeinek leginkább eleget tevő technológiák kiválasztását, azaz a politikai döntéshozatal demokratizálását igényli. Ezen elgondolások háttérében a feltételezés áll, miszerint a fenntarthatósággal vagy a klímaváltozással kapcsolatos problémák nem oldhatók a különböző politikai szervezetek, azaz nemzeti és helyi önkormányzatok együttműködése nélkül. Bár a helyi igények, törekvések, célkitűzések kifejezésének, képviselésének szervezetei, mozgalmi gombamód szaporodnak, formális döntéshozatali részvételre ezen szervezetek sem számíthatnak. Igényeik és szándékaik

érvényesítésére csupán az elosztott termelési technológiák alkalmazása, az önellátás megteremtése révén van mód.

Ahogy arról az előző fejezet, illetve az OECD-IEA (2009), és Schwaegerl et al (2009) 4.3.2. fejezetben bemutatott tanulmányai is tanúskodnak, az elosztott villamosenergia-termelési egységek, illetve azok minienergetikai hálózatokban történő alkalmazása lehetővé teszi az egyes közösségek számára, hogy önellátó módon, érdekeiknek, helyi feltételeiknek megfelelő technológiákat válasszanak, rendszert építsenek ki. Bár a DEFRA (2008) kutatása alapján a brit lakosságot 7 szegmensre tagolta, és a megkérdezettek csupán 18%-át tudta az elosztott termelési egységek támogatói közé sorolni, az elosztott egységek alkalmazása két dolgot is előre vetít: egyrészt a villamosenergia-termelési és értékesítési tevékenység, valamint a valós idejű árazás, fejlett IKT-k alkalmazása révén a fogyasztók, fogyasztói csoportok (energiafogyasztással, aktivitásával kapcsolatos) szokásai, normái megváltozhatnak, másrészt a döntéshozatal és a villamosenergia-ellátással kapcsolatos előnyök és hátrányok megoszlásának korábbi rendszerei is átrendeződhetnek.

4.5.2. A döntéshozatal és az előnyök, hátrányok megoszlása a központosított villamosenergia-rendszerben

Ahogy arra a korábbi fejezetek rávilágítottak, monopol piaci körülmények között, a termelési egységek és hálózatok tulajdonos-üzemeltetői az állam, illetve az állam által kijelölt hatóságok közvetlen, vagy közeli irányítása alatt döntöttek arról, hogyan üzemeltessék, fejlesszék a teljes, integrált rendszert. A központi tervezők előrejelzéseket készítettek a kereslet várható alakulásáról, és azok kielégítése érdekében, általában összehasonlító beruházás-gazdaságossági vizsgálatok alapján kiválasztott termelő, szállító- és elosztó egységek hozzáadásával bővítették a rendszert, míg a bővítés kockázatainak, veszteségeinek terhét a fogyasztók viselték. A villamosenergia-ellátást emellett olyan közszolgáltatásnak tekintették, mely a nemzetfejlesztési tervek és az iparpolitika alapvető eleme. Néhány környezeti katasztrófától eltekintve, a villamosenergia-rendszer fenntarthatóságának kérdése, természeti környezetre gyakorolt hatásai nem szerepeltek a villamosenergia-ágazattal kapcsolatos vállalati, politikai stratégiaalkotás fő aspektusai között.

A piacliberalizációt követően mind a döntéshozók, mind a döntéshozatali kritériumok tekintetében változások történtek. A rendszerfejlesztéssel kapcsolatos döntéshozatal mára inkább az eszközök sokaságát birtokló, több országban jelen lévő, többé-kevésbé magánvállalatok kezében összpontosul. A közszolgáltatás biztosításának célját pedig a vállalati profitérdek, a tulajdonosok és részvényesek számára biztosított hozam maximalizálására irányuló törekvés, valamint ezen célok érvényesülését támogató kritériumok váltják fel (ld. bővebben 4.4. fejezet). Ugyanakkor, bár a piacliberalizáció az állami szerepvállalás mértékének visszavonását is megcélozta, az állam az ágazatra közvetlen, illetve közvetett módon vonatkozó energiapolitikai célkitűzések, szabályok és előírások, támogatási politikák, K+F programok és ösztönzők révén, bár már inkább kartávolságról ugyan, de továbbra is nagy befolyással van a rendszer, mint stratégiai ágazat

működésére, fejlesztési döntéseire. A politikai (bizonyos esetekben a vállalati) döntéshozatal jellemzői azonban sok tekintetben változatlanok maradtak.

4.14. táblázat: Uralkodó rendszer döntéshozatali jellemzői

Szemponatok	Jelenlegi módszer
Szemléletmód	Egységes vízió hiánya, a villamosenergia-rendszer alrendszerének önálló vizsgálata, ezek aggregálása
Politikai és gazdasági megközelítés	Statikus elemzések, általában költség-haszon alapú vizsgálat
Versenyképesség vizsgálata	Hangsúly a költségelőnyt támogató tényezőkön (méretgazdaságosság, hatékonyság, tanulási görbe)
Innovációk támogatása	K+F, demonstrációs programok, piaci ösztönzők (összhang hiánya)
Környezeti hajtóerők	Néhány környezeti hatás előtérbe helyezése (pl. CO ₂)
Externáliák	Ismertek, de kevés erőfeszítés ezek internalizálására
Stakeholderek bevonása	Stakeholderek részvétele a döntéshozatal szakaszaiban információ-biztosításra korlátozódik

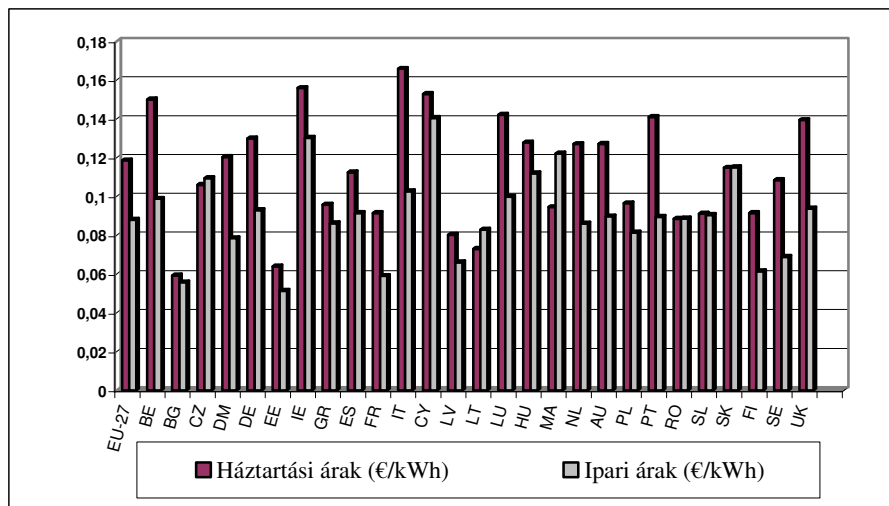
Forrás: saját szerkesztés

Ahogy a 4.14. táblázat is mutatja, az 1973-as olajválságot követően megjelent „energiapolitika” nemileg ellentmondásos fogalma¹⁶⁶ az energiahordozókra és a villamos energiára vonatkozó politikák egyfajta egyesítéseként került a nemzeti, és végeredményben az EU-s szintű politikák sorába. Ez pedig hozzájárult ahhoz is, hogy a villamosenergia-rendszer ellátásbiztonságának, fenntarthatóságának és versenyképességének, illetve az ezekkel összefüggésbe hozható problémák kezelésének tekintetében is hiányzik a rendszer egészére vonatkozó egységes vízió. Vegyük csak az ellátásbiztonság példáját, mely valamennyi tagállam energiapolitikai célkitűzésének központi elemét képezi. Az ellátásbiztonságot alapvetően az egyes fosszilis energiahordozóktól való importfüggőség alapján vizsgálják és értékelik, figyelmen kívül hagyják, hogy a villamosenergia-ellátás tulajdonképpen egy „folyamat”, melynek szakaszaiban bárhol felmerülhetnek a szolgáltatás elérhetőségét zavaró, gátló jelenségek (pl. hálózati problémák) is. Bár az általános definíció szerint a fogyasztói oldalon csatlakoztatott berendezések szigorú értelemben véve nem részei a villamosenergia-rendszernek, az energiapolitika döntéseknek ezen területek kapcsolódásait is integrálni kellene. Mindezen szemléletmód a K+F programok, támogatási politikák, piaci ösztönzők, szabályozások összhanghiányában is megmutatkozik. A politika és vállalatok szintjén is megfigyelhető továbbá a változások várható hatásait mellőző, és általában a költségcsökkentési tényezők szerepét előtérbe állító ún. költség-hozam alapú elemzések alkalmazása. Bár a környezetvédelmi szempontok, és a fenntartható fejlődés előtérbe kerülése új hatások és aspektusok értékelésének igényét is életre hívta, a politikai és vállalati döntéseknél figyelembe vett szempontok csak bizonyos területekre korlátozódnak (pl. a CO₂-kibocsátás csökkentés kiemelt szerepére, mint a környezeti fenntarthatóság záloga), és az externáliák internalizálása továbbra is várat magára. A központosított villamosenergia-rendszer által követett ideológia - miszerint a rendszer a társadalom jólétét hivatott biztosítani - ellenére, a rendszerben keletkező hasznok java része a szolgáltatóknál (és a fő tulajdonosi kört alkotó pénzügyi szervezetek) jelentkezik, míg például a természeti környezetre gyakorolt káros hatások mindenkit érintenek. Sajnálatos módon azonban az

¹⁶⁶ Azt sugallja ugyanis, hogy a különböző elsődleges energiaforrások és a villamos energia, mint másodlagos energiahordozó egymás helyettesítői lehetnek.

emberek, helyi közösségek továbbra sem tekinthetők a központosított villamosenergia-termelési technológiák kiépítésével, fejlesztésével kapcsolatos döntéshozatal aktív résztvevőinek.

4.21. ábra: A fogyasztói árak alakulása Európában (2008)



Forrás: <http://www.eurostat.com> adatbázis alapján saját szerkesztés

Az általában nagy hatalommal, sok esetben politikai befolyással rendelkező vállalatok ugyanis olyan mértékű tőke felhalmozására képesek, mellyel a fogyasztói csoportok bevonásától, jóváhagyásától függetlenül is képesek üzleti és fejlesztési terveiket megvalósítani. Ráadásul, az ipari és nagyfogyasztók, esetenként a gazdasági hatalmi csoportosulások - kedvezőbb helyzetben vannak a kisfogyasztókkal szemben, hiszen a tagállamok többségében a nagyfogyasztói csoportba tartozók által fizetett díjak jóval alacsonyabbak. Ezt a megállapítást hivatott igazolni a 4.21. ábra is.

4.5.3. Az elosztott egységek döntéshozatali és előny-hátrány megoszlási hatásai

Bár a fenntartható fejlődés, a nemzetgazdaság, és az egyes ágazatok környezeti terhelésének csökkentését szolgáló célkitűzések, eszközök bevezetése és ezek ellenőrzése a nemzeti kormányok hatáskörébe tartozik, ahogyan már említettem számos elméleti és gyakorlati tanulmány foglalkozik a nemzeti ökológiai hálózatok, közösségek, városok szerepvállalásának vizsgálatával (pl. Tonn, 2000, Ostrom, 2008; OECD-IEA, 2009, Carley, 2009; Kiss, 2010/b). Ezen kutatások azt hangsúlyozzák, hogy a közvetlen közösségi felügyelet és szabályozás sokszor jobban figyel a környezeti erőforrásokra, mint akár a piac, vagy az állam, és a helyi önkormányzatok, közösségek saját célkitűzéseiknek megfelelően, akár a nemzeti szintű politikai eszközöktől eltérő módszereket alkalmazva, közvetett és közvetlen módon is képesek befolyásolni például energiahasználatukat. Ahogyan azt az OECD-IEA (2009), valamint Kiss (2010/a) gyakorlatlaltal foglalkozó kutatásai mutatják, egyre inkább növekszik azon közösségek száma, akik ökológiai lábnyomuk csökkentése érdekében

különböző programok¹⁶⁷ bevezetésére vállalkoznak. A szerzők vizsgálatai alapján ezen közösségek¹⁶⁸ erőteljes szándékot mutatnak a helyi energiahordozókra épülő, helyi igényeket figyelembe vevő, és a termelt energiával kapcsolatos hasznok lakosságon belüli egyenlő eloszlását biztosító új energiamodellek kiépítésének irányába, melynek egyik alapfeltételét a fogyasztáshoz közel elhelyezkedő kisteljesítményű villamosenergia-termelési, illetve kapcsolt termelési technológiák alkalmazása jelenti.

A szakirodalomban fellelhető, az elosztott energiaforrások által biztosított előnyöket Rawson (2004) alapján a 4.15. táblázat szerint foglalhatjuk össze.

4.15. táblázat: Az elosztott energiahordozók által elérhető előnyök

Típus	Leírás	Érintett csoportok	Gazdasági hatás mértéke
Célkitűzések elérése	A célkitűzésekben szereplő megújuló energiahordozók részarányának elérése	Szolgáltatók, közösségek, fogyasztók	Közepes
Piaci erő csökkenése	Több piaci szereplő megjelenése, verseny erősödése	Fogyasztó, közösség	Közepes, Kicsi
Külső emissziók	A „tiszta” technológiák alkalmazása révén elérhető emisszió-csökkenés értéke	Szolgáltató, fogyasztó, közösség	Közepes
Hálózati kockázatok csökkentése	Központi hálózattól való függés, és az azzal kapcsolatos kockázatok csökkenése	Szolgáltató, fogyasztó, közösség	Nagy-kicsi
Kedvezőbb társadalmi hozzáállás	Az elosztott termelési technológiák telepítését kedvezőbben fogadó fogyasztói/közösségi hozzáállás értéke	Szolgáltatók, közösségek, fogyasztók	Kicsi
Hálózati feszültség támogatása	Feszültség biztosítása a hálózatra, mellyel csökkennek a veszteségek, javul az energiaminőség	Szolgáltató, fogyasztó, közösség	Kicsi
Területhasználat	Termelő egységek, szállító- elosztó hálózatok által elfoglalt területek csökkenése	Közösségek, fogyasztók	Kicsi
Ár-rugalmasság növekedése	Villamos energia keresletrugalmasságának növelése, mely alacsonyabb árakhoz vezethet	Fogyasztó, közösség	Közepes-kicsi
Szállító- és elosztó hálózatok	A hálózatok elkerült kiépítési költsége	Szolgáltató	Nagy-közepes
Rendszervesztések csökkenése	A rendszer vesztesége csökkentése révén megtakarított energia	Szolgáltató, közösség	Közepes-kicsi
CHP / hatékonyság növelése	Hulladékhő általi költségmegtakarítás, hatékonyságjavulás	Szolgáltató, fogyasztó, közösség	Nagy
Fogyasztói irányítás, ellenőrzés	Ellenőrzése decentralizálása, központi ellenőrzéstől való függetlenség értéke	Fogyasztó, közösség	Kicsi
Villamos energia ár csökkenése	A fogyasztók képessége az energiaárak hosszú távú rögzítésére	Fogyasztó, közösség	Nagy-közepes
Energia-megtakarítás	Energiatermelés költségeinek csökkenése	Szolgáltató, fogyasztó, közösség	Közepes-kicsi
Megbízhatóság, energiaminőség	Áramszünetek előfordulásának minimalizálása, energiaminőség garantálása	Szolgáltatók, fogyasztók	Közepes
Kiegészítő szolgáltatás	Kiegészítő szolgáltatás biztosítása	Szolgáltatók, fogyasztók	Nagy-közepes

Forrás: Rawson (2004) alapján

Ahogy az a táblázatból is kiolvasható, az elosztott termelési egységek alkalmazásának előnyei a felhasználóknál, szolgáltatóknál, és a közösségeknél egyaránt jelentkeznek. A

¹⁶⁷ Ezek között említi az OECD-IEA (2009) például az energiahatékonyság, a megújuló részarányának növelésére, vagy a CO₂-kibocsátás csökkentésére vonatkozó önkéntes célkitűzéseket; helyi szabályozásokat (épületek, kódok, adók); tőke és működési támogatásokat; információ-biztosítást; képzés; önkormányzati szintű megrendeléseket.

¹⁶⁸ A 4.3.2. fejezetben bemutatottakon túl az OECD-IEA (2009) és Kiss (2010/b) további európai példákkal, - mint a német Freiburg im Breisgau, a svéd Växjö, a londoni Merton városrész, a brit Woking, vagy a barcelonai La Granja lakótelep, a torinói Környezeti Park és Technológiai Park felújításának esete - is szolgálnak a közösségi tulajdonban lévő energierendszerekre.

szolgáltatók számára az elosztott energiahordozókra épülő villamosenergia-rendszer előnye, hogy általa minimalizálható a villamosenergia-ellátás vesztesége, javítható az energia minőség, az ellátásbiztonság, lehetőség van hőenergia termelésre (CHP-k alkalmazása révén), és csökkenthetők a környezetre káros emissziók (ez utóbbi a környezeti költségek internalizálása esetén kap jelentőséget). A szolgáltatók számára az elosztott energiaforrások alkalmazásának talán legvonzóbb tulajdonsága, hogy a szállító- és elosztó hálózatok kiterjesztési, fejlesztési igényei, költségei minimalizálhatók, illetve felszámolhatók. Számos matematikai modell született (pl. Fenstein - Lesser, 1997; Fenstein et al 1997; Hoff, 1997), melyek a centralizált és elosztott rendszerek gazdasági, energetikai összevetésével nyújtanak segítséget a szolgáltatóknak abban, hogy megtalálják az általuk megvalósítani kívánt rendszert. Az elosztott energiaforrásokra épülő rendszer a technológia és beruházás moduláris jellege, illetve a megvalósítás gyorsabb átfutási ideje révén a kereslet növekedése könnyebben követhető. Ahogyan az a táblázatból is kiolvasható, az elosztott források alkalmazásának fogyasztóknál jelentkező előnyei, a vonatkozó szakirodalom szerint, hogy a villamosenergia-termelés költségei alacsonyabbak a centralizált rendszerrel szemben; a természeti környezetre gyakorolt hatás kedvezőbbnek tekinthető (alacsonyabb szennyezés, hulladékhasznosítás lehetősége); lokális energiahordozók hasznosítására (helyi energiahordozók alkalmazása, helyi gazdaságra gyakorolt pozitív hatások) épül, megbízható és biztonságos energiakínálatot (hibák, leállások lehetőségének minimalizálása) garantál. Fontos megjegyezni, hogy az elosztott energiaforrások rendszerében lehetőség van a különböző technológiák hálózati csatlakozású, önálló, illetve elszigetelt hálózati működtetésére is. Az elosztott termelési technológiák tulajdonosa költségmegtakarításokat (pl. elkerült energiaköltség, emissziós kereskedelem) érhetnek el, sőt, az általuk termelt energia értékesítésével, a megújuló energiahordozókra épülő rendszerek támogatásai révén bevételre tehetnek szert.

Természetesen nem lenne teljes a kép az elosztott energiaforrások alkalmazásával kapcsolatos hátrányok, költségek elemzése, bemutatása nélkül. Az elosztott rendszerek hátrányait alapvetően két csoportba sorolhatjuk. Egyrészt problémák jelentkezhetnek az alkalmazott technológiával kapcsolatban. Az elosztott energiatermelési technológiák többsége kipróbálatlan technológiáknak tekinthetők, ezért a fogyasztók, szolgáltatók számára is kockázatot jelentenek. Bár rugalmasabb, helyi erőforrásokat alkalmazó technológiákról van szó, tagoltságuk miatt gondoskodni kell az egységek kompatibilitásáról, konzisztenciájáról. Ráadásul, ha az adott helyen nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű vagy minőségű energiahordozó, akkor a szállítás kérdését is meg kell oldani. Gondot okozhat az esetleges hálózatra kapcsolás is. Amennyiben szigetelvé üzemelésről van szó, bonyolultabb berendezésekre, komplexebb megoldásokra van szükség. A hálózatra kapcsolt esetben garantálni kell az elosztó hálózat hatékony, biztonságos működését. Másrészt a biztonsági, és környezetre gyakorolt hatásokat is mérlegelni kell. Az elosztott technológiák működtetése szakértelmet igényel, a tulajdonlási és döntési jogok decentralizáltsága is okozhat nehézségeket. Környezeti szempontból, bár a centralizált rendszerhez képest, globális szinten jelentős előnyökkel járhatnak, a helyi környezetre gyakorolt esetleges negatív hatásaikkal (vizuális rombolás, zajhatás, viszonylag magas fajlagos területigény) is számolni kell. Mindezen tényezők pedig tovább növelhetik a rendszerek kiépítésének amúgy is magas

kivitelezési költségeit. Az elosztott termeléssel kapcsolatos költségek és jellemzők a 4.16. táblázatban kerültek összefoglalásra.

4.16. táblázat: Elosztott termelés hátrányai

Típus	Leírás	Gazdasági hatás mértéke
Szolgáltatói bevétel csökkenése	Szolgáltatói bevételek csökkenése a fogyasztói önellátás miatt	Nagy
Készenléti díj	Az önellátó fogyasztó által a szolgáltatóknak fizetett díj az éjszakai hálózati kapcsolat fenntartásáért	Közepes
Tisztább technológiák ösztönzése	Kevésbé szennyező technológiák támogatásához való hozzájárulás költsége az adófizetők, társadalom számára	Közepes
Zajhatás	Nagy zajhatású egységek közelsége	Alacsony
Belső emissziók	Belső emissziók fogyasztókra gyakorolt hatásainak kockázata	Alacsony
Rendszer megbízhatóságának, ellenőrzésének költségei	A hálózat fenntartásának, elosztott egységek csatlakoztatásának rendszerköltségei	Nagy-Alacsony
Környezeti engedélyeztetés	Nem „tiszta” termelési egységek környezeti engedélyeztetési költsége	Közepes
Külső szennyezés	Társadalom egészségügyi kockázatának költségei, légszennyezés költségei	Közepes
Berendezések	Alkalmazott technológia beruházási kiadásai	Magas
Hálózati kapcsolódás	Termelő egységek hálózati kapcsolatainak költségei	Nagy-Alacsony
Energiahordozó	Elosztott termelési egységek által használt energiahordozók költségei	Nagy Alacsony
Működtetés	Elosztott rendszer működtetési, karbantartási kiadásai	Nagy
Biztosítás	Elosztott rendszer biztosítási kiadásai	Alacsony
Oktatás	Oktatás, képzés költségei	Közepes

Forrás: Rawson (2004) alapján

Az elosztott termelési egységek előnyeinek elemzésével foglalkozó kutatások (pl. Rawson, 2004; Alanne – Saari, 2006; EREC, 2007; Carley, 2009) azt is kiemelik, hogy ezen technológiák alkalmazása a helyi gazdasági fejlődést is támogathatja. A társadalmi hatások vonatkozásában a vonatkozó szakirodalom kiemelt szerepet tulajdonít az elosztott technológiáknak köszönhető helyben maradó jövedelemnek; a technológiai beruházás által életre hívott új munkahelyeknek, infrastrukturális fejlődésnek; a beruházás gerjesztette új helyi befektetéseknek. Ugyanakkor, ahogyan arra Ulbert és Takács (2008) modellje is felhívja a figyelmet, ezek a hatások a projektek kivitelezési módjától, és így a helyi tranzakciók igénybe vételétől függenek. Amennyiben a belső tranzakciók révén a pénz visszakerül a helyi gazdaságba, a helyi közösség dönthet arról, mibe és hogyan kívánja visszaforgatni, újból befektetni azt.

A technológiai fejlődés és a piacliberalizáció az uralkodó villamosenergia-rezsim alapjait képező elgondolások, „törvényszerűségek” újragondolásának folyamatát indítják el. Az elosztott termelési technológiák lehetőséget teremtenek a függetlenség és önellátás számára, valamint az egyedi igényeknek és feltételeknek megfelelő rendszerek kiépítésére, miközben a döntéshozatal decentralizálását is támogatják.

4.6. Az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciálja - összegzés

Az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rendszer kapcsolatával foglalkozó empirikus kutatás során arra kerestem a választ, hogy képesek-e ezek a technológiák új logikát és alapelveket teremtve az uralkodó rezsimek egyes dimenzióiban változásokat előidézni, illetve az ezen dimenziókban megjelenő (megtartó vagy szakító) újításokkal összekapcsolódni. Az előző fejezetekben bemutatott dimenziális vizsgálat eredményeit a 4.17. táblázatban összegzem. Ahogyan az a táblázatból is jól látható, az elosztott termelési egységek által az uralkodó rezsimek egyes dimenzióiban kiváltott, valamint ezen dimenziókban az uralkodó rezsimek problémáinak megoldásaként, illetve a piacliberalizációnak köszönhetően már fellépő, és az elosztott technológiák által tovább erősített (erősíthető) technológiai, iparági, intézményi, szervezeti és politikai változások, változtatások sokaságát ismerhettük meg. Ugyanakkor, az elemzés felszínre hozta azokat a rezsimek dimenzióhoz köthető akadályokat is, melyek jelenleg a technológiák EU-s szintű diffúzióját nehezítik (ld. 4.22. ábra).

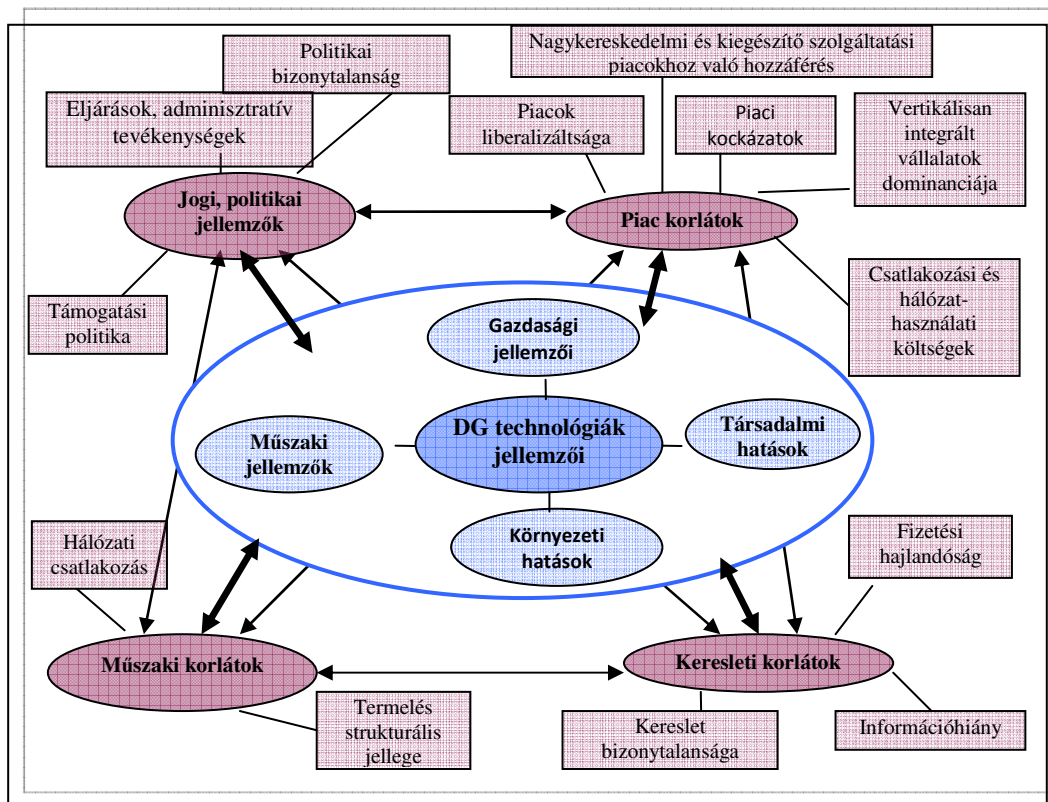
Az uralkodó rezsimek **materiális alapjait** tekintve többféle hatásról is beszélhetünk. Egyrészt, az elosztott termelési egységek és a központosított rendszer domináns technológiáinak tekinthető fosszilis és nukleáris erőművek homogén csoportokba sorolása, illetve relatív fenntarthatósági összemérése világossá tette számunkra, hogy az alapfunkció (villamosenergia-termelés) mellett, az elosztott egységek a hagyományos fosszilis és nukleáris erőművekhez viszonyítva képesek a környezeti problémák felszámolásának funkcióját is ellátni. Az elosztott termelési technológiák fő erősségének az alacsonyabb környezetterhelés, a pozitív társadalmi hatások (pl. munkahelyteremtés, infrastrukturális fejlődés, helyben maradó jövedelmek, társadalmi részvétel lehetősége), műszaki és gazdasági oldalról pedig rugalmasságuk, moduláris szerkezetük, energiahordozók árától való alacsonyabb függőségük tekinthető. Gyengeségeik közül kiemelendő a magas beruházási költség, a támogatásoktól való függőség, az alacsony termelési hatékonyság (CHP-k kivételével), a rendelkezésre állás és ütemezhetőség problematikája, valamint a magas tartaléktartási- és kiszabályozási igény, mely utóbbi tényezők a jelenlegi hálózati infrastruktúra változtatásának igényét leginkább szükségessé teszik. Másrészt, az elosztott egységek fontos jellemzője, hogy a fogyasztói pontoknál, illetve azokhoz közel, az elosztó hálózatokon kapcsolód(hat)nak a jelenlegi hálózatokhoz, de szigetelven, illetve önállóan is üzemelhetnek. A hálózati csatlakozás az új funkciók megjelenésének, illetve a meglévő feladatok új módon történő ellátásának lehetőségét teremti meg az elosztó hálózat és annak üzemeltetője számára. Támogatja továbbá az alternatív hálózati modellek (aktív hálózat, virtuális hálózat, minihálózat), modern infokommunikációs technológiák megjelenését, ösztönzi a velük kapcsolatos kutatásokat. Harmadrészt, fontos megemlíteni, hogy a villamosenergia-tárolás megoldatlan volta a villamosenergia-ellátással összefüggésbe hozható egyik legfontosabb műszaki problémának tekinthető, melynek feloldása megkönnyítheti az uralkodó rezsimek rendszerirányítási és rendszerszabályozási feladatait, javíthatja az ellátás-biztonsági és ellátás-minőségi jellemzőit.

4.17. táblázat: Az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciálja

Dimenzió	Központosított rezsिम jellemzői	Elosztott által előidézett változás, igény
Fizikai dimenzió	Termelési alrendszer	
	Nagyteljesítményű fosszilis és nukleáris erőművek dominanciája Nagyteljesítményű vízerőművek szerepe	Kisteljesítményű erőművek Különböző energiaforrások, helyi erőforrások támogatása Alacsonyabb fajlagos környezetterhelés
	Szállítási és elosztási alrendszer: magas erőforrás- és tőkeigény	
	Hagyományos szállító és elosztó hálózat Magas veszteségek, sérülékenység Passzív elosztó hálózat	Hálózatra kötve, szigetelven, önálló működés Létező infrastruktúra használatának lehetősége (magas költségek, aktív menedzsment megjelenése) Új hálózati modellek megjelenése, igénye, azok fejlesztésének támogatása Nettó mérés, IKT igény, fejlesztés támogatása Hálózati zavarok elkerülésének lehetősége
	Tárolási technológiák: magas költségek, technológiánként változó alapanyagigény, sok veszélyes anyag, környezetterhelés függ az energiahordozótól, a termelés és tárolás hatékonyságától	
	Számos feladat támogatása, fejlesztési igény	Számos feladat támogatása, szerep felértékelődése (különösen szigetelvé működés miatt)→tárolási technológiák fejlesztése, költségcsökkentés igénye
Jogi dimenzió	Monopol piac→ Piacliberalizáció (monopol vs. szabad) Megújuló és CHP ösztönzése, ETS rendszer	Új szabályozások, szemléletváltás: Hálózati szereplők tevékenysége, díjazása, K+F tevékenysége terén DG nagykereskedelmi és kiskereskedelmi piaci jelenléte, kiegészítő szolgáltatások lehetősége a meglévő rendszerben
Piaci dimenzió	Monopol piac, magas koncentráció→ Új piaci szereplők megjelenése, koncentráció mértéke továbbra is magas, Belső-külső szereplők	Új belépők számára új üzleti modell megjelenése Minihálózati modell esetén helyi piacok megjelenése Korábbi külsősnek tekintett szereplők internalizálása Koncentráció hígtása
Szervezeti dimenzió	Nagyvállalati dominancia változatlanága Vállalati stratégia szerepének felértékelődése, ársverseny megjelenése Kockázatkezelés, tervezés, marketing szerepének felértékelődése Tulajdonviszonyok változása, kereszttulajdonlás Szervezeti méret, formák változása	Diverzitás támogatása (szereplők, tulajdonviszony, méret tekintetében), Új belépők, piacon lévők számára új üzleti modell lehetősége, Megkülönböztető stratégia lehetősége, K+F szerepe, marketing jelentősége Új tervezési, kockázatkezelési módok, eszközök, DSI felértékelődése, Szervezeti felépítés módosítása
Politikai dimenzió	Közszolgáltatás közösségi érdek, nemzeti orientáció, politikai beavatkozás, kontroll, foglyul ejtett vevők ↓ Részben önmagukra hagyott szereplők, nemzetközi orientáció, döntéshozatal: állam és vállalatok, gazdasági profit –vezérelt, Szabad szolgáltatóváltás, önrendelkezés	Vevők termelői tevékenységet láthatnak el, önellátás, energiahatékonyság, profitszerzés lehetősége Szereplők együttműködésének lehetősége Egyedi igények és lehetőségek figyelembe vétele, demokratizálódás, függetlenség és önellátás/önirányítás lehetősége

Forrás: saját szerkesztés

4.22. ábra: Az elosztott termelési egységek diffúzióját befolyásoló rendszerjellemzők azonosítása



Forrás: Deutsch (2010, 83. o.)

Bár a vizsgált szakirodalom az elosztott egységek alkalmazásához köthető hálózati költségmegtakarítási és szennyezés-csökkentési potenciálról számolnak be, és a tárolási technológiák szennyezés-kibocsátását is elsősorban a termelésnél alkalmazott energiahordozó típusához és a technológia hatékonyságához kötik, az elérhető információk korlátozottsága, valamint a velük kapcsolatos kutatások jelenlegi stádiuma miatt, általános érvényű megállapítások megfogalmazására jelen pillanatban még nem vállalkozhatunk. Az elosztott termelési egységek EU-s piacokon történő **diffúziójának legfőbb műszaki korlátai** közé elsődlegesen a hálózati csatlakozás nehézségei, illetve az adott villamosenergia-ágazat termelési struktúrája sorolható.

Ugyanakkor az elosztott (különösen a szakaszos termelési profillal jellemezhető) termelési egységek alkalmazásának, szigetelvtű és önellátó rendszerként való üzemeltetésének igényei felértékelik a tárolási technológiák szerepét, sőt a tüzelőanyag-cellákhoz köthető hidrogén ágazat fejlődését ösztönözik. Mind a hálózati modellek, mind a tárolási technológiák elemzése során kísérletet tettem azok gazdasági és környezeti hatásainak feltárására is. Ahogyan azt az elemzés feltárta, az elmúlt években lezajlott piacliberalizáció az uralkodó rezsim intézményi, szerkezeti, szervezeti és politikai dimenzióiban is éreztette hatását. A szabályozási változások célja az állami szerepvállalás, illetve a monopol pozícióban lévő vertikálisan integrált vállalatok dominanciájával jellemezhető rendszer új alapokra történő helyezése. Az EU piacliberalizációs és energiapolitikai intézkedéseinek eredményeként a nemzeti közellátás biztosításának feladatáról a hangsúly a nemzetközi

orientációra, a szereplők egyedi gazdasági profit preferenciáira helyeződött át, a korábban szabályozott tarifákat a piaci árak váltják fel, új piaci szereplők, szereplői csoportok jelentek, jelenhetnek meg a rendszerben, és a korábban passzív vevők szabad szolgáltató-választási joggal rendelkeznek, hogy csak a legfontosabbakat említsük. Mindez a domináns részesedéssel bíró szolgáltatók vállalati és üzleti stratégiáinak, tervezési, kockázatkezelési, marketing, és K+F tevékenységeinek felértékelődéséhez, a tulajdonviszonyok átrendeződéséhez, sőt a kereszttulajdonlás megjelenéséhez vezetett. Ugyanakkor, a tagállami villamosenergia-piacok koncentrációja nem sokat változott, ami főként a domináns szereplők által folytatott növekedési stratégiának köszönhető. Fontos kérdés, hogy képesek-e, és ha igen, akkor milyen jellegű változásokat képesek támogatni az elosztott egységek ezen dimenziók mentén?

A **jogi dimenzió** vonatkozásában mindenképpen kiemelendő, hogy az elosztott termelési egységek az EU energiapolitikai célkitűzéseinek, formális intézményeinek újragondolását, valamint az új hálózati, fejlesztési, és támogatási szabályok, normák, standardok megjelenését ösztönzik, igénylik. A **szabályozási és politikai korlátok** közül mindenképpen kiemelendő, hogy az elosztott egységek vonatkozásában sem az egyes tagállamok, sem pedig a teljes Európai Unió szintjén nem beszélhetünk speciális szabályozásról. Sokkal inkább kijelenthető, hogy az elosztott termelési egységek szabályozási környezete meglehetősen bonyolult, többdimenziós struktúrát követ, melyben eltérő szerep jut az egymással kölcsönkapcsolatban álló, különböző szabályozási elemeknek. Az elosztott termelési egységek életképessége nagymértékben függ a támogatási politikától. Bár az EU-s tagállamokban alapvetően két, - az átvételi tarifákat és a forgalmazható bizonyítványokat alkalmazó, - rendszer terjedt el, mégis tagállamonként (sőt, sok esetben technológiánként is) más-más ösztönzési rendszer van gyakorlatban, melyek gyakori változása nem kedvez a megújuló és CHP technológiáknak. Gondot okoz továbbá az egyes technológiák kiépítését, hálózati csatlakozását befolyásoló adminisztratív eljárások bonyodalmas, időigényes rendszere, valamint a hálózathasználati és csatlakozási díjtételei is.

A **piaci dimenziót** tekintve megállapítható, hogy az elosztott termelési egységek alkalmazása révén a korábban külsős szereplők is részesévé válhatnak a termelési alrendszernek, hiszen a *vevők, helyi szövetségek* korábban ismeretlen tevékenység, *a villamosenergia-termelés (sőt értékesítés), folytatására* is vállalkozhatnak, miközben a minienergetikai hálózatok kialakulása a *helyi, közösségi szintű energiapiacok megjelenését* is előidézheti. Emellett, a termelési tevékenység révén lehetővé váló önellátás, illetve az áram továbbértékesítési lehetősége az energiahasználati szokások változását is előidézheti. Sőt, lehetőséget biztosítanak az *újonnan megjelenő* vállalatok számára a piaci belépési korlátot képviselő *uralkodó üzleti modell* kiváltására is. Az elemzés emellett azt is mutatja, hogy elosztott termelési egységek az uralkodó rezsím **szervezeti dimenzióját** sem hagyják érintetlenül. Egyrészt lehetővé teszik mind a már piacon lévő, mind az újonnan belépő vállalatok számára a megkülönböztető üzleti stratégia alkalmazását is, mégpedig egy olyan termék/szolgáltatás esetében, melyet homogenitásáról ismerünk. Amennyiben a domináns piaci részesedéssel bíró szolgáltatókat vesszük górcső

alá kijelenthető, hogy az elosztott termelési egységek új módszerek és eszközök alkalmazását igénylik, sőt maguk is eszközként szolgálhatnak mind a kockázatkezelés, mind az ún. zöld marketing, mind a tervezés (keresletoldali szabályozás felértékelődése) területén, ráadásul, az uralkodó vállalatok K+F együttműködését, szervezeti felépítésének módosulását is életre hívják. Másrészt, a szervezeti méret és a tulajdonviszonyok tekintetében is kijelenthető, hogy az elosztott egységek támogatják a piac diverzitását, új tulajdonviszonyok megjelenését is ösztönözhetik (PPP-k, közösségi energiarendszerek).

Az elosztott termelési technológiák terjedését befolyásoló **piaci és keresleti korlátok** közül kiemelendő a bizonytalanság piacnyitáshoz köszönhető emelkedése. A piaci kockázatok növekedése, a piaci verseny megjelenése miatt, bár a nagyteljesítményű technológiákat alkalmazó, villamosenergia-termeléssel, -szolgáltatással foglalkozó vállalatok számára, a villamos energia tárolásának megoldatlansága miatt, a megtermelt, ám nem értékesített villamos energia óriási veszteségekkel járhat, ami támogatja a moduláris termelési egységek alkalmazását, visszafogja a vállalatok K+F tevékenységét és hosszú távú beruházásait, ráadásul, a domináns vállalatok növekedési stratégiája révén létrejött óriásvállalatok igencsak megnehezítik azon újonnan belépők helyzetét, akiktől nagyobb valószínűséggel várható az elosztott egységek alkalmazása. Az elosztott termelési egységek terjedését gátolják továbbá a nagy- és kiskereskedelmi piacokon való megjelenés nehézségei (kapacitási feltétel, díjfizetési kötelezettség); a kiegészítő szolgáltatási piacokon való részvétel korlátozott lehetősége; és a finanszírozás nehézségei. Emellett, ahogyan arról az EC (2006) felmérése is tanúskodik fontos akadályt jelent az elméletileg lehetséges és a gyakorlatban megjelenő, a megújuló forrásokból származó áram iránti fizetési hajlandóság közötti különbségek, hiszen még a kedvezőbb gazdasági helyzetben lévő tagállamokban is viszonylag alacsony a megújuló energiahordozók terjedésének önkéntes gazdasági támogatási szándéka. Az elosztott termelési egységek fogyasztáshoz közeli elhelyezkedése miatt számolni kell továbbá a helyi lakosság ellenállásával (NIMBY jelenség) is. A technológiák alkalmazását pedig nehezíti a képzett munkaerő hiánya.

Az elosztott egységeknek az uralkodó rezsim **politikai dimenziójára** gyakorolt hatásai összességében azt mutatják, hogy az elosztott egységek mögöttes ideológiai és döntéshozatali alapját az *egyéni és közösségi igények figyelembevételének, valamint az önellátás és önirányítás funkciójának biztosítása* adja, ami tulajdonképpen szöges ellentétben áll az uralkodó rezsim politikai jellemzőivel.

A dimenzionális elemzés összességében véve kimutatta, hogy a fenntartható innovációknak tekinthető elosztott termelési egységek az uralkodó központosított villamosenergia-rezsim valamennyi dimenziójában képesek újításokat életre hívni, illetve ott megjelenő, folyamatban lévő változásokkal összekapcsolódni. Ugyanakkor, a rendszerváltozás természetével és eredményével (rés-akkumuláció: folyamatos terjedés révén, illetve hibridizáció: meglévő elemekkel összekapcsolódva), a potenciál kiaknázásával, illetve az így születő rendszer fenntarthatóságával kapcsolatos általános érvényű megállapításokba még nem bocsátkozhatunk.

5. Összefoglalás

Értekezésem kiinduló pontját az az elképzelés adta, miszerint a fenntartható villamosenergia-rendszer felé vezető út megtalálása, támogatása napjaink egyik legfontosabb stratégiai feladatai közé tartozik, melyben kiemelt szerep jut a rendszerinnovációk ösztönzésének. Ennek megfelelően kutatómunkám során két fő problémakörre összpontosítottam. Célom volt egyrészt a rendszerinnovációk elemzésének olyan elméleti megalapozása, mely alkalmas a technológiai rendszerek változásának analízisét kellő keretbe helyezni, másrészt az elosztott termelési egységek jellemzőinek feltárása, alkalmazásukban rejlő lehetőségek vizsgálata. Ezen kutatási célokból fakadó, elméleti és gyakorlati hipotéziseimmel kapcsolatosan a következő megállapítások tehetők.

A gazdasági, társadalmi és környezeti értelemben vett fenntarthatóság koncepciójának, eltérési útjainak elemzésével foglalkozó szakirodalom hangsúlyozza a fenntartható fejlődés fogalmának multidimenzionális természetét, és a különböző szintek és szereplők összefogásának szükségességét hirdeti. Ennek értelmében, az egyének, vállalatok, állami és magán szervezetek, technológiák és intézmények nemcsak a fenntarthatósági problematika kialakulásának, hanem feloldásának is részesei. Ma már szinte közhely, hogy a gazdasági, társadalmi és környezeti fenntarthatóság gyakorlatba ültetésének útjában olyan komplex, rosszul strukturált és permanens akadályok állnak, melyek radikális változásokat, változtatásokat igényelnek valamennyi szint és szereplő részéről. Más szavakkal, olyan intézményi, társadalmi, technológiai és szervezeti innovációk sokaságára van szükség, melyek összességében véve nem csupán a jelenlegi struktúra és kapcsolatrendszer együttes gazdasági, társadalmi és környezeti hatékonyságának fokozását, hanem annak új alapokra történő helyezését teszik lehetővé. Ahogyan azt a 2.2.4. fejezetben is kifejtettem, ezt a megközelítést képviseli az ún. rendszerinnovációs elmélet, melynek meghatározása szerint a fenntartható rendszerinnovációk különböző területeken megjelenő innovációk összességei, melyek úgy teszik lehetővé az új termékek, vagy szolgáltatások biztosítását, hogy új logikát, gyakorlatokat, alapelveket hívnak életre, mellyel gazdasági, környezeti és társadalmi hasznokat is biztosítanak.

A fenntartható fejlődés koncepciójának érvényesítését gátló komplex, rosszul strukturált és permanens problémák eltérő mértékben és tartalommal ugyan, de valamennyi technológiai rendszerben (pl. villamosenergia-termelés és -ellátás, közlekedés) jelen vannak. A technológiai rendszer fogalma alatt az adott technológiai alap (hardverek és szoftverek) köré szerveződött technológiai elemek, szervezetek, szereplők, azok hálózatainak, a köztük létrejövő interakcióknak, valamint a rendszer belső játékszabályait meghatározó intézményeknek az együttesét értem. Annak ellenére, hogy ezen rendszerek gazdasági, környezeti és társadalmi értelemben vett fenntartható pályára állítására technológiai (termék és folyamat) újítások sokasága jelenik meg, továbbra is fontos kérdés, hogy képesek-e ezen újítások a rendszer ökohatékonyságának fokozásán túl a rendszer nem technológiai jellemzőiben változását előidézni, illetve, hogy hogyan azonosítható ezen technológiai újítások rendszerinnovációs potenciálja.

A rendszerszemléletet követő evolúciós közgazdaságtan, hosszú hullámok, innovációs rendszerek, nagy technológiai rendszerek, társadalmi konstruktivizmus, techno-gazdasági hálózatok, valamint kvázi evolúciós elméletek vizsgálata során arra kerestem a választ, hogyan vélekednek az egyes irányzatok a technológiai rendszerek változásának folyamatáról, természetéről. Bár az egyes elméletek a technológia és a társadalom kapcsolatát tekintve heterogén csoportokba sorolhatók¹⁶⁹, és a technológiai rendszerek változásának eltérő szakaszait veszik részletesebb vizsgálat alá, a rendszerváltozást előidéző szakító innovációk kérdésével kapcsolatosan mindannyian hangot adnak véleményüknek. Ahogyan azt a 2.2. táblázat is szemlélteti, az egyes elméletek azonosítják a technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállást, mely ellenállás megnevezésére a technológiai paradigma, technológiai rezsím, techno-gazdasági paradigma, technológiai keret, belső lendület, illetve társadalmi-technológiai rezsím kifejezést alkalmazzák. Az eltérő megnevezések alkalmazásának ellenére az elméletek egyetértenek abban, hogy technológiai rendszerek egymással kapcsolatban álló heterogén elemekből épülnek fel, mely elemek közötti koherencia a rendszer fejlődése során alakul ki. Ugyancsak közös vonás a technológiai rendszerek fokozatos innovációk mentén fejlődő, dinamikus stabil konfigurációkként történő kezelése. Bár a fokozatos innovációk révén történő változás, megújulás vonatkozásában az egyes irányzatok más-más elemek (pl. materiális elemek, hálózatok, formális és informális intézmények) jelentőségét hangsúlyozzák, valamennyi irányzatnál felfedezhető az az elgondolás, miszerint a megtartó újítások előnyben részesítése révén és tekintetében a rendszer homogén egységgé alakul. Mindezen felismerések alátámasztják **első hipotézisemet**, miszerint *az uralkodó technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállásának fogalmi mögött egy egységes váz húzódik meg*. Emellett, a 2.4. és 2.5. fejezetekben bemutatott szakirodalmi vizsgálatok azt is feltárták, hogy a technológiai, társadalmi, intézményi és pénzügyi forrásokból táplálkozó útfüggőség és techno-intézményi bezáródás eredményeként létrejött technológiai rezsím hatásainak feltárása és felszámolása nélkülözhetetlen a radikális újítások térnyeréséhez. Következésképpen első hipotézisem mentén az alábbi két megállapítás tehető:

T1.a. A technológiai rendszerekben megjelenő szakító innovációk rendszerváltoztatási potenciálja attól függ, hogy azok képesek-e az adott technológiai rendszer köré fokozatosan kiépült uralkodó technológiai rezsím egymással szoros kapcsolatban álló fizikai, jogi, piaci, szervezeti és politikai alapjaiban egyaránt változásokat indukálni.

T1.b. A szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának feltárását és elemzését segítő módszertan lehetővé kell, hogy tegye az adott szakító innováció és az uralkodó technológiai rezsím fizikai, jogi, piaci, szervezeti és politikai alapjai között megjelenő kölcsönkapcsolatok egyidejű vizsgálatát.

¹⁶⁹ Míg például a technológiai rendszer fogalmát alkalmazó Ellul vagy Winter a technológiai determinizmus, addig Pinch és Bijker, valamint Callon a társadalmi konstruktivizmus, Hughes és a kvázi evolúciós irányzat pedig e két végpont között elhelyezkedve inkább a koevolúció elveit hirdetik.

A villamosenergia-termelés és ellátás uralkodó rendszere több szempontból is kapcsolódik a fenntartható fejlődés gazdasági, társadalmi és környezeti dimenzióihoz. A villamos energia nélkülözhetetlen a gazdasági és társadalmi szereplők mindennapjaihoz, hiszen helyettesíthetetlen/nehezen helyettesíthető termelési tényezőt jelent a gazdaság számára, és hozzájárul a társadalom életszínvonalának, komfortfokozatának emeléséhez is. Ugyanakkor, a javarészt kimerülő energiahordozókra épülő villamosenergia-termelési technológiák alkalmazása, a természeti környezetre gyakorolt káros hatások, a villamosenergia-ellátáshoz való hozzáférés generáción belüli, illetve a generációk közötti egyenlőtlensége, valamint a jelenlegi rendszer működésének háttérben meghúzódó ideológiai alapok, döntéshozatali mechanizmusok azt sugallják, hogy napjaink villamosenergia-rendszere nem tesz eleget a fenntartható fejlődés követelményeinek. A villamosenergia-termeléssel összefüggésbe hozható környezeti problémák felszámolását segítő technológiai innovációk közül az egyik legnagyobb mértékű és kiterjedésű változást a vonatkozó szakirodalom az elosztott termelési egységek növekvő alkalmazásától, és a központosított erőművek általuk történő kiváltásától várja. Az elosztott termelési egységeket azokat a 100MW-nál kisebb teljesítményű, moduláris, a fogyasztási csomópontokhoz közel elhelyezett villamosenergia-termelési egységeket öleli fel, melyek a villamosenergia-hálózatra csatlakoztatva, önálló rendszerben, vagy szigetelven is működtethetők, a fogyasztók, a szolgáltatók, magánszemélyek, illetve egyéb piaci szereplők által. Az elosztott termelési technológiák közé a szakirodalom a kisteljesítményű, megújuló energiahordozókat hasznosító villamosenergia-termelési technológiákat, valamint a fosszilis, vagy megújuló energiahordozókra épülő kisteljesítményű kapcsolt termelési egységeket sorolja. Következésképpen, dolgozatomban második, harmadik és negyedik hipotézise az elosztott termelési technológiák jellemzőinek és alkalmazásukban rejlő lehetőségeknek a feltárásával kapcsolatosak.

Az uralkodó-termék elméletek egyik fontos megállapítása, hogy a domináns és új technológiák elemzésének első lépését a technológiai klaszterek lehatárolása kell, hogy képezze. Más szavakkal, ahhoz, hogy domináns és új technológiai csoportokról beszélhessünk az azonos alapfunkciót ellátó új technológiáknak a domináns technológiáktól jól elkülöníthető csoportba kell sorolódniuk. Ezen elméleti alapokra építve, az egyes villamosenergia-termelési technológiákat gazdasági, műszaki, társadalmi és környezeti jellemzőik alapján, az SPSS 18.0. statisztikai elemzőprogram segítségével próbáltam homogén csoportokba sorolni. Ahogyan azt a 3.5. alfejezetben részletesen bemutatott vizsgálatok eredményei mutatják, az elosztott egységek és a központosított fosszilis és nukleáris technológiák mind a hierarchikus klaszteranalízis (Legtávolabbi Szomszéd és Within Groups eljárása), mind a K-közepű klaszteranalízis besorolása esetén is külön technológiai klaszterekbe kerültek. Következésképpen, statisztikai elemzéseim eredményei igazolták **második hipotézisemet**, melynek értelmében *a szakirodalomban méretük és elhelyezkedésük alapján definiált elosztott villamosenergia-termelési egységek környezeti, gazdasági, társadalmi és műszaki jellemzőiket tekintve a fosszilis és nukleáris nagyteljesítményű termelési technológiáktól jól elkülöníthető csoportba – klaszterbe – sorolhatók*. Erre építve dolgozatomban harmadik fő állítása az alábbiak szerint adható meg:

T2. Az elosztott villamosenergia-termelési egységek kvalitatív és kvantitatív jellemzőik alapján a nagyteljesítményű, megújuló energiahordozókat hasznosító villamosenergia-termelési technológiákkal mutatnak hasonlóságot, és eltérő módon viselkednek, mint a központosított villamosenergia-rezsim domináns alapjait képező nagyteljesítményű fosszilis és nukleáris termelési technológiák.

A dolgozat szempontjából fontos kiinduló kérdés volt, hogy képesek-e az elosztott és megújuló termelési egységek, mint támogatott technológiai innovációk az új funkció, azaz a termelési technológiákkal kapcsolatos fenntarthatósági problematika feloldását segíteni. A különböző termelési technológiák relatív fenntarthatósági színvonalelemzésének céljából kidolgoztam egy többszempontú döntési modellt. A döntési modell vizsgálati szempontjait a releváns szakirodalomban fellelhető fenntarthatósági indikátor-rendszerek, valamint a fenntartható villamosenergia-rendszerre kialakított definíció alapján létrehozott saját mutatószám-rendszer (ld. 3.4.1. fejezet) adta, az egyes indikátorok súlyait pedig szakértői vélemények alapján, a Guilford féle páros összehasonlítás módszerére építve határoztam meg. A műszaki, gazdasági, társadalmi és környezeti alcélok azonos súllyal történő szerepeltetése esetén a termelési technológiák relatív fenntarthatósági sorrendjét a nagyteljesítményű átfolyós, nagyteljesítményű tározós, valamint a kisteljesítményű vízerőművek vezetik, melyeket a közel azonos értékkel bíró kisteljesítményű kapcsolt termelési egységek, szolártermikus és napelemes rendszerek, végül a szélerőművek követnek. A rangsor középmezőnyében helyezkednek el a geotermikus erőművek és a biomassza égetéses rendszerek. A legkevésbé elfogadható technológiák közé sorolódta a nagyteljesítményű fosszilis villamosenergia-termelési technológiák és a nukleáris erőművek. Ugyanakkor, a termelési technológiák fenntarthatósági színvonalelemzésének eredménye, mint általában a fenntarthatósági vizsgálatok, csak bizonyos korlátozások, észrevételek mellett fogadható el. A fenntartható fejlődés egy olyan dinamikus célkitűzés, mely a technológiai és tudományos haladás, az értékek, normák és elvárások változása miatt állandóan újrafogalmazásra kerül. A különböző technológiai megoldások más-más, sokszor nehezen összehasonlítható környezeti hatásokkal rendelkeznek, ami nélkülözhetlenné teszi a különböző környezeti hatások súlyának, fontosságának konszenzusra épülő meghatározását. Ráadásul, a technológiák fejlődése során újabb és újabb, esetenként nem várt felfedezésekkel, felismerésekkel is szembesülhetünk. Ez azt jelenti, hogy az egyes technológiák természeti környezetre gyakorolt hatásait nem lehet előre ismert, meghatározott pályán tartani, örök érvényű fenntarthatóságát kijelenteni és garantálni. Az újabb és fejlettebb technológiák korábbiaktól eltérő, eddig fel nem ismert, számításba nem vett, vagy „elhanyagolhatónak tekintett” környezeti hatásokkal is járhatnak¹⁷⁰. ***Ennek megfelelően harmadik hipotézisem, - miszerint a villamosenergia-termelési technológiák egymáshoz***

¹⁷⁰ Nem is beszélve arról, hogy a technológiák értékfüggősége, illetve értéksemlegessége önmagában is egy sokat vitatott technika-filozófiai kérdéskör. Míg a technológiai autonómai elmélete szerint a technológiák hatásait tekintve „jó” vagy „rossz” csoportokba sorolhatók, addig a technológiai instrumentalizmus nézetei szerint a technológia egy egyszerű célélérési eszköz, azért jön létre, hogy valamilyen emberi igényt kielégítsen, azaz a technológia önmagában véve értéksemlegesnek, morálisan semlegesnek tekinthető, hatásai attól függnek, hogy mit kezd vele a társadalom. A technológiai rendszerek fogalmát alkalmazó Mumford (1966) és Winner (1982) pedig amellet érvel, hogy nem az egyedi technológiák, hanem a technológiai rendszerek azok, melyek morális szempontból értékelhetők, jó, vagy rossz kategóriába sorolhatók.

viszonyított fenntarthatósági sorrendjében az elosztott termelési technológiák megelőzik a központosított fosszilis és nukleáris termelési technológiákat – az alkalmazott mutatószám-rendszer és indikátor-súlyok esetén, a „jelenlegi ismereteink” közbeékelésével fogadható el. Mindez az alábbi következtetéshez vezet:

T3. Az elosztott villamosenergia-termelési egységek a villamosenergia-termelési technológiákkal szemben támasztott új funkció, azaz a gazdasági, társadalmi és környezeti értelemben vett fenntarthatóság együttes biztosítása tekintetében, - a technológiák jellemzőire, valamint a fenntarthatósági szempontok tartalmára és súlyaira vonatkozó jelenlegi ismereteink és preferenciáink szerint - jobb teljesítménnyel bírnak, mint az uralkodó villamosenergia-rezsim domináns materiális alapjait képező nagyteljesítményű fosszilis és nukleáris technológiák.

Negyedik és egyben utolsó hipotézisem vizsgálatát, - az elméleti rész eredményeinek felhasználásával-, az elosztott termelési egységek és az uralkodó központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatrendszerének rezsimdimenziók (ld. 4.1. táblázat) mentén folytatott leíró elemzése révén tettem meg, a vizsgálat fókuszát az Európai Unióra szűkítve. A 4.17. táblázat átfogóan szemlélteti azokat a technológiai, intézményi, politikai, piaci és szervezeti változtatásokat, változásokat, melyeket egyrészt, bár a piacliberalizáció, vagy az uralkodó rendszer hívott életre a belső problémák feloldása érdekében, ám az elosztott termelési egységek tovább erősíthetnek, másrészt azokat a megtartó, illetve szakító változásokat is, melyek az elosztott termelési egységek megjelenése, terjedése idéz(het) elő az uralkodó rezsim egyes dimenzióiban. Az elosztott termelési egységek, mint a villamosenergia-termelés új technológiái nem csupán a villamosenergia-ellátás infrastruktúrájának átalakulását eredményezhetik, hanem az egyes rendszerelemek új funkcióit, a szervezetek és egyének új stratégiai lehetőségeit, üzleti modelljeit, és új technikáit, a formális és informális intézmények erodálódását és újragondolását, a döntéshozatali elvek és módszerek módosulását, az új piaci formák megjelenését is kivált(hat)ja. ***Az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatrendszerének elemzése során kapott, 4.6. fejezetben bemutatott eredmények alátámasztják negyedik hipotézisemet, mely szerint az elosztott villamosenergia-termelési technológiák rendszerinnovációs potenciállal rendelkeznek, azaz felismerhetők, azonosíthatók az általuk előidézett és hozzájuk közvetlenül kapcsolódó uralkodó technológiai rendszer architekturális módosulásai.*** Ez alapján dolgozatom ötödik megállapítása a következőképpen fogalmazható meg:

T4. Az elosztott villamosenergia-termelési egységek az uralkodó központosított villamosenergia-rezsim egymással szoros kapcsolatban álló fizikai, jogi, piaci, szervezeti és politikai alapjaiban és azok kapcsolódásaiban szimultán és szekvenciális, új logikákra, elvekre és eszközökre épülő változásokat idéznek elő.

Az elosztott egységek és az uralkodó villamosenergia-rezsim kölcsönkapcsolatának elemzése az elosztott technológiák terjedését nehezítő, jelenleg érvényes műszaki, jogi,

ágazati, keresleti és politikai korlátok azonosítását is lehetővé tette (ld. 4.22. ábra). A 2.4.4. fejezetben bemutatott állami szerepvállalás evolúciós és kvázi evolúciós alapokra épülő modelljeivel egyetértve azonban úgy vélem, hogy mielőtt az elosztott egységek akadályainak felszámolásával kapcsolatos intézkedési javaslatokat fogalmazhatnánk meg, szükséges a fenntartható fejlődés és a fenntartható villamosenergia-rendszer fogalmának és jellemzőinek egyértelműbb meghatározása. Amellett, hogy az EU-s gyakorlat a fenntarthatóság elérését szolgáló villamosenergia-technológiák tekintetében nyílt politikát folytat, támogatja ezek védett piacokon való megjelenését és megerősödését, nem szabad megfeledkezni arról, hogy **ahhoz, hogy az elosztott termelési egységek a gazdasági, társadalmi, és környezeti szempontból is fenntarthatóbb villamosenergia-rendszerre való átállási politikák alapjául szolgálhassanak, az általuk előidézett változásoknak, a hozzájuk csatlakozó innovációknak az elérni kívánt, környezeti, gazdasági és társadalmi szempontból fenntartható rendszerre jellemző tulajdonságok megjelenését, térnyerését kell segíteniük.** A fenntartható villamosenergia-rendszer egységes, a különböző érintetti csoportok által kölcsönösen elfogadott víziójából és célrendszeréből vezethetők le az uralkodó rendszer megoldásra váró fenntarthatósági problematikái, a különböző szintekre érvényes energiapolitikai döntések többszemponútú vizsgálata, összhangjának megteremtése, így azonosíthatók a problémák feloldását segítő eszközök és intézkedések, illetve értékelhetők azok jellemzői és hatásai.

A dolgozatban megjelenő új, vagy újszerű eredmények az alábbiakban összegezhetők:

- a technológiai rendszerek változásával foglalkozó eltérő nézetek rendszerezése,
- a fenntartható fejlődés elérési útjaival foglalkozó irányzatok újszerű rendszerezése,
- a technológiai rezsím jelenségének azonosítása, fogalmának, forrásainak, felszámolási nehézségeinek és az állami szerepvállalás jelentőségének bemutatása,
- javaslat a szakító innovációk rendszerváltozási potenciálját segítő modell felépítésére,
- a fenntartható villamosenergia-rendszer fogalmának meghatározása,
- a társadalmi, gazdasági, műszaki és környezeti értelemben fenntartható villamosenergia-termelési technológiák indikátorrendszerének felállítása,
- villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági színvonalelemzése,
- az elosztott villamosenergia-termelési egységek rendszerinnovációs potenciáljának vizsgálata, a diffúziójukat gátló tényezők azonosítása.

A dolgozat legfőbb újdonsága a rendszerinnovációs potenciál új szemléletű megalapozásában érhető tetten, ezáltal mind az elméleti, mind a gyakorlati szakemberek számára hasznos segítség és kiindulási alap lehet a további kutatások számára. Természetesen az értekezésben az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciáljának feltárására alkalmazott elemzési keretrendszerbe a vizsgált szempontokon túl további aspektusok is beépíthetők, az egyes dimenziók részletesebb vizsgálat alá is vonhatók (pl. alaposabb műszaki, szociológiai, pszichológiai elemzés, illetve az egyes hatások mértékének számszerűsítése), sőt a keretrendszer más technológiai rendszerekre is adaptálható. Mindez pedig a vizsgálat és az újragondolt dimenzionális keretrendszer továbbfejlesztési lehetőségeiről ad tanúbizonyítást.

Felhasznált irodalom

- Abernathy, W. J. - Clark, K. B. (1985): Innovation: Mapping the winds of creative destruction, *Research Policy*, Vol. 14, 3-22. o.
- Abu-Shark, S. - Li, R. – Markwart, T. – Ross, N. – Wilson, P. – Yai, R. – Steemers, K. – Kohler, J. – Arnold, R.(2005): Can Microgrids make a major contribution to UK energy supply?, Trydall Centre, Working Paper 70, http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp70.pdf, Letöltés ideje: 2006.03.10.
- Ackermann, T. – Andersson, G. – Söder, L. (1999): What is Distributed Generation? Annual North American Symposium, Vol. 31 TH, 232-239. o.
- Ackermann, T. – Andersson, G. – Söfer, G. (2001): Distributed generation: a definition, *Electric Power Systems Research*, Vol. 57, 195–204. o.
- Afgan, N. H. – Gobaisi, D. A. – Carvalho, M. G. – Cumo, M. (1998): Sustainable energy development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 2, pp. 235-286.
- Afgan, N. H. - Pilavachi, P. A. – Carvalho, M. G. (2007): Multi-criteria evaluation of natural gas resources, *Energy Policy* Vol. 35, 704–713. o.
- Afgan N. H. – Carvalho, M. G. (2002): Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants, *Energy*, Vol. 27, 739–755. o.
- Alanne, K. - Saari, A. (2006): Distributed energy generation and sustainable development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10., 539-558.o.
- Allen, S.R. - Hammond, G. P. - McManus, M. C. (2008): Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective, *Applied Energy*, Vol. 85, 528-544. o.
- Ankar, W. – Sankaran, K. (1999): The myth of the unique decomposability: Specializing the Herfindahl and Entropy measures?, *Strategic Management Journal*, Vol. 20. 969–975. o.
- Arthur, W. B. (1994): *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, University of Michigan Press, Michigan
- Ashford, N. A. (1999): An Innovation-Based Strategy for a Sustainable Environment, Proceedings of the International Conference of the European Commission Joint Research Centre, Potsdam, Germany, 27-29 May 1999., <http://www.ucis.pitt.edu/euce/events/policyconf/07/PDFs/Ashford14.pdf>, Letöltés ideje: 2005.02.16.
- Ashford, N. A. (2002): Pathways to Sustainability: Evolution or Revolution?, http://www.princeton.edu/step/seminars/previous/fall-2005/Ashford1_4Delft.pdf, Letöltés ideje: 2005.04.11.
- Authorites Francaises (2009): Rapport d’analyse de la réalisation des objectifs nationaux de consommation d’électricité produite á partir de sources d’énergie renouvelable, en application de l’article 3 de la directive n°2001/77/EC, <http://www.europa.eu>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- Awerbuch, S. (2003): Decentralization, Mass-Customization and Intermittent Renewables in the 21st Century: Restructuring Our Electricity Networks To Promote Decarbonisation, Tydall Center, <http://www.awerbuch.com/shimonpages/shimondocs/tyndallCwp49.pdf>, Letöltés ideje: 2008.09.11.
- Awerbuch, S. – Preston, A. (1997): *The virtual utility: Accounting, technology & competitive aspects of the emerging industry*, Kluwer Academic Publishers; MA, USA
- Ayres, R. U. (1994): *Information, entropy, and progress: a new evolutionary paradigm*, Springer, New York
- Bakacsi, Gy. (1991): *Vezetés – Szervezés*, Aula Kiadó, Budapest

- Bara, Z. – Szabó, K. (1996): Összehasonlító gazdaságtan, Bevezetés a gazdasági rendszerek elméletébe, Aula Kiadó, Budapest
- Barakonyi, K. (2004): Stratégiai döntések, Strategy-XL Bt., Pécs
- Baranyi, Á. (1999): Gazdasági és erkölcsi megfontolások a vállalati környezetvédelemben, avagy a szennyezésmegelőzés módszerének etikai vetületei, Kovász, Vol. 3, No. 1-2., 50-68. o.
- Baranyi, Á. (2001): Környezetvédelmi stratégiatípusok a magyarországi feldolgozóipari vállalatok körében, Ph.D-értekezés, http://phd.lib.uni-corvinus.hu/155/1/baranyi_arpad.pdf, Letöltés ideje: 2007.07.21.
- Bass, S. - Dalal-Clayton, B. – Pretty, J. (1995): Participation in Strategies for Sustainable Development, Environmental Planning Group, International Institute for Environment and Development, <http://www.poptel.org.uk/nssd/pdf/IIED08.pdf>, Letöltés ideje: 2005.02.16.
- Bauknecht, D. - Leprich, U. - Späth, P. - Skytte, S. – Esnault, B. (2007): Regulating innovation and innovating regulation, DG-GRID project D5, http://www.ifz.tugraz.at/.../Regulating%20Innovation_Innovation%20Regulation.pdf, Letöltés ideje: 2010.04.30.
- Baumol, W. - Panzar, J. C. - Willig, R. (1982): Contestable Markets and the Theory of Industry Structure, Harcourt Brace Jovanovich, San Diego, CA.
- Begić, F. – Afgan, N. H. (2007): Sustainability assessment tool for the decision making in selection of energy system—Bosnian case, Energy, Vol. 32, 1979–1985. o.
- Bela, Gy. – Pataki, Gy. – Valené, Kelemen Á. (2003): Társadalmi részvétel a környezetpolitikai döntéshozatalban (döntéstámogató eszközök és értékelési eljárások alkalmazása), A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai, [http://www.kka.hu/Kozossegi_Adattar/esemeny.nsf/35a4c7792a06710bc1257019002977ad/b4573e6f81ea2ebdc125702e003f41c2/\\$FILE/20_szam.pdf](http://www.kka.hu/Kozossegi_Adattar/esemeny.nsf/35a4c7792a06710bc1257019002977ad/b4573e6f81ea2ebdc125702e003f41c2/$FILE/20_szam.pdf); Letöltés ideje: 2010.02.11.
- Benyus, J.M. (1997) Biomimcry – Innovation Inspired by Nature, William Morrow, New York
- Berényi, L. (2007): A fenntarthatóság szervezeti szintű értékelése, Ph.D-értekezés, Miskolci Egyetem, http://kvt99.lib.uni-miskolc.hu:8080/servlet/eleMEK.server.fs.DocReader?id=300&file=Berenyi_Laszlo_PhD_Ertেকেzes.pdf; Letöltés ideje: 2007.07.31.
- Bergek, A. – Jacobsson, S. – Carlsson, B. – Lindmark, S. – Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, Research Policy, Vol. 37, 407-429. o.
- Bergh, D. D. (2001): Diversification strategy research at a crossroads: Established, emerging and anticipated paths, In: Hitt, M. - Freeman, R. – Harrison, J. (Eds.): Handbook of Strategic Management, Blackwell Publishers. Oxford., (362-383. o.)
- Bergmann, M. A. (2002): Competition law, competition policy, and deregulation, Swedish Economic Policy Review, Vol. 9., 93-128.o.
- Berkhout, F. (2002): Technological regimes, path dependency and the environment, Global Environmental Change, Vol. 12, No. 1, 1-4.o.
- Bihari, P. (1998): Energetika II., Kézirat, Budapest
- Bihari, P. (2002): Erőművek, Kézirat, Budapest
- Bijker, W. E. (1995): Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Towards a Theory of Sociotechnical Change, MIT Press, Cambridge
- Bird, L. – Wüstenhagen, R. Aabakken, J. (2002): A review of international green power markets: recent experience, trends, and market drivers, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 6, 513–536. o.

- Bletterie, B. et al (2008): Analysis of the interconnection requirements for distributed energy resources in Europe – Progress in interconnection interfaces Final Report, SOLID-DER Projekt, Co-ordination Action to consolidate RTD activities for large-scale integration of DER into the European electricity market, Work Package II, <http://www.solid-der.org>; Letöltés ideje: 2010.03.23.
- BME (é.n.): Vezetékes energiaellátás, Villamos energia, Oktatási segédlet, Budapesti Műszaki Egyetem, <http://www.energia.bme.hu>, Letöltés ideje: 2009.09.03.
- Bonser, D. (2002): Nuclear Now for Sustainable Development. Annual Symposium 2002. The World Nuclear Association, Idézi: Alanne, K. - Saari, A. (2006): Distributed energy generation and sustainable development, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10., 539-558.o. (550. o.)
- Borbely, A. – Kreider, J. (2001): Distributed Generation: The Power Paradigm for the New Millennium, CRC Press, New York
- Bossel, H. (1999): Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications A Report to the Balaton Group, <http://iisd.ca>; Letöltés ideje: 2009.02.02.
- Boulding, K. E. (1956): General Systems Theory-The Skeleton of Science, Management Science, Vol. 2, No.3, pp. 197-208, Reprinted in: ECO Special Double Issue, 2004, Vol. 6, 127-139.o.
- Breschi, S. - Malerba, F. (1997): Sectoral innovation systems: technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries, In: Edquist, C. (Eds.): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations. Pinter, London, 130–156. o.
- Brown, L. R. (1981): Building a Sustainable Society, W.W. Northon, New York, Idézi: Láng, I. (2003): A Fenntartható fejlődés Johannesburg után, Környezetgazdák kiskönyvtára, Agroinform Kiadó, Budapest, (69. o.)
- Brown, L. R. - Flavin, C. - Postel, S. (1991): Saving the planet, How to shape an environmentally sustainable global economy, W. W. Norton, New York
- Buchholz, B. - Hatzigryriou, N. - Furones Fartos, L. - Schluecking, U. (2006): Lessons Learned: European Pilot Installations for Distributed Generation - An Overview by the IRED Cluster, <http://www.cigre.org>, Letöltés ideje: 2010.02.21.
- Bucsy, L. (1976): Az innovációk rendszere és a vállalati fejlődés, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, Idézi: Szakály, D. (2002/a): Innováció- és technológiamenedzsment I., Bíbor Kiadó, Miskolc, (11. o.)
- Buday-Sántha, A. (2004): A természeti tőke és az agrárgazdaság szerepe a területi versenyképességben, PTE-KTK
- Bulla, M. – Guzli, P. (2006): A Fenntartható Fejlődés indikátorai, In: Bulla, M. – Tamás, P. (eds): Stratégiai kutatások – Magyarország 2015, Fenntartható fejlődés Magyarországon, Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 235-255. o.
- Burton, J. - Hubacek, K. (2007): Is small beautiful? A multicriteria assessment of small-scale energy technology applications in local governments, Energy Policy, Vol. 35, 6402–6412. o.
- Butter, M. (2002): A Three-layer policy approach for system innovations, Paper presented at the Blueprint Workshop in Brussels, <http://www.blueprint-network.net>, Letöltés ideje: 2005.04.25.
- Buzás, N. (2007): Innovációmenedzsment a gyakorlatban, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Cali, Ü. – Ropenus, S. – Schröder, S. (2009): Development of interactions between distributed generation and distributed system, IMPROGRES Project, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje: 2010.03.24.
- Callon, M. (1987): Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis, In: Bijker, W. – Hughes, T. – Pinch, T (Eds): The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology, MIT Press, Cambridge, 83–103. o.

- Callon, M. (1992): Techno-economic networks and irreversibility, In: Foray, D. – Freeman, C. (Eds.): Technology and the Wealth of Nation, London, Frances Printer, 275-324.o.
- Cardell, J. B. – Hitt, C. C. – Hogan, W. W. (1997): Market power and strategic interaction in electricity networks, Resource and Energy Economics, Vol. 19, No. 1, 109-137. o.
- Carillo-Hermosilla, J. - del Rio, P. – Könnölä, P. (2010): Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies Journal of Cleaner Production, Vol. 18., 1073-1083. o.
- Carley, S. (2009): Distributed generation: an empirical analysis of primary motivators, Energy Policy, 37, pp. 1648 – 1659. o.
- Carlson, R. (1962): Silent Spring, Houghton Mifflin, New York., Idézi: Láng, I. (2003): A Fenntartható fejlődés Johannesburg után, Környezetgazdák kiskönyvtára, Agroinform Kiadó, Budapest, 10. o.
- Carlsson, B. – Stankiewicz, R. (1991): On the nature, function and composition of technological systems. Evolutionary Economics, Vol. 1, No. 2, 93–118.o.
- Carlsson, B. - Jacobsson, S. - Bergek, A. (2005): Dynamics of innovation systems—policy-making in a complex and non-deterministic world Idézi: Bergek, A. – Jacobsson, S. – Carlsson, B. – Lindmark, S. – Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, Research Policy, Vol. 37, 407-429. o. (426. o.)
- Chao, H. – Oren, S. – Wilson, R. (2005): Restructured Electricity Markets: Reevaluation of Vertical Integration and Unbundling, In: Sioshansi, F. P. (Eds): Competitive Electricity Markets: Design, Implementation, Performance, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Ltd., London, 27-64. o.
- Cheng, C-C. (2005): Electricity Demand-side Management for an Energy Efficient Future in China: Technology Options and Policy Priorities, Phd Thesis, MIT, <http://esd.mit.edu/people/dissertations/cheng.pdf>, Letöltés ideje: 2008.01.23.
- Chikán, A. (1992): Vállalatgazdaságtan, Közgazdasági és Jogi Kiadó-Aula Kiadó, Budapest
- Chowdhury, S. – Chowdhury, S. P. - Crossley, P. (2009): Microgrids and Active Distribution Network, IET Renewable Energy Series 6, The Institution of Engineering and Technology, London
- Christensen, C. M. (1997): The Innovator's Dilemma, HarperBusiness, New York
- Chuang, A. S. – Gellings, C. W. (2008): Demand-side integration in a Restructured Electric Power Industry, <http://www.cigre.org>; Letöltés ideje: 2010.03.02.
- CIREN (1999): Dispersed generation, Preliminary report of CIREN working group WG04, June, p. 9+Appendix (p.30), <http://www.cired.be/WG04-Report%20.pdf>, Letöltés ideje: 2006.05.04.
- Clayton, A. – Spianrdi, G. – Williams, R. (1999): Policies for Cleaner Technology, A New Agenda for Government and Industry, Earthscan, London
- Codognet, M-K. et al (2002): Mergers and Acquisitions in the European Electricity Sector, Cases and Patterns, CERNA, <http://www.cerna.ensmp.fr/Documents/FL-MA-MAsEU.pdf>, Letöltés ideje: 2009.09.07.
- Coll-Mayor, D. – Paget, M. – Lightner, E. (2007): Future intelligent power grids: Analysis of the vision in the European Union and the United States, Energy Policy, Vol. 35, 2453–2465. o.
- Correljé, A. F. - De Vries, L. J. (2008): Hybrid Electricity Markets: The Problem of Explaining Different Patterns of Restructuring, In: Sioshansi, F. P. (Eds): Competitive Electricity Markets: Design, Implementation, Performance, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Ltd., London, 65-94. o.
- Cosijns, L. – D'haeseleer, W. (2005): The European Union, 25 different countries, 25 different energy policies...? An overview, EUSUSTEL Project, <http://www.eusustel.org>, Letöltés ideje: 2009.09.03.

- Cossent, R. – Fraix, P. – Gómez, T. (2008): Current state of and recommendations for improvement of the network regulations for large-scale integration of DER into the European electricity market, SOLID-DER Project, Work Package I – Phase II, <http://www.solid-der.org>, Letöltés ideje: 2010.03.23.
- Cossent, R. - Olmos, L. - Gómez, T. - Mateo, C. - Nieuwenhout, F. - Özdemir, Ö. (2010): The role of alternative network response options in minimising the costs of DG integration into power networks, IMPROGRE, Deliverable D6, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje: 2010.03.24.
- Costanza, R. - Daly, H. E. (1992): Natural Capital and Sustainable Development, Conservation Biology, Vol. 6. No. 1, 37-46. o.
- Cowan, R. (1990): Nuclear power reactors: A study in lock-in, Journal of Economic History, Vol. 50, 801-814. o.
- Cowan, R.– Kline, D. (1996): The Implication of Potential Lock-In in Markets for Renewable Energy, <http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy97/22112.pdf>, Letöltés ideje: 2009.07.16.
- Cowan, R. – Hultén, S. (1996): Escaping Lock-In: The Case of the Electric Vehicle, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 53, 61-79. o.
- Csutora, M. – Kerekes, S. (2004): A környezetbarát vállalatirányítás eszközei, Közgazdasági és Jogi Kiadó-KERSZÖV, Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest
- Daellenbach, H. G (2005): Management Science: Decision Making through Systems Thinking, Basingstoke, Palgrave Macmillan
- Daly, H. (1991): Steady-State Economics, Island Press, Washington, Idézi: Kerekes, S. - Szilávik, J. (1996): A környezet-menedzsment közgazdasági eszközrendszerei, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, (36.o.)
- Daly, H. (1996): Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development, Beacon Press, Boston
- David, P. (1985): Clio and the economics of QWERTY, American Economic Review, Vol. 75, 332-337. o.
- DECENT (2002): Decentralised Generation: Development of EU Policy, DECENT PROJECT, ECN-C--02-075, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2002/c02075.pdf>, Letöltés ideje: 2009.10.22.
- DEFRA (2008): A Framework for Pro-Environmental Behaviours:Report, The Stationery Office,London, <http://archive.defra.gov.uk/evidence/social/behaviour/documents/behaviours-jan08-report.pdf>, Letöltés ideje: 2010.01.08.
- Denholm, P. – Kulcinski, G. L. (2004): Life cycle energy requirements and greenhouse gas emissions from large scale energy storage systems, Energy Conversion and Management, Vol. 45., 2153–2172. o.
- DeSimone, L. D. - Popoff, F. (1997): Eco-efficiency: The Business Link to Sustainable Development, MIT Press, Cambridge
- Dethlefsen, U. - Ericson, S-O. - Svensson, B. - Widegren, K. - Setterwall, C. (2000): Vattenfall's Electricity Production System -A Quantitative and Qualitative Study of Emissions of Greenhouse Gases Throughout the Life-Cycle, http://87.224.35.44/tech_papers/17th_congress/3_4_14.asp; Letöltés ideje: 2009.03.11.
- Deutsch, N. (2006/a): Innovációk a fenntarthatóság szolgálatában, A biomassza mint fenntartható rendszerinnováció, Vezetéstudomány, Vol. 37., No. 7-8, 50-56.o.
- Deutsch, N. (2006/b): The Role of Microgrid Incentives in Achieving Sustainability, Challenges and Opportunities for Peripheries, II. International Summer School on European Peripheries, Santander, Spain, 2006.07.03-14., Konferencia CD

- Deutsch, N. (2009): A decentralizált villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági értékelését segítő mutatószámrendszer, In: Bugár, Gy. – Farkas, F. (szerk.): Elkötelezettség és sokoldalúság, Tanulmánykötet Barakonyi Károly tiszteletére, PTE-KTK, Pécs, 351-361. o.
- Deutsch, N. (2010): Az elosztott termelési egységek diffúzióját befolyásoló tényezők azonosítása, "Szociális Zöldenergia Program" Konferencia, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 2010.12.02., Konferencia Kiadvány, 81-85. o.
- Deutsch, N. (2011): A vertikálisan integrált vállalatok stratégiai lehetőségei az Európai Unió liberalizált villamosenergia-piacain, Vezetéstudomány, Befogadva: 2011. április, Megjelenés alatt
- Dincer, I. (2000): Renewable energy and sustainable development: a crucial review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 4, 157-175. o.
- Diolettas, S. (2005): Distributed Energy Resources: Prometheus of Renewable Energy, Ph.D thesis, Universidad Politécnica de Cataluña, <http://www.localpower.org>, 2010.10.23.
- Disco, C. - Rip, A. - van der Meulen, B. (1992): Technical innovation and the universities: divisions of labor in cosmopolitan technical regimes. Social Science Information, Vol. 31, 465–507. o.
- Dobson, A. (1999): Fairness and Futurity. Essays on Environmental Sustainability and Social Justice, Oxford University Press, Oxford
- Dosi, G. (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories, Research Policy, Vol. 11, 142-167.o.
- Dosi, G. (1988): The Nature of the Innovation Process, In Dosi, G. - Freeman, C. - Nelson, R. - Silverberg, G. - Soete, L. (Eds): Technical Change and Economic Theory, Pinter, New York, 221-238. o.
- DOE – EPRI (1997): Renewable Energy Technology Characterizations, TR-109496, Topical Report, <http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/pdfs/techchar.pdf>, Letöltés ideje: 2007.06.13.
- Donkelaar, M. – Scheepers, M. J.(2004): A socio-economic analysis of technical solutions and practices for the integration of distributed generation, DISPOWER Project, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/c04011.pdf>, Letöltés ideje: 2009.03.12.
- Donkelaar, M. (2008): Role of National Support Policy in the large-scale integration of DER into the European electricity market, SOLID-DER Project, <http://www.solid-der.org>; Letöltés ideje: 2010.03.23.
- Dorogi, I. – Rott, N. (1985): Az innovációs folyamat és irányítása, Műszaki Kiadó, Budapest, In.: Szakály, D. (2002/a): Innováció- és technológiamenedzsment I., Bíbor Kiadó, Miskolc, 8. o.
- Drucker, P. F. (1994): The Age of Social Transformation, The Atlantic Monthly, Vol. 274, No. 5, 53-80. o.
- Dyner, I. – Larsen, E. L. (2001): From planning to strategy in the electricity industry, Energy Policy Vol. 29. 1145–1154. o.
- EAC (2008): Bottling Electricity: Storage as a Strategic Tool for Managing Variability and Capacity Concerns in the Modern Grid, <http://www.oe.energy.gov/eac.htm>, Letöltés ideje: 2010.04.27.
- EC (1993): Towards Sustainability: A European Community Programme of Policy and Action in relation to the Environment and Sustainable Development, European Commission, Luxembourg, <http://ec.europa.eu/environment/archives/env-act5/pdf/5eap.pdf>, Letöltés ideje: 2008.07.27.
- EC (1999): Green Paper - Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply, Technical Document, <http://www.europa.eu.int>, Letöltés ideje: 2008.07.27.

- EC (2001): INTEGRATION: Integration of Renewable energy Resources and Distributed Generation in Energy Supply Systems, EUR 19429, <http://www.europa.eu>, Letöltés ideje: 2008.11.09.
- EC (2005): Towards Smart Power Network, Lessons learned from European Research FP5 projects, <http://www.europa.eu.int/comm/research/energy>, Letöltés ideje: 2010.02.24.
- EC (2006/a): European SmartGrids Technology Platform, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future, <http://www.europa.eu.int/comm/research/energy>, Letöltés ideje: 2006.06.08.
- EC (2006/b): Attitudes towards Energy, Special Eurobarometer, 247, Wave 64.2, TNS Opinion & Social, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2010.07.09
- EC (2007): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/54/EC concerning common rules for the internal market in electricity COM(2007) 528 final, Brussels, Commission of the European Communities
- EC (2009/a): Sustainable development in the European Union, 2009 monitoring report of the EU sustainable development strategy, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2010.01.30.
- EC (2009/b): Report on Progress in Creating the Internal Gas and Electricity Market, European Commission, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2009.11.23.
- EC (2010): EU energy and transport in figures, Statistical Pocketbook, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- EC (2011): Europe in figures-Eurostat Yearbook 2010, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2011.02.01.
- ECORYS (2008): Assessment of non-cost barriers to renewable energy growth in EU Member States – AEON, <http://www.europa.eu.int/comm/research/energy>, Letöltés ideje: 2011.03.08.
- Edquist, C. (1997): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, Pinter, London
- Edquist, C. – Johnson, B. (1997): Institutions and organisations in systems of innovation, In: Edquist, C. (Eds): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, Pinter, London, 41- 63. o.
- Edquist, C. (2004): Systems of innovation: perspectives and challenges. In: Fagerberg, J., Mowery, D.C., Nelson, R.R. (Eds.), The Oxford Handbook of Innovation. Oxford University Press, Oxford
- Ehrenfeld, J. (1997): Industrial ecology: a framework for product and 1083 process design, Journal of Cleaner Production, Vol. 5, No. 1–2, 87–96. o.
- Ehrenfeld, J. (2004): Searching for Sustainability: No quick fix., The Society of Organisational Learning, Vol.5, No.5, 1-13. o.
- ELEP (2005): Interconnection of Decentralised Electricity Generation, A Review of Standards, Technical Requirements and Procedures in the EU-15, Deliverable 1.1 + 1.2, EIE/04/175/S07.38664, <http://www.elep.org>, Letöltés ideje: 2010.03.23.
- Ellul, J. (1980): The Technological System, Continuum Publishing Cooperation, New York, <http://www.citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc>, Letöltés ideje: 2008.05.08.
- Elzen, B. – Geels, F. W. – Green, K. (2004): System Innovation and the Transition to Sustainability, Theory, Evidence and Policy, Edward Elgar, Cheltenham
- Emery, F. E. - Trist, E. L. (1960): Socio-Technical Systems, Management Science, Models and Techniques, Pergamon, New York,
- EnirDGnet (2004): D5:Technical Assessment of DG-Technologies And Tendencies of Technical Development, http://www.dgnet.org/docs/deliverables/D5_Assessment_of_DG_technolo.pdf, Letöltés ideje: 2008.03.06.

- EREC (2007): Energy (R)evolution, A Sustainable OECD North America Energy Outlook, http://www.energyblueprint.info/fileadmin/media/documents/energy_revolution.pdf, Letöltés ideje: 2009.02.27.
- ESKOM (2005): Environmental Impact Assessment Report for the Proposed 765kV Transmission Line Between the Existing Hydra Substation and the Proposed Gamma Substation, Northern Cape Province, http://www.eskom.co.za/content/DraftEIAfor_reviewgamma.pdf, Letöltés ideje: 2010.03.25.
- Etkins, P. (1993): „Limits to growth” and “sustainable development”: grappling with ecological realities, *Ecological Economics*, Vol. 8, 69–88. o.
- Etzkowitz, H. – Leydersdorff, L. (1997): *Universities and the Global Knowledge Economy*, Pinter, London, Idézi: Inzelt, A. (2004): Az egyetemek és a vállalkozások kapcsolata az átmenet idején, *Közgazdasági Szemle*, Vol. 51., 870–890.o. (873. o.)
- EURELECTRIC (2003/a): Public Acceptance for new transmission overhead lines and substations, Networks Committee, Ref: 2003-200-0005, <http://www.eurelectric.org>, Letöltés ideje: 2010.03.25.
- EURELECTRIC (2003/b): R&D in EURELECTRIC Countries, Overview of R&D organisation, Ref: 2003-030-0214, <http://www.eurelectric.org>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- EURELECTRIC (2004): Union of the Electricity Industry – EURELECTRIC Statement on ”Using underground Cable Technologies for High and Very High Voltage Transmission Links (150 kV and above) in Europe”, <http://www.eurelectric.org>, Letöltés ideje: 2010.03.25.
- EURELECTRIC (2007): Risk Management in the Electricity Industry, White Paper, <http://www.eurelectric.org>; Letöltés ideje: 2010.07.09.
- EURELECTRIC (2009/a): Smart Grids and Networks of the Future - EURELECTRIC Views, <http://www.eurelectric.org>, Letöltés ideje: 2010.03.11.
- EURELECTRIC (2009/b): Statistics and Prospects for the European Electricity Sector, 37th Edition, EURPROG 2009, <http://www.eurelectric.org>, Letöltés ideje: 2010.05.02.
- EURELECTRIC (2010): Analysis of the EURELECTRIC Survey Questionnaire on the Role of R&D in Power Companies, Eurelectric Survey Report, <http://www.eurelectric.org>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- Evans, A. - Strezov, V. - Evans, T. J. (2009): Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, 1082–1088. o.
- Fagerberg, I. – Mowery, D. C. – Nelson, R. R. (2004): *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford
- Fazekas, A. I. (2006): *Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I.*, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Feinstein D. Ch.- Lesser A. J. (1997): Defining Distributed Resource Planning. *The Energy Journal*, Special Issue titled Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business, 41-62. o.
- Feinstein D. Ch.- Morris A. P. - Chapel W. S. (1997): Capacity Planning Under Uncertainty: Developing Local Area Strategies for Integrating Distributed Resources. *The Energy Journal*, Special Issue titled Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business, 85-110. o.
- Fiksel, J. (2009): *Design for Environment A Guide to Sustainable Product Development*, McGraw-Hill, New York

- Finon, D. – Glachant, J.-M. (1999): Why do the European Union's Electricity Industries Continue to Differ? A New Institutional Analysis, ADIS WORKING PAPER n°1999-01, <http://www.adislab.net/docs/WP/1999/1999-01.pdf>; Letöltés ideje: 2010.01.05
- Finon, D. – Midttun, A. (2004): Reshaping European Gas and Electricity Industries, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Ltd., Oxford
- Fleischer, T. (2006): Innováció, növekedés, kockázat, In: Bulla, M. – Tamás, P. (eds): Stratégiai kutatások – Magyarország 2015, Fenntartható fejlődés Magyarországon, Új Mandátum Könyvkiadó, Budapest, 275-284. o.
- Florida, R. (1996): Lean and Green: The Move to Environmentally Conscious Manufacturing, California Management Review, Vol. 39, No. 1, 90-105. o.
- Foxon, T. J. (2003): Inducing Innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies, A report for The Carbon Trust, <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CT-2003-07>, Letöltés ideje: 2007.12.05.
- Fraquelli, G. - Piacenza, M. - Vannoni, D. (2005): Cost savings from generation and distribution with an application to Italian electric utilities, Journal of Regulatory Economics, Vol. 28, No. 3, 289–305. o.
- Freeman, C. (1987): Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter, London
- Freeman, C. (1992) The Economics of Hope: Essays on Technological Change, Economic Growth and Environment, Pinter, London
- Freeman, C. - Louça, F. (2001): As Time Goes By, From the Industrial Revolutions to the Information Revolution, Oxford University Press, Oxford, Idézi: Elzen, B. – Geels, F. W. – Green, K. (2004): System Innovation and the Transition to Sustainability, Theory, Evidence and Policy, Edward Elgar, Cheltenham, (29. o.)
- Freeman, C. – Perez, C. (1988): Structural Crisis of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour, In: Dosi, G. - Freeman, C. - Nelson, R. - Silverberg, G. - Soete, L. (Eds): Technical Change and Economic Theory, Pinter, London, 38-66.o.
- FTU (2001): L'innovation technologique au service du développement durable, WPI, <http://www.ftu-namur.org>; Letöltés ideje: 2005.02.16.
- Fucskó, J. – Kajner, P. – Marossy, Z. – Bela, Gy. (2001): A Környezetterhelési díjak hatékonyságának, környezetpolitikai szerepének és bevezethetőségének vizsgálata, MAKK, <http://www.zpok.hu/~makk>, Letöltés ideje: 2009.08.12.
- Funk, K. (2003): Sustainability and Performance, Sloan Management Review, Winter, 65-70. o.
- Garinaldi, G. (2008): Analyse Stratégique, Éditions d'organisation, Groupe Eyrolles, Paris
- Gáspár, L. (1998): Általános innováció elmélet, Magyar Innovációs Szövetség, Budapest
- Geels, F. W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, Research Policy, Vol. 31, 1257–1274. o.
- Geels, F. W. (2004): From sectoral systems of innovation to socio-technical systems Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory, Research Policy, Vol. 33., 897–920. o.
- Geels, F. W. (2005): Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective, Technological Forecasting & Social Change, Vol. 72, 681–696. o.
- Genoud, G. – Finger, M. (2004): Electricity Regulation in Europe, In: Finon, D. – Midttun, A. (2004): Reshaping European Gas and Electricity Industries, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Ltd., London, 29-68. o.

- Genus, A. (1993): Technological learning and the political shaping of technology: The management of R&D&D of wind and wave power in the UK;” *Business Strategy and the Environment*, Vol. 2, No. 1, pp. 26–36. Idézi: Pataki, Gy. (2000): Az ökológiailag fenntartható vállalat, Ph.D-értekezés, 75. o. http://phd.lib.uni-corvinus.hu/199/1/pataki_gyorgy.pdf, Letöltés ideje: 2008.04.23.
- Gerse, K. (2006): Megújuló energiaforrások felhasználásának támogatása, *A Magyar Villamosművek Közleményei*, XLIII.évf., 1-2.sz., 1-8.o.
- Goldstein, D. (2002): Theoretical Perspectives on Strategic Environmental Management, *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 12, 495-524.o.
- Golub, B.W. - Schmalensee, R. (1984): Estimating Effective Concentration in Deregulated Wholesale Electricity Markets, *Journal of Economics*, Vol. 15, No. 1, 12-26. o.
- Gómez, T. - Rivier, J. - Frías, P. - Ropenus, S. - van der Welle, A. - Bauknecht, D. (2007): Guidelines for improvement on the short term of electricity distribution network regulation for enhancing the share of DG, DG-GRID, Work Package 4, Report D12/D13, http://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/DG-GRID/Results/WP4/d12_gomez_guidelines-distribution-network-regulation-for-enhancing-the-share-of-dg.pdf, Letöltés ideje: 2010.04.30.
- Gopalakrishnan, S. – Damanpour, F. (1997): A Review Economics of Innovation Research in Sociology and Technology Management, *Omega*, International Journal of Management Science, Vol. 25, No. I, 15-28. o.
- Green, R. (1996): Increasing Competition in the British Electricity Spot Market, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 44, No. 2, 205-216 .o.
- GRI (1999): *The Role of Distribution Generation in Competitive Energy Markets*, Chicago
- Grigsby, L. L. (2007): *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution*, *Electric Power Engineering Handbook*, Second Edition, CRC Press, New York
- Grábner, P. (2010): A villamosenergia-piac szabályozása a zöldenergiák szempontjából, In: *Verseny és szabályozás az energiapiacokon különös tekintettel az árampiaci támogatásokra, Kutatási jelentés a Gazdasági és Versenyhivatal számára, Kézirat*
- Griliches, Z. (1957): Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change, *Econometrica*, *Journal of the Econometric Society*, Vol. 25, No. 4, 501–522. o., Idézi: Inzelt, A. (1998): *Bevezetés az innovációmenedzsmentbe*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 44. o.
- Grübler, A. (1998): *Technology and Global Change*, Cambridge University Press, Cambridge
- Grübler, A. - Nakicenovic, N. - Victor, D. G. (1999). Dynamics of energy technologies and global change. *Energy Policy*, Vol. 27, 247–280. o.
- Gudmundsson, H. - Hojer, M. (1995): Sustainable Development Principles and their Implications for Transport, *Ecological Economics*, Vol. 19, 269-282. o.
- Gutés, M. C. (1996): The Concept of Weak Sustainability. *Ecological Economics*, Vol. 17. No. 3, 147–156. o.
- Hadjilambrinos, C. (1998): Technological regimes: an analytical framework for the evaluation of technological systems, *Technology in Society*, Vol. 20, 179-194. o.
- Hain, J. J. - Ault, G. W. – Galloway, S. J. - Cruden, A. – McDonald, J. R. (2005): Additional renewable energy growth through small-scale community orientated energy policies *Energy Policy*, Vol. 33, 1199–1212. o.
- Hammelskamp, J. (1997): Environmental Policy Instruments and their Effects on Innovation, *European Planning Studies*, Vol. 2, 177-194. o.
- Hannah, L. (1979): *Electricity before nationalisation: a study of the development of the electricity supply industry in Britain to 1948*. Macmillan, London, Idézi: Hart, D. et al *Decentralised Electricity*, *Financial Times*, *Energy*, 6. o., <http://www.localpower.org>, Letöltés ideje: 2007.08.22.

- Harris, C. (2006): Electricity Markets, John Wiley & Sons Ltd, London
- Harrison, G. P. - Maclean, E. J. - Karamanlis, S. - Ochoa, L. F. (2010): Life cycle assessment of the transmission network in Great Britain, *Energy Policy*, Vol. 38, 3622–3631. o.
- Hart, S. (1997): Beyond greening, Strategies for a Sustainable World, *Harvard Business Review*, Vol. 75, No. 1, 66-76. o.
- Hart, D. et al (2000): Decentralised electricity, *Financial Times*, Energy, <http://www.localpower.org>, Letöltés ideje: 2007.08.22.
- Hartikainen, T. - Mikkonen, R. - Lehtonen, J. (2007): Environmental advantages of superconducting devices in distributed electricity-generation, *Applied Energy*, Vol. 84, 29–38. o.
- Hartwick, J. M. (1977): Intergenerational equity and the investing of rents of exhaustible resources, *American Economic Review*, Vol. 67, No. 5, 972–974. o.
- Hausman, E. et al (2006): LMP Electricity Markets: Market Operation, Market Power, and Value for Consumers, <http://www.synapse-energy.com>, Letöltés ideje: 2008.15.22.
- Hawken, P. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H. (1999): *Natural Capitalism, The Next Industrial Revolution*, Earthscan, London
- Hayward, G. – Allen, D. H. – Masterson, J. (1977): Innovation Profiles, New Tool for Capital Equipment Ma, *European Journal of Marketing*, Vol. 11, No.4, 299-311. o.
- Hegger, D. (2007): Greening Sanitary Services: an End-User Perspective, Ph.D-Thesis, Wageningen University, http://www.ksinetwork.net/files/Hegger_PhD.pdf, Letöltés ideje: 2008.11.18.
- Hekkert, M. P. – Suurs, R. A. A. – Negro, S. O. – Kuhlmann, S. – Smits, R. E. M. H (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74, 413-432. o.
- Henderson, R. M. - Clark, K. B. (1990): Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, 9-30. o., Idézi: Murmann, J. P. – Frenken, K. (2006): Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovation and industrial change, *Research Policy*, Vol. 35., 925-952. o. (938. o.)
- Hill, C. W. L. – Hoskisson, R. E. (1987): Strategy and structure in the multiproduct firm, *Academy of Management Review*, Vol. 12, No.2, 331-341. o.
- Hinterberger F. – Giljuk, S. – Hammer, M. (2003): Material Flow Accounting and Analysis (MFA), A Valuable Tool for Analyses of Society-Nature Interrelationships, SERI Background Paper Nr. 2., Vienna, <http://seri.at/wp-content/uploads/2009/09/Material-Flow-Accounting-and-Analysis-MFA.-Encyclopaedia-of-the-International-Society-for-Ecological-Economics-ISEE.pdf>, Letöltés ideje: 2005.09.29.
- Hirsh, R. F. – Sovacool, B. K. (2006): Technological Systems and Momentum Change: American Electric Utilities, Restructuring, and Distributed Generation, *The Journal of Technology Studies*, Vol. 32, No. 2, 72-85.o.
- Hodge, T. - Hardi, P. - Bell, D. V. J. (1999): Seeing Change Through the Lens of Sustainability, Beyond Delusion: Science and Policy Dialogue on Designing Effective Indicators of Sustainable Development, The International Institute For Sustainable Development, 6-9 May 1999, Costa Rica, <http://www.iisd.org/pdf/background.pdf>, Letöltés ideje: 2008.11.23.
- Hoff, T. E. (1997): Using Distributed Resources to Manage Risks Caused by Demand Uncertainty. <http://www.clean-power.com/research.asp>, Letöltés ideje: 2009.10.05.
- Hoffman, S. - High-Pippert, A. (2005): Community Energy: A Social Architecture for an Alternative Energy Future *Bulletin of Science, Technology & Society*, Vol. 25, No. 5, 387-401.o.

- Holt, E. (1997): Disclosure and Certification: Truth and Labeling for Electric Power REPP Renewable Energy Policy Project Issue Brief, January, No. 5., http://www.repp.org/repp_pubs/pdf/holt.pdf, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- Hornszky, I. (2002): Kockázat és innováció, A technika fejlődése társadalmi kontextusban, Arisztotelész Kiadó, Budapest
- Huber, J. (1995): Nachhaltige Entwicklung. Strategien für eine ökologische und soziale Erdpolitik, Sigma, Berlin
- Huber, J. (2004): Environmental Policy Shift Through Technological Innovation, <http://userpage.fu-berlin.de/~ffu/akumwelt/bc2003/proceedings/438%20-%20447%20huber.pdf>, Letöltés ideje: 2006.05.07.
- Hughes, T. P. (1979):
- Hughes, T. P. (1983): Network of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930, John Hopkins University Press, Baltimore
- Hughes, T. P. (1987): The evolution of large technological systems, In: Bijker, W. - Hughes, T. P. - Pinch, P. (eds): The Social construction of technological systems, The MIT Press, Cambridge, 51–82. o.
- Hughes, T. P. (1994): Technological momentum. In: Merritt, R. S. - Mark, L. (eds.): Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism. MIT Press, Cambridge, 101–113. o., Idézi: Barley, S. R. (1998): What can we learn from the history of technology?, Journal of Engineering and Technology Management, Vol. 15, 237–255.o. (253. o.)
- Ibrahim, H. - Ilinca, A. – Perron, J. (2008): Energy storage systems—Characteristics and comparisons, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 12, 1221–1250.o.
- IAEA-UN (2007): Energy Indicators for Sustainable Development:Country Studies on Brazil, Cuba, Lithuania, Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand, <http://www.un.org/esa/sustdev/publications>, Letöltés ideje: 2009.03.13.
- ICF (2002): Unit Costs of constructing new transmission assets at 380kV within the European Union, Norway and Switzerland, DG TREN/European Commission, Final Report, <http://ec.europa.eu/energy/electricity/publications>, Letöltés ideje: 2010.03.04
- IEA (2002): Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets. Organisation for Economic Co-operation and Development, IEA, Paris
- IEA (2005): Socio-economic Drivers in Implementing Bioenergy Community Projects. Proposal to the Executive Committee IEA Bioenergy, Work Period 2003-2005, Idézi: Voß, A. – Rath-Nagel, S. – Ellersdorfer, I. (2005): A Conceptual Framework for Sustainable Electricity Supply, EUSUTEL Project, WP 8.8, <http://www.eusustel.org>, Letöltés ideje: 2009.09.23.
- Ilosvai, P. (2008): Stratégiaalkotás és alkalmazás, PTE-KTK, Pécs
- INVESTIRE (2003/a): Network Storage Technology Report ST6: Flywheel, Project funded by the European Community under the 5th Framework Programme (1998 - 2002), <http://www.itpower.co.uk/investire/pdfs/flywheelrep.pdf>, Letöltés ideje: 2010.04.25.
- INVESTIRE (2003/b): Lead Acid Systems Storage Technology Report, Project funded by the European Community under the 5th Framework Programme (1998 - 2002), <http://www.itpower.co.uk/investire/pdfs/leadacidrep.pdf>, Letöltés ideje: 2010.04.25.
- Inzelt, A. (1998): Bevezetés az innovációmenedzsmentbe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Inzelt, A. (2004): Az egyetemek és a vállalkozások kapcsolata az átmenet idején, Közgazdasági Szemle, Vol. 51., 870–890. o.
- IPCC (2001): Climate Change 2001: A Synthesis Report, Cambridge University Press, Cambridge
- Islas, J. (1997): Getting Round the Lock-in in Electricity Generating Systems: The Example of the Gas Turbine, Research Policy Vol. 26, 49-66. o.

- Jabareen, Y. (2008): A new conceptual framework for sustainable development, *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 10, No.2, 179-192.o.
- Jacobsson, S. - Sanden, B. A. – Bangens, L. (2004): Transforming the energy system – The evolution of the German technological system for solar cells, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 16, No. 1., 3-30. o.
- Jacobsson, S. – Johnson, A. (2000): The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research, *Energy Policy*, Vol. 28, 625-640. o.
- Jacobsson, S. – Bergek, A. (2004): Transforming the Energy Sector: The Evolution of Technological Systems in Renewable Energy Technology, <http://userpage.fu-berlin.de/ffu/akumwelt/bc2003/proceedings/208%20-%20236%20jacobbsen.pdf>, Letöltés ideje: 2007.11.22.
- Jaffe, A. - Newell, R. G. – Stavins, R.N. (2000): Technological Change and the Environment, Working Paper Series, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, <http://www.nber.org/papers/w7970>, Letöltés ideje: 2007.12.14
- Jaffe, A. - Richard G. Newell, R. G. - Robert N. Stavins, R. N. (2002): Environmental Policy and Technological Change, <http://www.feem.it/web/activ/activ.html>, Letöltés ideje: 2007.11.19.
- Jamasb, T. – Pollitt, M. (2005): Electricity Market Reform in the European Union: Review of Progress toward Liberalization & Integration, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, 05-003 WP, DOE&Sloan School of Management, <http://tisiphone.mit.edu/RePEc/mee/wpaper/2005-003.pdf>, Letöltés ideje: 2007.11.19.
- Jänicke, M. (2008): Ecological modernisation: new perspectives, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16, No. 5, 557-565. o.
- Jansen, L. (2003): The challenge of sustainable development, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 11, 231–245. o.
- Johannessen, J. A.- Olsen, B. – Lumpkin, G. T. (2001): Innovation as Newness: What is New, How New, and New to Whom?, *European Journal of Innovation Management*, Vol. 4, No. 1, 20–31.o.
- Johnson, A. (1998): Functions in innovation system approaches. Unpublished Working Paper. Department of Industrial Dynamics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Idézi: Bergek, A. – Jacobsson, S. – Carlsson, B. – Lindmark, S. – Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, *Research Policy*, Vol. 37, 407-429. o. (426. o.)
- Jacobsson, S. - Bergek, A. (2004): Transforming the energy sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13, 815–849.o. Idézi: Bergek, A. – Jacobsson, S. – Carlsson, B. – Lindmark, S. – Rickne, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, *Research Policy*, Vol. 37, 407-429. o. (426. o.)
- Jones, G. R. – Hill, C. W. L. (1988): Transaction cost analysis of strategy – structure choice, *Strategic Management Journal*, Vol. 9, No. 2, 159-172. o.
- Jung C. – Krutilla, K. - Boyd R. (1996): Incentives advanced pollution abatement technology at the industry level: an evaluation policy alternatives, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 30, 95-111. o.
- Kaserman, D. L. - Mayo, J. W. (1991): The measurement of vertical economies and the efficient structure of the electric utility business, *Journal of Industrial Economics*, Vol. 39, No. 5, 483–503. o.
- Katona, J. (2006): Az Oslo kézikönyv harmadik kiadásának kiértékelése. Magyar Innovációs Szövetség, 2006. május 30. Budapest.

<http://www.nkth.gov.hu/main.php?folderID=466&articleID=4943&ctag=articlelist&iid=1>,
Letöltés ideje: 2006.03.08.

- Kemp, R. (2000): Technology and Environmental Policy – Innovation effects of past policies and suggestions for improvement, OECD, June 2000, http://www.oecd.org/dsti/sti/s-t/prod/Innovation_Workshop.htm; Letöltés ideje: 2006.06.14
- Kemp, R. – Arundel, A. (1998): Survey Indicators For Environmental Innovation, IDEA Paper Series, 8/1998, Step Group Norway, <http://www.sol.no/step/IDEA>, Letöltés ideje: 2005.02.11.
- Kemp, R – Schot, J. – Hoogma, R (1998): Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 10, No. 2, 175–96. o.
- Kemp, R. - Loorback, D. (2003): Governance for Sustainability through Transition Management, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/openmtg/docs/kemp.pdf>, Letöltés ideje: 2006.01.14.
- Kemp, R. (2008): Sustainable technologies do not exist!, DIME Conference "Innovation, Sustainability and Policy", Bordeaux, 11-13. September 2008., <http://www.dime-eu.org/files/active/0/Kemp%20-%20Sustainable%20technologies%20do%20not%20exist%206-9-2008.pdf>, Letöltés ideje: 2008.12.04.
- Kerekes, S. (2008): A fenntartható fejlődés és versenyképesség, Közgazdasági és játékelméleti megfontolások, <http://www.menszt.hu>, Letöltés ideje: 2009.02.03
- Kerekes, S. (2006): A fenntartható fejlődés közgazdasági értelmezése, In.: Bulla, M. –Tamás, P. (szerk.): Fenntartható fejlődés Magyarországon – Jövőképek és forgatókönyvek, ÚMK, Budapest, 196–211. o.
- Kerekes, S. (2007): A környezetgazdaságtan alapjai, Aula Kiadó, Budapest
- Kerekes, S. – Fogarassy, Cs. (2006): Környezetgazdálkodás, Fenntartható fejlődés, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Gödöllő
- Kerekes, S. – Kindler, J. (1997): Vállalati környezetmenedzsment, Aula Kiadó, Budapest
- Kerekes, S. - Szlávik, J. (1996): A környezet-menedzsment közgazdasági eszközrendszerei, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest
- Kerekes, S. - Szlávik, J. (2000): Zöld úton az EU felé? - Rómától Amszterdamig, Harvard Business Manager, No.4, 50-62. o.
- Kerényi, A. (2003): Európa Természet- és környezetvédelme, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Kerényi, A. (2006): A fenntartható fejlődés elmélete és gyakorlata, http://www.matarka.hu/koz/ISSN_1417-5398/69k_2006/ISSN_1417-5398_69k_2006_297-305.pdf, Letöltés ideje: 2010.12.18.
- Khatib, H. (2008): Economic Evaluation of Project in the Electricity Supply Industry, IET Renewable Energy Series 44, The Institution of Engineering and Technology, London
- King, A. - Lenox, M. (2002): Exploring the Locus of Profitable Pollution Reduction, Management Science, february, 289-299. o.
- Kiss, J. (2004): A technológiai innováció szerepe a magyar vállalatok versenyképességében, Ph.D-értekezés, http://phd.lib.uni-corvinus.hu/178/1/kiss_janos.pdf, Letöltés ideje: 2007.11.19
- Kiss, K. (2005): Zöld gazdaságpolitika, Egyetemi jegyzet közgazdász hallgatók számára, <http://www.uni-corvinus.hu>, Letöltés ideje: 2009.03.02.
- Kiss, T. (2005): A fenntartható fejlődés mint versenyképességet befolyásoló tényező, Évkönyv 2004-2005, IV. Kötet, PTE-KTK, Regionális politika és Gazdaságtan Doktori Iskola, 26-32. o.
- Kiss, T. (2010/a): Az energetika közösségi szerepe, Kézirat, PTE-KTK
- Kiss, T. (2010/b): A közösség, mint a fenntarthatóság szükséges feltétele, Mandulavirágzás Tudományos Napok, A Fenntarthatóság Európája Konferenciakötet, PTE, 18-25. o.

- Kincsei, A. (2007): Technológia és társadalom az információ korában, Oktatási Tananyag, NETIS, http://vizgoltan.hu/x_bit/netis/03_Kincsei_technologia.pdf, Letöltés ideje: 2008.01.15.
- Kindler, J. – Papp, O. (1977): Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Klein-Woolthuis, R. - Lankhuizen, M. - Gilsing, V. (2005): A system failure framework for innovation policy design. *Technovation*, Vol. 25, 609–619. o.
- Knight, K. E. (1967): A descriptive model of the intra-firm innovation process, *Journal of Business*, Vol. 40, No. 4, 478-496. o.
- Knusden, T. (2008): Organizational routines in evolutionary, In: Becker, M. (eds): *Theory in Handbook of Organizational routines*, Edward Elgar, Cheltenham
- Kondratev, N. (1935): The long waves in economic life, *Review of Economics and Statistics*, 105-115. o., Idézi: Sípos, B. (2002): The long-term cycles of economic life in Hungary and in the world economy, In: Varga, A. – Szerb, L. (Eds.): *Innovation, Entrepreneurship, Regions and Economic Development: International Experiences and Hungarian Challenges*, University of Pécs, 51-80.o.
- Korhonen, J. (2004): Theory of industrial ecology, progress in *Industrial Ecology*, Vol. 1, No. 1/2/3, 61-88. o.
- Kotabe, M. - Swan, K. S. (1995): The Role of Strategic Alliances in High Technology New Product Development, *Strategic Management Journal*, Vol. 16, No. 8., 621–636. o.
- Kotler, P. (1991): *Marketing Management*, Műszaki Kiadó, Budapest
- Kovács, E. (2000): A szervezetelméletek formálódása a társadalmi és az ökológiai értékek beépülése során, *Kovács*, Vol. 4, No. 1-4, 53 - 88. o.
- Kozák, M. (2002): Az energiatermelés és a fenntartható fejlődés körüli ellentmondások, *Energiagazdálkodás*, Vol. 43., No. 5., 22-25. o.
- Kozma, F. (1984): Egyén, vállalat, állam, Kossuth Kiadó, Budapest, Idézi: Szakály, D. (2002/a): *Innováció- és technológiamenedzsment I.*, Bíbor Kiadó, Miskolc, 8. o.
- Könnölä, T. (2007): Industry Dynamics and Technological Roadmaps in International RD&D Management. Knowledge for Growth: Role and Dynamics of Corporate R&D; First European Conference, IPTS Joint Research Centre of European Commission, Seville, Spain, October 8th – 9th 2007. <http://iri.jrc.es/concord-2007/papers/strand6/Konnola.pdf>; Letöltés ideje: 2008.05.04.
- Krasner, O. J. (1982): The Role of Entrepreneurs in Innovation, In Kent, C. A. – Sexton, D. L. – Vesper, K. H. (eds): *Encyclopaedia of Entrepreneurship*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey
- Kreith, F. – Goswami, D. Y. (2007): *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, CRC Press, New York
- Kueck, J.D. – Stauton, R. H. – Labinov, S. D. – Kirby, B.J (2003): *Microgrid Energy Management System*, US Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory, <http://www.ornl.gov/sci/btc/apps/Restructuring/TM2002-242.pdf>, Letöltés ideje: 2006.05.10.
- Kurz, R. (1996): Innovationen für eine zukunftsfähige Entwicklung. Aus Politik und Zeitgeschichte, In: Beilage zur Wochenzeitung Das Parlament B7/96, 14–22. o.
- KVVM (2007): Klímapolitika, A “mini megújuló” kapacitás integrációja a magyar villamos energia rendszerbe, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, http://klima.kvvm.hu/documents/14/NES_minimegujulo.pdf; Letöltés ideje: 2007.08.31
- Kwoka, J. E. (2002): Vertical economies in electric power, evidence on integration and its alternatives. *International Journal of Industrial Organization* Vol. 20, No.5, 653–671. o.
- Landon, J. H. (1983): Theories of vertical integration and their application to the electric utility industry, *Antitrust Bulletin*, Spring, 101-130.o.

- Latour, B. (1992): Where are the Missing Masses? Sociology of a Few Mundane Artefacts In: Bijker, W. E. – Law, J. (Eds.): Shaping Technology, Building Society: Studies in Sociotechnical Change, MIT Press, Cambridge, Id: Kincsei, A. (2007): Technológia és társadalom az információ korában, Oktatási Tananyag, NETIS, (12. o.), http://vizgoltan.hu/x_bit/netis/03_Kincsei_technologia.pdf, Letöltés ideje: 2008.01.15.
- Láng, I. (2003): A Fenntartható fejlődés Johannesburg után, Környezetgazdák kiskönyvtára, Agroinform Kiadó, Budapest
- Lee, B. W. – Green, K. (1994): Towards Commercial and Environmental Excellence: A Green Portfolio Matrix, Business Strategy and the Environment, Vol.3. No.3., 4–5. o.
- Lee, B. (1995): Separability test for the electricity supply industry, Journal of Applied Econometrics Vol. 10, 49-60. o.
- Li, W. (2005): Risk assessment of Power Systems, IEEE Press Series on Power Engineering, Wiley&Sons, London
- Liebowitz, S. J. - Margolis, S. E. (1995): Path dependence, lock-in, and history, Journal of Law, Economics and Organisation, Vol. 11., 205-226. o.
- Liebowitz, S. J. - Margolis, S. E. (1998): Path dependence, <http://www.utdallas.edu/~liebowit/palgrave/palpd.html>, Idézi: Lafferty, W. – Ruud, A. (2008): Promoting Sustainable Electricity in Europe, Edward Elgar, Cheltenham
- Lior, N. (2010): Sustainable energy development: The present (2009) situation and possible paths to the future, Energy, Vol. 35, 3976-3994. o.
- Loken, E. (2007): Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 11, 1584–1595. o.
- London Economics (2007): Structure and Performance of Six European Wholesale Electricity Markets in 2003, 2004 and 2005, <http://www.londoneconomics.org>; Letöltés ideje: 2009.10.29.
- Loorbach, D. – Rotmans, J. (2006). Managing transitions for sustainable development, Understanding Industrial Transformation, Environment & Policy, Vol. 44, 187-206. o.
- Lowe, P. (1995): The management of technology: perception and opportunities, Springer, New York, Idézi: Pataki, B. (2005): Technológiamenedzsment, Kiegészítő olvasmányok, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1. o. <http://www.uti.bme.hu/data/segedanyag/15/mot-olvasmanyok-5o.pdf>, Letöltés ideje: 2008.01.13.
- Lukovic, S. - Kaitovic, I. - Mura, M. – Bondi, U. (2010): Virtual Power Plant as a bridge between Distributed Energy Resources and Smart Grid, Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/HICSS.2010.437>, Letöltés ideje: 2010.03.24.
- Lund, H. (2007): Renewable energy strategies for sustainable development, Energy, Vol. 32., 912–919. o.
- Lundgren, A.- Nordenloköw, L. (1995): Mellan teknik och marknad-tekniskt entreprenörskap i industriella nätverk. In: Företag och marknader i förändring - dynamik i nätverk. Nerenius och Santéren Förlag, Stockholm, Idézi: Jacobsson, S. – Johnson, A. (2000): The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research, Energy Policy, Vol. 28, 625-640. o. (630. o.)
- Lundvall, B-A. (1992): National System of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter Publishers, London
- Luiten, E. E. M. (2001): Beyond energy efficiency, Actors, networks and government intervention in the development of industrial process technologies, Ph.D thesis, <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/1970148/inhoud.htm>, Letöltés ideje:2008.06.07.

- MacKenzie, J. J. (1998): Energy and the Environment in the 21st Century: The Challenge of Change, *Journal of Fusion Energy*, Vol. 17, No. 2, 141-150. o.
- Madlener, R. – Stagl, S. (2005): Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation, *Ecological Economics* Vol. 53, 147– 167. o.
- Magee, C. L. – de Weck, O. L. (2002): An Attempt at Complex System Classification, MIT, ESD, Working Paper Series, ESD-WP-200301-02, Cambridge, <http://esd.mit.edu/WPS>, Letöltés ideje: 2008.10.11.
- Maire, J. (2006): Profiling and Mapping of Intelligent Grid R&D Programs, EPRI, Final Report, http://www.nationalelectricityforum.org/2007/pdfs/EPRI_Report_1-07.pdf, Letöltés ideje: 2008.03.11.
- Malerba, F. – Orsenigo, L. (1993): Technological Regimes and Firm Behavior, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 2, No. 1, 45-74.o.
- Malerba, F. (1999): Sectoral systems of innovation and production, DRUID Conference on: National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy, Rebild, June 9-12, 1999., <http://www.druid.dk>, Letöltés ideje: 2008.05.14.
- Malerba, F. (2002): Sectoral systems of innovation and production, *Research Policy*, Vol. 31, 247– 264. o.
- Maly, M - Donkelaar, M. - van Oostvoorn, F. - Skytte, K. – Frias, P. – Gomez, T. (2006): Economic, policy and regulatory barriers and solutions for integrating more DER in electricity supply, SOLID-DER D1.1 phase 1, <http://www>.; Letöltés ideje: 2009.01.12.
- Maréchal, K. – Lazaric, N. (2008): Changing habits and routines in energy consumption: how to account for both individual and structural influences while integrating the motivational dimension, DIME Conference, "Innovation, Sustainability and Policy", Bordeaux, 11-13. September 2008., <http://www.dime-eu.org/files/active/0/MarechalLazarik.pdf>, Letöltés ideje: 2008.12.04.
- Markard, J. – Truffer, B. (2006): Innovation processes in large technical systems: Market liberalization as a driver for radical change?, *Research Policy*, Vol. 35, 609–625. o.
- Markusson, N. – Olofsdotter, A. (2001): Drivers for Environmental Innovation, Vinnova, Stockholm, <http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vf-01-01.pdf>, Letöltés ideje: 2006.01.15.
- Marshall, A. (2007): The Theory and Practice of ecomimicry, Sustaining Gondwana, Working Paper Series, No. 3, http://strongercommunities.curtin.edu.au/local/pdf/Gondwana_Working_Papers_Issue3.pdf, Letöltés ideje: 2010.04.05.
- Marsili, O. – Verspagen, B. (2001): Technological Regimes and Innovation: Looking for Regularities in Dutch Manufacturing, http://www.druid.dk/conferences/nw/abstracts1/marsili_verspagen.pdf, Letöltés ideje: 2009.04.21.
- Martin, M. C. J. (1984): Managing technological innovation and entrepreneurship, Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Martin, J. - Dodgson, M. (1997): Systems of Innovation, AAMC Conference, Sydney, Idézi: Szakály, D. (2002/a): Innováció- és technológiamenedzsment I., Bíbor Kiadó, Miskolc, 17. o.
- Málovics, Gy. (2009): A vállalati fenntarthatóság érintettközpontú vizsgálata, Ph.D-értekezés, http://www.rphd.ktk.pte.hu/files/tiny_mce/File/Vedes/Malovics_Gyorgy_disszertacio.pdf, Letöltés ideje: 2011.02.10
- Málovics, Gy. - Bajmócy, Z. (2009): A fenntarthatóság közgazdaságtani értelmezései, *Közgazdasági Szemle*, LVI. évf., 464–483. o.

- McDonough, W. – Braungart, M. (1998): The Next Industrial Revolution, The Atlantic Magazine, <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1998/10/the-next-industrial-revolution/4695>, Letöltés ideje: 2005.08.11.
- Meadows, D. H. – Meadows, D. D. – Randers, J. – Behrens, W. (1972): The Limits to growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Man Kind, Universe Books, New York
- Metcalf, J. S. (1992): The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives, Mimeo, University of Manchester, Idézi: Jacobsson, S. – Johnson, A. (2000): The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research, Energy Policy, Vol. 28, 625-640. o. (630.o.)
- Meyer-Abich, K. M. (2001): Nachhaltigkeit – ein kulturelles, bisher aber chancenloses Wirtschaftsziel. Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik. Zfwu, Vol. 2, No. 3, 291–310. o.
- Meyers, E. M. - Hu, M. G. (2001): Clean Distributed Generation: Policy Options to Promote Clean Air and Reliability, The Electricity Journal, Jan. –Feb., 89-98.o.
- Midttun, A. (1996): European Electricity Systems in Transition, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Ltd., London
- Midttun, A. (1997): Electricity Systems in Transition, A comparative analysis of policy and regulation in Western Europe, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Science Ltd., Oxford
- Mokken, J. R. – Stokman, N. F. (1976): Power and Influence as Political Phenomena, In: Barry, B. M. (Eds): Power and Political Theory, Wiley, Oxford, 33-54. o., <http://www.stokman.org/artikel/76Mokk.Pow&Influence.PPT.pdf>, Letöltés ideje: 2010.09.01.
- Mol, A. P. J. (1995): The Refinement of Production: Ecological modernization theory and the chemical industry, Van Arkel, Utrecht
- Mulder, K. F. (2007): Innovation for sustainable development: from environmental design to transition management, Sustainable Science, Vol. 2; 253–263. o.
- Mulder, K. F. – Reschke, C. H. – Kemp, R. (1999): Evolutionary Theorising on Technological Change and Sustainable Development, Paper prepared for the European Meeting on Applied Evolutionary Economics, 7-9 June 1999, Grenoble, France, <http://webu2.upmf-grenoble.fr/iepe/textes/Mulder.PDF>, Letöltés ideje: 2005.09.08.
- Mumford, L. (1966): Technics and the nature of man, Technology and culture, Vol. 7, No.3. 303-317.o., Idézi: Grübler, A. (1998): Technology and Global Change, Cambridge University Press, Cambridge, 20-21.o.
- Munasinghe, M. (2003): Analysing the Nexus of Sustainable Development and Climate Change: An Overview, COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2002)2/FINAL, <http://www.oecd.org/dataoecd/32/54/2510070.pdf>, Letöltés ideje: 2008.06.23.
- Munson, R. (2005): From Edison To Enron, The Business of Power and What It Means for the Future of Electricity, Praeger Publishers, Westport
- Murmann, J. P. – Frenken, K. (2006): Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovation and industrial change, Research Policy, Vol. 35., 925-952. o.
- Nagy, Sz. (2005): Környezettudatos marketing, Ph.D-értekezés, Miskolci Egyetem, http://kvt99.lib.uni-miskolc.hu:8080/servlet/eleMEK.server.fs.DocReader?id=204&file=de_2468.pdf, Letöltés ideje: 2007.12.10.
- Navarro, E. et al (2005): International standard situation concerning components of distributed power systems and recommendations of supplements, Document Type: Deliverable,

- DISPOWER, http://www.iset.uni-kassel.de/dispower_static/documents/del21.pdf, Letöltés ideje: 2010.03.07.
- NEEDS (2008): Final set of sustainability criteria and indicators for assessment of electricity supply options, NEEDS, Sixth Framework Program, Deliverable n° D3.2 – RS 2b, http://gabe.web.psi.ch/pdfs/Needs/NEEDS_RS2b_D3-2.pdf, Letöltés ideje: 2010.06.08.
- Negro, S. O. – Hekkert, M. P. – Smits, R. E. (2007): Explaining the failure of the Dutch innovation system from biomass digestion – A functional analysis, *Energy Policy*, Vol. 3, 92-938. o.
- Nelson, R. R. - Winter, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge
- Nelson, R. R. (1993): *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Oxford University Press, Oxford, Idézi: Inzelt, A. (1998): *Bevezetés az innovációmenedzsmentbe*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (61-62. o.)
- Nielsen, J. E. (2002): *Review of Technical Options and Constrains for Integration of Distributed Generation in Electricity Networks*, Idézi: Donkelaar, M. – Scheepers, M. J.(2004): *A socio-economic analysis of technical solutions and practices for the integration of distributed generation*, DISPOWER Project, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/c04011.pdf>, Letöltés ideje: 2009.03.12.
- Nieuwenhout, F. et al (2010/a): *Market and regulatory incentives for cost efficient integration of DG in the electricity system*, IMPROGRES project, Final Report, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- Nieuwenhout, F. et al (2010/b): *Regulatory strategies for selected Member States (Denmark, Germany, Netherlands, Spain, the UK)*, IMPROGRES project, Final Report, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- Nill, J. - Kemp, R. (2009): *Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: From niche to paradigm?*, *Research Policy*, Vol. 38., 668-680. o.
- Norgaard, R. B. (1988): *Sustainable Development: A Co-Evolutionary View*, *Futures*, Vol. 20, No. 6, 606-620. o.
- North, D. C. (1990): *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press, Idézi: Foxon, T. J. (2003): *Inducing Innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies*, A report for The Carbon Trust, (9. o.), <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CT-2003-07>, Letöltés ideje:2007.12.05.
- Norton, B (2002): *Pragmatism, adaptive management, and sustainability*, *Environmental Values*, Vol. 8, 451–466. o.
- OECD – IEA (2003): *World Energy Outlook*, Paris
- OECD - NEA (2002): *Indicators of Sustainable Development in the Nuclear Energy Sector - A Preliminary Approach*. NEA/NDC(2002)5. Paris, April 2002, Idézi: Voß, A. – Rath-Nagel, S. – Ellersdorfer, I. (2005): *A Conceptual Framework for Sustainable Electricity Supply*, EUSUTEL Project, WP 8.8, <http://www.eusustel.org>, Letöltés ideje: 2009.09.23.
- OECD – IEA (2009): *Cities, Towns&Renewable Energy*, <http://www.iea.org>, Letöltés ideje: 2010.03.10.
- Offe, C. (1994): *A kelet-európai átmenetek intézményeinek tervezése*, *Politikatudományi Szemle*, No. 3, Idézi: Bara, Z. – Szabó, K. (1996): *Összehasonlító gazdaságtan, Bevezetés a gazdasági rendszerek elméletébe*, Aula Kiadó, Budapest (24. o)
- Ottens, M. – Franssen, M. – Kroes, P. - van de Poel, I. (2006): *Modelling infrastructures as socio-technical systems*, *International Journal of Critical Infrastructures*, Vol. 2, No.2-3, 133-145. o.
- Ottman, J. (1997): *Renewable Energy: Ultimate Marketing Challenge*, *Marketing News*, April 28

- Östlund, S. – Larsson, R. (1994): The greening of strategic alliances; Idézi: Pataki, Gy. (2000): Az ökológiailag fenntartható vállalat, Ph.D-értekezés, 76. o., http://phd.lib.uni-corvinus.hu/199/1/pataki_gyorgy.pdf, Letöltés ideje: 2008.04.23.
- Pakucs, J. (1997): Innováció és a gazdaság, *Gazdaság és gazdálkodás*, Vol. 35., No. 9., 17-20. o.
- Pakucs, J. (1998): Az innovációs folyamat finanszírozás, *Vezetéstudomány*, Vol. 29., No. 4., 21-24.o.
- Panayotou, T. (1994): Economic Instruments for Environmental Management and Sustainable Development, UNEP Consultative Expert Group Meeting on “the Use and Application of Economic Instruments for Environmental Management and Sustainable Development”, http://classwebs.spea.indiana.edu/kenricha/Classes/V600/Spring%202009%20Class%20Readin gs/Frameworks/panyouto_econ_instru.pdf, Letöltés ideje: 2005.02.16.
- Parker, J. E. (1978): *The Economics of Innovation, The National and Multinational Enterprise in Technological Change*, Longman, London
- Pataki, B. (1999): *Technológiaváltások menedzselése*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Pataki, B. (2005): *Technológiamenedzsment, Kiegészítő olvasmányok*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, <http://www.uti.bme.hu/data/segedanyag/15/mot-olvasmanyok-5o.pdf>, Letöltés ideje: 2008.01.13.
- Pataki, B. – Takács-Sántha, A. (2004): *Természet és gazdaság: Ökológiai közgazdaságtan szöveggyűjtemény*. Typotex Kiadó, Budapest
- Pataki, Gy. (2000): Az ökológiailag fenntartható vállalat, Ph.D-értekezés, http://phd.lib.uni-corvinus.hu/199/1/pataki_gyorgy.pdf, Letöltés ideje: 2008.04.23.
- Pataki, Gy. – Bela, Gy. – Kohlheb, N. (2003): *Versenyképesség és környezetvédelem*, PM Kutatási Füzetek, 5. szám, http://www1.pm.gov.hu/web%5Cchrome.nsf/portalarticles/.../5.fuz_040107.pdf, Letöltés ideje: 2010.04.15.
- Patterson, W. (2007): *Keeping the lights on, Towards Sustainable Electricity*, Chatham House, Earthscan, London
- Pauli, G. (2010): *Kék gazdaság, 10 év 100 innováció 100 millió munkahely*, A Római Klub jelentése, PTE-KTK Kiadó, Pécs
- Pearce, D. - Atkinson, G. (1993): *Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: An Indicator of Weak Sustainability*, *Ecological Economics*, Vol. 8, 103–108.o.
- Pearce, D. – Barbier, E. B. – Markandya, A. (1989): *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan, London
- Perlaki, I. (1981): *Innováció és szervezés*, Idézi: Szakály, D. (2002/a): *Innováció- és technológiamenedzsment I.*, Bíbor Kiadó, Miskolc, (8. o.)
- Pezzey, J. (1989): *Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development*, World Bank, Environmental Department, Working Paper, No. 15, http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1999/10/21/000178830_98101911160728/Rendered/PDF/multi_page.pdf, Letöltés ideje: 2006.04.15.
- Pfeifenberger, P.J. - Hanser, Q. P. – Amman, R. P. (1997): What's in the Cards for Distributed Resources? *The Energy Journal*, Vol. 18, Special Issue titled Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business, 1-16. o.
- Philipson, L. – Willis, H. L. (2006): *Understanding Electric Utilities and De-Regulation*, Taylor & Francis Group
- Pierson, P. (2000): *Increasing returns, path dependence, and the study of politics*, *American Political Science Review*, Vol. 84., No.2., 251-267. o. Idézi: Foxon, T. J. (2003): *Inducing Innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies*, A report for The Carbon Trust, (9. o.) <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CT-2003-07>, Letöltés ideje:2007.12.05.

- Pietrasinski, Z. (1970): Ogólné i psychologiczne zagadnienia inowacji, Varso, PWN, pp. 24-28.,
Idézi: Szakály, D. (2002/a): Innováció- és technológiamenedzsment I., Bíbor Kiadó, Miskolc,
(6. o.)
- Pinch, T. J. - Bijker, W. E. (1987): The social construction of facts and artifacts: or How the sociology of science and the sociology of technology might benefit from each other, In: Bijker, W. E. - Hughes, T. P. – Pinch, T. (Eds.): The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology, MIT Press, Cambridge, 17-50. o.
- Piskóti, I. (2007): Innovációmenedzsment kutatás és gyakorlat, Innovációmarketing – Marketinginnováció, Miskolci Egyetem, Innovációmenedzsment Kooperációs Kutatási Központ, Miskolc
- Pohekar, S. D. – Ramachandran, M. (2004): Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review, Renewable and Sustainable Energy Review; Vol. 8, 365–381. o.
- Porter, M. (1993): Versenystratégia, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest
- Porter, M. (1987): From competitive advantage to corporate strategy. Harvard Business Review, Vol. 65, 43-59. o.
- Porter, M. – van der Linde (1995): Green and Competitive, Harvard Business Review, 09-10, 120-134. o.
- Praetorius, G. – Bauknecht, D. – Cames, M. – Fischer, C. – Pehnt, M. – Schumacher, K. – Voß, J-P. (2009): Innovation for Sustainable Electricity Systems, Exploring the Dynamics of Energy Transitions, Sustainability and Innovation Series, Physica-Verlag, Heidelberg
- Prahalad, C. K. – Hammond, A. (2002): Serving the World's Poor, Profitably, Harvard Business Review, Vol. 80, No. 9, 48-57. o.
- Pryor, F. L. (1973): Property and Industrial Organization in Communist and Capitalist Nations, Indiana University Press, Bloomington, Idézi: Bara, Z. – Szabó, K. (1996): Összehasonlító gazdaságtan, Bevezetés a gazdasági rendszerek elméletébe, Aula Kiadó, Budapest (21. o.)
- PSI (2002): Degree of Sustainability of Various Nuclear Fuel Cycles. Nuclear Energy and Safety Research Department. Paul Scherrer Institut. PSI Bericht Nr. 02-14. Villingen, August 2002, Idézi: Voß, A. – Rath-Nagel, S. – Ellersdorfer, I. (2005): A Conceptual Framework for Sustainable Electricity Supply, EUSUTEL Project, WP 8.8, <http://www.eusustel.org>, Letöltés ideje: 2009.09.23.
- PSI (2006): Strengths and Weaknesses of Current Energy Chains in a Sustainable Development Perspective, http://www.kernenergie.de/kernenergie/documentpool/Jul/atw2006_07_hirschberg.pdf, Letöltés ideje: 2008.07.22.
- PwC (2009/a): Power Deals, 2008 Annual Review, <http://www.pwc.com>, Letöltés ideje: 2009.11.02.
- PwC (2009/b): A World of Difference, Tomorrow's Power Utilities Industry, <http://www.pwc.com>, Letöltés ideje: 2009.11.02.
- Ragwitz, M. et al (2007): Assessment and optimisation of renewable energy support schemes in the European electricity markets, OPTRES Project, Final Report, http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/2007_02_optres.pdf, Letöltés ideje: 2009.11.16.
- Rastler, D. (2004): Economic Costs and Benefits of Distributed Energy Resources, EPRI Report, 1011305, <http://www.epri.org>, Letöltés ideje: 2007.08.23.
- Raven, R. P. J. M. (2004): Towards alternative trajectories? Reconfigurations in the Dutch electricity regime, Research Policy, Vol 35, 581-595. o.

- Rawson, M. (2004): Distributed Generation Costs and Benefits Issue Paper, California Energy Commission, http://www.energy.ca.gov/papers/2004-08-30_RAWSON.PDF, Letöltés ideje: 2006.01.14.
- Rechnitzer, J. (1993): Szétszakadás vagy felzárkózás, A térszerkezetet alakító innovációk – MTA RKK, Győr
- Redclift, M. (1991): The Multiple Dimensions of Sustainable Development, *Geography*, Vol. 76, No.1., 36-42. o.
- Rees, W. E. (1995): Achieving Sustainability: Reform or Transformation?, *Journal of Planning Literature*, Vol. 9, No. 4, 343-361. o.
- Reid, D. (1992): Sustainable Development, An Introductory Guide, Earthscan Publications Ltd., London
- Reinhardt, F. L. (1999): Environmental Product Differentiation: Implications for Corporate Strategy, *California Management Review*, Vol. 40, No. 4., 43-73. o.
- Reketttye, G. (2003) The regularities of innovation – A marketing Perspective, *Acta Oeconomica*, Vol. 53., No. 1., 45-59.o.
- Reményi, K. (2009): Az energiastratégia sarokpontjai, *Magyar Tudomány*, Vol. 170, No. 3, 323-333. o.
- Rennings, K (2000): Redefining Innovation - Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics, *Ecological Economics*, Vol. 32, No. 2, 319-332. o.
- Rip, A. - Kemp, R. (1998): Technological Change. In: Rayner, S. - Malone, E.L. (Eds.), *Human Choice and Climate Change – Resources and Technology*. Battelle Press, Columbus, 327–399.o., <http://kemp.unu-merit.nl/Rip%20and%20Kemp.pdf>, Letöltés ideje: 2006.06.08.
- Rogers, E. M. (1995): *Diffusion of Innovations*, Free Press, New York, New York
- Ropenus, S. et al (2009): Assessment of interactions between the economics of distributed generators, distribution system operators and markets, IMPROGRES Project, WP2, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje:2010.03.24.
- Rosenberg, N. (1969): The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices, *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 18, 1–24. o., Idézi: Clarke, L. – Weyant, J. – Birky, A. (2006): On the sources of technological change: Assessing the evidence, *Energy Economics*, Vol. 28, 579–595. o. (585. o.)
- Rosenberg, N. (1982): *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge
- Rotmans, J. - Kemp, R. - van Asselt, M. (2001): More evolution than revolution: Transition management in public policy. *Foresight*, Vol. 3, No. 1, 15-31. o.
- Rothwell, R. (1994): Towards the Fifth-generation Innovation Process, *International Marketing Review*, Vol. 11, No. 1, 7-31.o.
- Ruttan, V.W. (2001): *Technology, Growth and Development*, Oxford University Press, Oxford, Idézi: Foxon, T. J. (2003): Inducing Innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies, A report for The Carbon Trust, 8.o., <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CT-2003-07>, Letöltés ideje:2007.12.05.
- Rycroft, R. - Kash, D. (1999): *The Complexity Challenge: Technological Innovation for the 21st Century*, Cassell Academic, New York
- Rydh, C. J. – Karlström, M. (2002): Life cycle inventory of recycling portable nickel–cadmium batteries, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 34, 289–309.o.
- Saaty, L. (1990): *Multicriteria Decision Making-The Analytic Hierarchy Process*, RSW, Publications, Pittsburg, Idézi: Barakonyi, K. (2004): *Stratégiai döntések*, Strategy-XL Bt., Pécs, (174. o.)

- Sartorius, C. – Zundel, S. (2005): *Time Strategies, Innovation and Environmental Policy*, Edward Elgar, Cheltenham
- Schäfferné, Dudás K. (2008): *A környezettudatosság többszintű értelmezése és a környezettudatos fogyasztói magatartás vizsgálata*, Ph.D-értekezés, Pécsi Tudományegyetem, Kézirat
- Schienbein, L. A. - Dagle, J. E. (2001): *Electric Power Distribution Systems*, Chapter 11, In: Borbely, A. – Kreider, J. (2001): *Distributed Generation: The Power Paradigm for the New Millennium*, CRC Press, New York, 299-326. o.
- Schmidheiny, S. (1992): *Chaniging Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*, Business Council of Sustainable Development, MIT Press, Cambridge
- Schmookler, J. (1966): *Invention and economic growth*. Harvard University Press, Cambridge, Idézi: Inzelt, A. (1998): *Bevezetés az innovációmenedzsmentbe*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest (44. o.)
- Schoenung, S. M. - Eyer, J. M. - Iannucci, J. J. – Horgan, S. A. (1996): *Energy Storage for a Competitive Power Market*, *Annual Review of Energy Environment*, Vol. 21, 347–370. o.
- Schoenung, S. M. (2001): *Characteristics and Technologies for Long-vs. Short-Term Energy Storage*, A Study by the DOE Energy Storage Systems Program, SANDIA REPORT, <http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2001/010765.pdf>, Letöltés ideje: 2010.04.27
- Schot, J. – Elzen, B. – Hoogma, R. (1994): *Strategies for Shifting Technological Systems. The Case of the Automobile System*, *Futures*, Vol. 26, No. 10, 1060-1076.o.
- Schön, D. (1967): *Technology and Change*, Delacorte Press, New York, Idézi: Pataki, B. (2005): *Technológiamenedzsment, Kiegészítő olvasmányok*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, p.1. <http://www.uti.bme.hu/data/segedanyag/15/mot-olvasmanyok-5o.pdf>, Letöltés ideje: 2008.01.13.
- Schulz, C. - Roder, G. – Kurrat, M. (2005): *Virtual power plants with combined heat and power micro-units*, *International Conference on Future Power Systems (2005) IEEE*, <http://www.citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc>, Letöltés ideje: 2009.04.16.
- Schumacher, E. (1991): *A kicsi a szép*, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest
- Schumpeter, J. A. (1980): *A gazdasági fejlődés elmélete*, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest
- Schwaegerl et al (2009): *Report on the technical, social, economic, and environmental benefits provided by Microgrids on power system operation*, More Microgrids Project, Final Report, <http://www.microgrids.eu/documents/677.pdf>, Letöltés ideje: 2010.03.10.
- Schubert, K. – Zagamé, P. (1998): *L'environnement, une nouvelle dimension de l'analyse économique*, Editions Vuibert
- Sclove, R. E. (1995): *Democracy and Technology*, Guilford Press, New York.
- Scott, W. R. (1995): *Institutions and organizations*, Sage Publications, London/New Delhi, Idézi: Geels, F.W. (2004): *From sectoral systems of innovation to socio-technical systems Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory*, *Research Policy*, Vol. 33., 897–920. o. (904-905. o.)
- Semadeni, M. (2003): *Energy storage as an essential partof sustainable energy systems A review on applied energy storage technologies*, CEPE Working Paper No. 24, <http://www.cepe.ethz.ch>, Letöltés ideje: 2008.09.08.
- Senge, P. M. (1998): *Az 5. alapelv, A tanuló szervezetek kialakításának elmélete és gyakorlata*, HVG Rt., Budapest
- Shane, R. S. (1982): *What every engineer should know about technology transfer and innovation*, M. Dekker, New York, Idézi: Szakály, D. (2002/b): (7. o.)
- Sharma, D. – Bartels, R (1997): *Distributed Electricity Generation in Competitive Energy Markets: A Case Study in Australia. The Energy Journal, Special Issue titled Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business*, 17-39. o.

- Simon, H. A. (1973): Technology and Environment, Management Science, Vol. 19, No. 10, 1110-1121.o. Idézi: Pataki, B. (2005): Technológiamenedzsment, Kiegészítő olvasmányok, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, (2. o.), <http://www.uti.bme.hu/data/segedanyag/15/mot-olvasmanyok-5o.pdf>, Letöltés ideje: 2008.01.13.
- Smith, A. (2003): Alternative Technology Niches And Sustainable Development, SPRU, Working Paper Series Number 2003/2, <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/imprint/sewps/sewp86/sewp86.pdf>, Letöltés ideje: 2006.09.14.
- Sondenberg Petersen, L. – Larsen, H. (2005): Technologies for Sustainable Energy Development in the Long Term, Proceedings Risø International Conference, Risø National Laboratory, Risø-R-1517, <http://www.risoe.dk>, Letöltés ideje: 2009.01.12.
- Strbac, G. – Jenkins, N. (2001): Network Security of the Future UK Electricity System, Report to PIU, Manchester Centre for Electrical Energy, Manchester, Idézi: Donkelaar, M. – Scheepers, M. J.(2004): A socio-economic analysis of technical solutions and practices for the integration of distributed generation, DISPOWER Project, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/c04011.pdf>, Letöltés ideje: 2009.03.12.
- Sterlacchini, A. (2006): The R&D drop in European utilities: should we care about it? DRUID Working Paper 06-19, Danish Research Unit for Industrial Dynamics, <http://www.druid.dk>, Letöltés ideje: 2010.07.
- Stern, N. (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change. http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm, Letöltés ideje: 2009.05.08.
- Stróbl, A. (2009): A villamos rendszer irányításának változásáról, Energiagazdálkodás, Vol. 50, No.1-2, 27-32. o.
- Summerton, J. (1994), Changing Large Technical Systems, Boulder, CO: Westview Press, Idézi: Elzen, B. – Geels, F. W. – Green, K. (2004): System Innovation and the Transition to Sustainability, Theory, Evidence and Policy, Edward Elgar, Cheltenham, 31. o.
- Sussman, J. M. (2000): Introduction to Transportation Systems, Artech House, Boston
- Szakály, D. (2002/a): Innováció- és technológiamenedzsment I., Bíbor Kiadó, Miskolc
- Szakály, D. (2002/b): Innováció- és technológiamenedzsment II., Bíbor Kiadó, Miskolc
- Szakály, D. (2008): Innovációmenedzsment, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc
- Székelyi, M. – Barna, I. (2004): Túlélőkészlet az SPSS-hez, TYPOTEX Kiadó, Budapest
- Szépvolgyi, J. (2010): Fenntartható fejlődés – ipari ökológia – kémia, Magyar Tudomány, Vol. 17, No.3, 260-269. o.
- Szlávik, J. – Csete, M. (2004): A fenntarthatóság érvényre jutása és mérhetősége települési-kisregionális szinten, Gazdálkodás, Vol. 48, No. 4., 10–28. o.
- Szlávik, J. – Csigéné, Nagypál N. (2005): A vállalatok társadalmi felelősségvállalása (CSR) és a fenntarthatóság, Tudásalapú társadalom, Tudásteremtés – Tudástranszfer, Értékrendváltás: Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Kar V. Nemzetközi Konferencia, Miskolc, Lilafüred, 2005.05.11-12., II. kötet 5-11. o.
- Tajthy, T. (2002): Az energia felhasználáshoz kapcsolódó légköri környezetszennyezés, <http://www.vet.bme.hu/okt/korny/nt/mernal/tananyag/Energiakornyezet.pdf>, Letöltés ideje: 2008.05.27.
- Tamaska, L. et al (2001): Életciklus-elemzés készítése, TTMK, Budapest
- Targosz, R. et al (2005): The Potential for Global Energy Savings from High Efficiency Distribution Transformers, <http://www.eurocopper.org>, Letöltés ideje: 2010.03.14.

- Ter-Gazarian, A. (1994): Energy storage for power systems, IEE Energy Series 6, Peter Peregrinus Ltd, London
- Thomas, S. (2003): The Seven Brothers, Energy Policy, Vol. 31., No. 5, 393-403. o.
- Thomas, S. (2009): Corporate Policies in the EU energy sector, Public Services International Research Unit, <http://gala.gre.ac.uk/1746/1/2009-03-E-corporppolicies.pdf>, Letöltés ideje: 2010.01.12.
- Tonn, B. E. (2000): Technology for a Sustainable Environment, A Futures Spective, Public Works Management & Policy, January, 171-176. o.
- Tóth, G. (2002): A vállalatok környezeti teljesítményének értékelése, Ph.D-értekezés, http://phd.lib.uni-corvinus.hu/221/1/toth_gergely.pdf, Letöltés ideje: 2008.03.24.
- Tóthné, Szita K. (2003): Oktatási segédanyag a Környezetgazdaságtan című tárgyhoz, http://www.uni-miskolc.hu/vrgi/20031002zzz20031231/kornyoktseg1_2003lev.pdf, Letöltés ideje: 2009.11.01.
- Tóthné, Szita K. (2007): Az ökohatékonyság növelésének trendjei, Magyar Tudomány, Vol. 9, 1176-1179. o.
- Tóthné, Szita K. (2010): Az öko-innovatív megoldások jellemzői és elterjedésük, http://gkiweb.uni-miskolc.hu/tanacsadas/images/2010/IV_szekcio/tothne_szita_klara.pdf, Letöltés ideje: 2011.02.20.
- Tsukada, T. - Tokumoto, T. - Ogata, T. – Tagami, S. (2007): Demonstration of Microgrid through the Activities Toíward Holonic Energy Systems, http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive/IAQVEC2007/Tsukada.pdf, Letöltés ideje: 2010.03.14.
- Tukker, A. - Tischner, U. (2006). New Business for Old Europe. Product Services, Sustainability and Competitiveness. Sheffield, UK, Greenleaf Publishing Ltd.
- Turkenburg, W.C. – Hendriks, C.A. (1999): Fossil fuels in a sustainable energy supply: the significance of CO2 removal, <http://www.minez.nl/energie/turken.pdf>; Letöltés ideje: 2008.07.01.
- Tzeng, G. H. – Shiau, T-A. – Lin, C. Y. (1992): Application of Multicriteria Decision Making to the Evaluation of New Energy System Development in Taiwan, Energy, Vol. 17, No. 10, 983-992. o.
- Ulbert, J. – Takács, A. (2008): Energetikai beruházások társadalmi hasznosságának mérése, Via Futuri 2007, Nemzetközi konferencia a biomassza-alapú energiatermelésről, Konferencia-kötet, 1-8. o.
- UNECE/OECD/Eurostat (2008): Measuring Sustainable Development, <http://www.eurostat.org>; Letöltés ideje: 2009.02.12.
- Unruh, G. C. (2000): Understanding carbon lock-in, Energy Policy, Vol.28, 817-830. o.
- Unruh, G. C. (2002): Escaping carbon lock-in, Energy Policy, Vol.30., 317-325. o.
- Unruh, G. C. – Carrillo-Hermosilla, J. (2004): Globalizing carbon lock-in, Energy Policy, Vol. 34, 1185-1197. o.
- Utterback, K. (1996): Mastering the Dynamics of Innovation, Harvard Business School Press,
- Vajdáné, Horváth P. – Kovácsné, Ihász, A. – Mogyorósi, P. – Vilmányi, M. (2004): Az innováció, az adaptáció és a vállalatfinanszírozás hazai módszereinek benchmarking alapú értékelése, javaslat a korszerűsítés módszereire, a vállalati projektélelciklus különböző szakaszaiban, Tanulmány a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium számára, X-6/569-1/2003, <http://www.laserconsult.hu/InnovativKKVfinanszirozasa.htm>, Letöltés ideje: 2008.01.16.
- Valenta, F. (1973): Alkotó aktivitás-innováció-hatások, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, Idézi: Szakály, D. (2002/a): Innováció- és technológiamenedzsment I., Bfbor Kiadó, Miskolc, 11. o.

- van den Bergh, J. - Kemp, R. (2006): Economics and Transitions: Lessons from Economic Sub-disciplines, United Nations University - Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology, Working Paper, 2006-038, <http://www.merit.unu.edu>, Letöltés ideje: 2008.01.13.
- van den Ende, J. – Kemp, R. (1999): Technological transformations in history: how the computer regime grew out of existing computing regimes, Research Policy, Vol. 28, 833–851. o.
- van der Horst, D. (2008): Social enterprise and renewable energy: emerging initiatives and communities of practice, Social Enterprise Journal, Vol. 4, No. 3, 171-185. o.
- van der Poel, I. (2003): The transformation of technological regimes, Research Policy, Vol. 32, 49–68. o.
- van der Woerd, F. – Lise, W. – Becker, G. (2004): Emergent strategies of electricity producers, IVM, Report number R-04/04., <http://dare.uvu.vu.nl/bitstream/1871/9167/1/0404.pdf>, Letöltés ideje: 2009.09.07.
- van Overbeeke, F. - V. Roberts, V. (2002): Active networks as facilitators for embedded generation, Cogeneration and On-Site Power Production, Vol. 3, No. 2.
- van Wyk, R. J. (1999): Technology and the Corporate Board. Minneapolis, MN: University, of Minnesota. p. 16. In Howey, R. A. (2002): Understanding software technology, Knowledge, Technology & Policy, Vol. 15, No.3., 70-81. o.
- Vattenfall (2005): Life-cycle assessment of Vattenfall's Electricity in Sweden, <http://www.vattenfall.com>, Letöltés ideje: 2010.03.29.
- Vecsenyi, J. (2003): Vállalkozás - Az ötlettől az újrakezdésig. Aula, Budapest
- Verbong, G. - Geels, F. W. (2007): The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004), Energy Policy, Vol. 35, 1025–1037. o.
- Verde, S. (2008): Everybody merges with somebody – The wave of M&As in the energy industry and the EU merger policy, Energy Policy, Vol. 36., 1125-1133. o.
- Vickers, I. – Vaze, P. - Corr, L. - Kasparova, E. – Lyon, F. (2009): SMEs in a Low Carbon Economy, http://eprints.mdx.ac.uk/4163/1/SMEs_in_a_low_carbon_economy.pdf; Letöltés ideje: 2009.03.17.
- Wiser, R. H. (1998): Green power marketing: increasing customer demand for renewable energy, Utilities Policy, Vol. 7., 107-119. o.
- Vollenbroek, F. A. (2002): Sustainable development and the challenge of innovation, Journal of Cleaner Production, Vol. 10, 215–223. o.
- von Bertalanffy, L. (1968): General system theory: foundation, development and applications, New York
- von Weizsäcker, E. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H. (1997): Factor Four, Doubling Wealth, Halving Resource Use, The New Report to the Club of Rome, Earthscan, London
- Voß, A. – Rath-Nagel, S. – Ellersdorfer, I. (2005): A Conceptual Framework for Sustainable Electricity Supply, EUSUTEL Project, WP 8.8, <http://www.eusustel.org>, Letöltés ideje: 2009.09.23.
- Voß, A. – Bauknecht, D. - Kemp, R. (2006): Reflexive Governance for Sustainable Development, Edward Elgar Publishing, Cheltenham
- Wade (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, <http://www.localpower.org>; Letöltés ideje: 2007.08.17.
- Walker, G. (2008): What are the barriers and incentives for community-owned means of energy production and use?, Energy Policy, Vol 36, 4401–4405. o.
- WCED (1987): Our Common Future, Oxford University Press, Oxford

- Weber, C. (2005): *Uncertainty in the Electric Power Industry, Methods and Models for Decision Support*, Springer Science – Business Media Inc., Boston
- Weber, M. (2003): *Transforming Large Socio-technical Systems towards Sustainability: On the Role of Users and Future Visions for the Uptake of City Logistics and Combined Heat and Power Generation*, *Innovation*, Vol. 16, No. 2, 155-175. o.
- Weber, M. - Hemmelskamp, J. (2005): *Towards Environmental Innovation Systems*, Springer Berlin
- Weisser, D. (2007): *A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies*, *Energy*, Vol. 32, 1543–1559. o.
- Williamson, O. E. (2000): *The new institutional economics: Taking stock, looking ahead*, *Journal of Economic Literature*, Vol. 38., 595-613.o., Foxon, T. J. (2003): *Inducing Innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies*, A report for The Carbon Trust, 9.o. <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CT-2003-07>, Letöltés ideje:2007.12.05.
- Willis, H. L. – Scott, W. G. (2000): *Distributed Power Generation: Planning and Evaluation*, Marcel Dekker, Inc., New York
- Winner, L. (1982): *Energy regimes and the ideology of efficiency*, Idézi: Hadjilambrinos, C. (1998): *Technological regimes: an analytical framework for the evaluation of technological systems*, *Technology in Society*, Vol. 20, 179-194. o. (187.o.)
- Winner, L. (1986): *The Whale and the Reactor: A Search for Limits in an Age of High Technology*, University of Chicago Press, Chicago
- Wiser, R. H. (1998): *Green power marketing: increasing customer demand for renewable energy*, *Utilities Policy*, Vol. 7., 107-119. o.
- Wollenbroek, F. A. (2002): *Sustainable development and the challenge of innovation*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 10, 215–223. o.
- Wüstenhagen, R. - Hamschmidt, J. - Sharma, S. - Starik, M. (2008): *Sustainable Innovation and Entrepreneurship*, Edward Elgar, Cheltenham
- York, W. (2008): *Ökológiai Paradoxonok, William Stanley Jevons és a papírművészet*, KOVÁSZ, Tavasz–Nyár, 5–15. o.
- Yuoli, S. – Litifu, Z. – Nagasaka, K. (2009): *Efficiency of Micro Grid with Storage Battery in Reliability, Economy and Environment Assessments*, *International Journal of Electrical and Power Engineering* Vol. 3, No. 3, 154-162. o.
- Zaltman, G. – Duncan, R. – Holbeck, J. (1973): *Innovation and Organization*, Wiley, New York
- Zarándy, P. (2005): *Rendszerek, hálózatok, fejlesztési stratégiák*, Magyar Atomfórum Egyesület Kiadványsorozata 7. rész, Budapest
- Zhou, P. - Ang, B. W. - Poh, K. L. (2006): *Decision analysis in energy and environmental modeling: An update*, *Energy*, Vol. 31, 2604–2622. o.
- Zsebik, A. (2003/a): *Energiagazdálkodás, Oktatási segédanyag, Kézirat, E-on, Budapest*
- Zsebik, A. (2003/b): *Energiaforrások és készletek, Oktatási segédanyag, Kézirat, E-on, Budapest*
- Zsebik, A. (2003/c): *Villamosságtani alapok, Oktatási segédanyag, Kézirat, E-on, Budapest*

Vállalati internetes források:

www.cez.cz

www.dongenergy.com

www.enel.it

www.edf.com

www.edp.pt

www.eon.com

www.evn.at
www.gdfsuez.com
www.dei.gr
www.iberdrola.com
www.rwe.com
www.verbund.com
www.vattenfall.com
www.fortum.com
www.statkraft.com

Mellékletek

1. Melléklet: Innovációs elméletek és az állami beavatkozás jellemzői

	Technológiai fejlődés jellemzői	Technológiai fejlődés irányítása	Állami beavatkozás lehetősége
Neoklasszikus irányzatok	A technológiai fejlődés exogén. A technológia egy fekete doboz. A technológia tudást jelent.	A racionális szereplők maximalizálják a termelési függvényt.	Korrigálja az alulfinanszírozást (ösztönzi a K+F tevékenységeket, támogatja az egyetemeket). Kivédi a piaci hibákat Kivédi az információs aszimmetriákat
Evolúciós közgazdaságtan	A technológiai fejlődés endogén, a variáció és a szelekció terén útfüggőség érvényesül. A technológia a vállalatok tudásbázisából jön létre.	Korlátozott racionalitás és bizonytalanság: a már ismert irányú fejlesztések előnyt élveznek. Kognitív kutatási heurisztikák: a meglévő paradigma előnyben részesíti az útfüggőséget és a rögzítettséget.	Olyan variációt teremt a vállalkozói környezetben, mely ösztönzi az innovációt. Szelekciós követelmények kidolgozása. A szelekciós környezet bővítése. Létrehozza a visszacsatolási mechanizmusokat a variáció és a szelekció között a réseknel vagy azok környezetében. Kivédi a nem kívánt trajektóriákhoz való kötődést.
Innovációs rendszerek elméletei	A technológiai fejlődés az interaktív tanulás folyamata. A technológiai fejlődés nemcsak a K+F tevékenységet és tudásteremtést, hanem a tudás transzferét, cseréjét és használatát is magában foglalja	A technológiai fejlődés irányát nem vizsgálja explicit módon. Cél az egymással kapcsolatban álló szereplők rendszerében létrehozott tudás használatának optimalizálása.	Fenntartja az egyetemek és kutatóintézetek tudásinfrastruktúráját, kiegészítő kapcsolatokat hoz létre az állami és a magánszereplők között a tudás használatának támogatására. Ösztönzi a NIR-en belüli különböző szereplők közötti interaktív tanulást. Ellenőrzi a NIR-t az intézményi rendszer segítségével, a rendszer teljesítményének fokozása érdekében. Létrehozza és segíti a tudáshoz való hozzáférést. Összhangba hozza a rendszeren belüli tudás iránti keresletet és kínálatot.
Nagy technológiai rendszerek elmélete	Kritikus problémák megoldásának folyamata, a technológiai rendszer teljesítményének optimalizálása érdekében. A technológia egy technológiai rendszer része.	A technológiai rendszer vevőjéről; a negatív kiszögelléseket kell megoldani ahhoz, hogy a teljes technológiai rendszer növekedni tudjon.	A meglévő, vagy rejtett negatív kiszögellések kiváltói, vagy erősítői lehetnek. A rendszerépítők lehetőségeit, vagy képességeit erősíti
Társadalmi konstruktivista gyökerekkel bíró irányzatok	A technológiai fejlődés a heterogén társadalmi szereplők közötti tárgyalás, konszenzus eredménye. A technológia rugalmas értelmezéssel bír. A közvetítők összhangba hozzák a szereplőket.	Érdekcsoportok/szereplők víziói és érdekei. Technológiai- gazdasági hálózatok struktúrája	Bizonyos értelmezések hangsúlyozása a tárgyalási folyamatok során. A meglévő hálózatot a kívánt formára alakítja; hálózatokat hoz létre, segíti azok fejlődését, és biztosítja működésüket. A hálózati információk indikátorként alkalmazhatók a technológia státuszának vizsgálatára; a hálózatokban végbement változások tükrözik az adott technológia státuszának változásait.
Kvázi evolúciós irányzat	A technológiai fejlődés a különböző (mikro, mezo, makro) szinteken végbemenő koevolúció eredménye. A technológia egy koevolúciós tanulási folyamat tárgya, ettől függ, hogy a technológia illeszkedik-e a meglévő rezsimhez, vagy új rezsim kialakulását ösztönzi.	A technológiai rezsim: a szereplők K+F tevékenységeit irányító, de nem rögzítő szabályok. Kölcsonösen osztott elvárások, ígéretetek	A rezsim szabályainak megváltoztatása Könnyíti a szereplők közötti tanulási folyamatokat A védett tanulást biztosító rések létrehozása (variáció és szelekció összekapcsolása). Jövőre vonatkozó társadalmi-technikai szcenáriók kidolgozása

Forrás: saját szerkesztés Luiten (2001, 35-56. o.) alapján

2. Melléklet: A fenntartható energiarendszer követelményei

A **fenntartható energiarendszer irányelveit** Praetorius et al (2009, 36. o.) Nitsch et al., 2001; valamint Enquête, 2002 alapján az alábbiakban összegezzük:

- **Eloszlási igazságosság:** Az energiahordozókhöz, szolgáltatásokhoz való hozzáférés biztosítása az alapvető szükségletek – pl. fűtés, világítás, higiénia, főzés, - kielégítése, és megfelelő információ-ellátás biztosítása minden ember számára.
- **Szükséglet-orientált használat és az ellátásbiztonság stabilitása:** A fenntarthatóság elveinek megfelelő igények kielégítéséhez szükséges energia ellátása folyamatos kell, hogy legyen, megfelelő mennyiségben, földrajzi és időbeli vonatkozásban. Ez a földrajzi és az energiahordozó diverzifikáció és biztonság olyan mértékének kialakítását igényli, mely támogatja a nem várt krízisekhez való alkalmazkodást, valamint megőrzi és fokozza a jövőbeli lehetőségek megjelenését.
- **Erőforrás-védelem:** Ez magában foglalja az energia-termelékenység fokozását, a megújuló energiahordozók és zárt ciklusú anyagáramlási folyamatok alkalmazását. A természeti erőforrások alkalmazásának üteme nem haladhatja meg regenerálódási képességüket.
- **Környezeti, klíma és egészségügyi kompatibilitás:** A természeti környezet alkalmazkodási és regenerálódási képességét nem szabad veszélyeztetni. A klímaváltozást okozó gázok kibocsátását, és az egyéb emissziókat drámaian kell csökkenteni, védeni kell a vizek minőségét, és a nukleáris hulladék termelődését meg kell szüntetni.
- **Kockázatsökkentés és hibák tolerálása:** az energiaátalakítás és elosztás elkerülhetetlen kockázatait, és veszélyeit alapvetően minimalizálni, korlátozni kell mind földrajzi, mind időbeli értelemben. A nem megfelelő kezelés, rossz irányítás és a szándékos rombolás lehetőségét és következményeit is számításba kell venni.
- **Társadalmi kompatibilitás:** A jövőbeli energia-rendszerek kialakítására vonatkozó döntéshozatali folyamatokba valamennyi érintetti csoportot be kell vonni. Ez pedig a demokratikus, decentralizált döntéshozatali struktúrák, tudásépítési folyamatok alkalmazását jelenti. A kisebbségi jogokat védeni kell. A jövőbeli energia-rendszerekre való átállás tehát társadalmilag elfogadható módon kell, hogy történjen.
- **Adaptabilitás:** Az energia-rendszer bármely átalakítása esetén meg kell teremteni az előre nem jelezhető jövőbeli igényekhez való rugalmas alkalmazkodás lehetőségére. A társadalmi tanulási képesség javítása érdekében a fenntartható energia-termelés és fogyasztás kérdése az oktatás elemévé kell, hogy váljon.
- **Átfogó gazdasági hatékonyság:** az energia-szolgáltatásokat – más gazdasági tevékenységekkel együtt – elfogadható teljes költsége mellett kell biztosítani, ahol az „elfogadható” kifejezés egyszerre tükrözi a mikroökonómiai életképesség megőrzését, és a teljes (externális és ökológiai költségek) társadalmi költség minimalizálását.
- **Nemzetközi együttműködés:** nemzetközi szinten, a jövőbeli energiarendszereket úgy kell megtervezni, hogy azok – pl. az erőforrások egyenlőtlen eloszlása miatt – ne destabilizálják a világot, és támogassák a békés együttműködést. A modern technológiákra való átállás segítheti a fejlődő országokat az energiahatékonyság fokozásában.

- 1) Praetorius, G. – Bauknecht, D. – Cames, M. – Fischer, C. – Pehnt, M. – Schumacher, K. – Voß, J-P. (2009): Innovation for Sustainable Electricity Systems, Exploring the Dynamics of Energy Transitions, Sustainability and Innovation Series, Physica-Verlag, Heidelberg

3. Melléklet: Az elosztott villamosenergia-termelési technológiák rövid bemutatása

Az elosztott villamosenergia-termelés technológiai alapvetően két nagy csoportra bonthatók:

1. A magas hatékonysággal rendelkező kogenerációs, vagy más néven kapcsolt energiatermelés (motorok, turbinák, tüzelőanyag-cellák)
2. A megújuló energiahordozók használatára, illetve az energia újrahasznosításra épülő technológiák (nap-, szél-, víz-, geotermikus energia hasznosítása, biomassza energetikai célú hasznosításának technológiai).

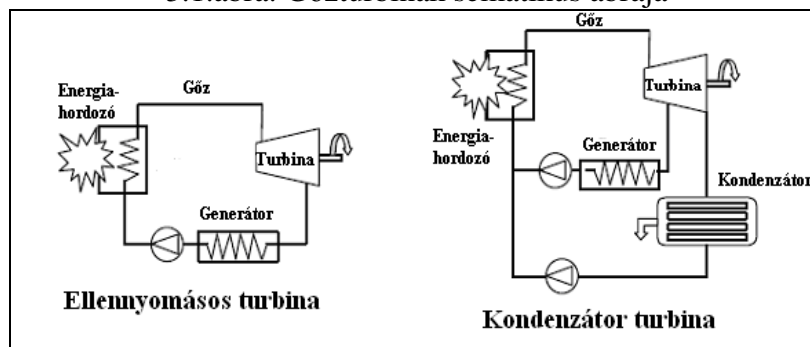
A következő alfejezetekben ezen technológiák rövid bemutatására kerül sor.

1. Kapcsolt energiatermelési technológiák

1.1. Gőzturbinák

Napjaink legismertebb, leggyakrabban alkalmazott technológiája a gőzturbiná hajtásos generátorokra épülő, Rankine-ciklusú erőmű. Általában véve, a világ szilárd fosszilis energiahordozókra épülő erőművei az energiahordozók elégetése révén állítanak elő magas nyomású gőzt, melyet generátorokat működtető gőzturbinák hajtására alkalmaznak. A gőzturbináknak két alapvető típusa létezik, a kondenzátor, és az ellennyomásos gőzturbiná (ld. 3.1. ábra). Míg a központosított erőművek általában kondenzátor turbinákat alkalmaznak, az elosztott rendszer esetében inkább az ellennyomásos turbinák a jellemzők. A gőzturbinák villamosenergia-termeléséhez biomassza, vagy fosszilis energiahordozók égetésére épülő bojlerre van szükség. Az ellennyomásos turbinákban a magas nyomású gőz expanziója a turbina lapátokon keresztül meghajtja a turbina forgó részét, és az így keletkező mechanikus energia használható a villamosenergia-termelését biztosító generátorok működtetésére. A turbina egyes pontjain „lecsapolt” gőzenergiát, és a hulladékhőt hűtési, fűtési, illetve melegvíz készítemi célokra használhatjuk. Így, ezen típusok villamosenergia-termelési hatékonysága alacsonyabb. A kondenzátor turbináknál ezzel szemben a keletkező gőzt egy kondenzátorba juttatják, így a lapátok maximális nyomásesés érhető el. (Wade, 2003, Büki, 2005).

3.1.ábra: Gőzturbinák sematikus ábrája

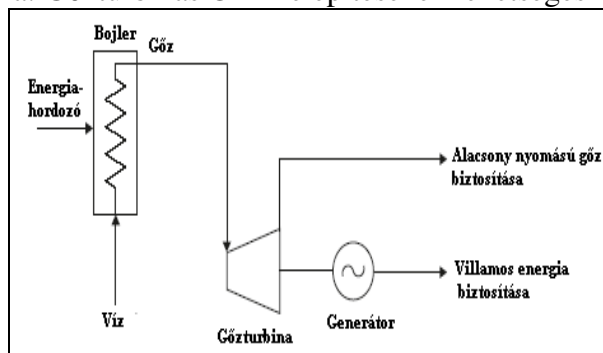


Forrás: WADE (2003, 13. o.)

A gőzturbinák CHP alkalmazása inkább ipari környezetben, és több módon is történhet. Az egyik módszer, hogy az alapfolyamatok (pl. ipari folyamatok) táplálását közvetlenül a bojler által termelt hőenergia adja, és a többletenergiát gőzturbiná hajtására alkalmazzák. Egy másik lehetőség, amikor a bojler által termelt gőz egy gőzturbinát táplál, és a hulladékhőt használják a folyamatok működtetésére. A harmadik lehetőség, amikor a gőzt

még a kibocsátás előtt vonják el a turbinától (Breeze, 2005). Ugyanakkor, ezen eljárások kombinációja is előfordulhat. A gőzturbinás CHP-k egy lehetséges modelljét szemlélteti a 3.2. ábra.

3.2. ábra: Gőzturbinás CHP felépítésének lehetséges modellje



Forrás: Breeze (2005, 68. o.)

1.2. Gázturbinák

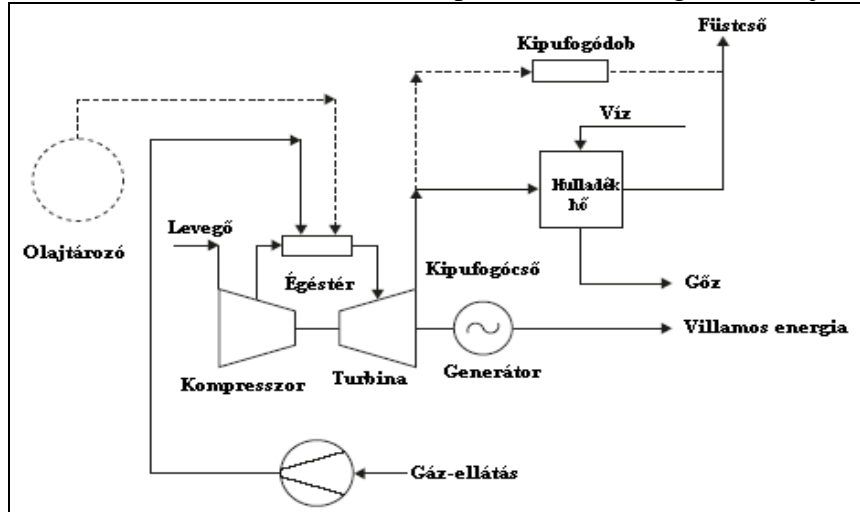
A gázturbinás erőművek gázturbinák által hajtott generátorokkal állítanak elő villamos energiát. A gázturbinákban már a folyékony vagy légnemű tüzelőanyagok közvetlenül kerülnek elégetésre, majd a gáz expanziója meghajtja a turbinát, mely egy generátort működtet. A kilépő gáz magas hőmérsékletű, melyet vagy a gázturbina hasznosít tovább (saját körű hatásfokjavítás hőregenerálás, gőztermelés, gőzbefecskendezés, illetve többfokozatú kompressziós és expanzió révén), vagy hűtési/fűtési, illetve melegvíz készítési célokra alkalmazható. A gázturbinák a gőzturbinákhoz hasonlóan gázzal és biomasszával is üzemelhetnek. A gázturbináknak a hőhasznosítástól függően 4 fő típusa létezik:

- Egyciklusú gázturbinák, vagy nyílt ciklusú gázturbinák, melyek hőhasznosítás nélküli villamosenergia-termelésre alkalmazhatók
- Újrahasznosításos ciklusú gázturbinák, melyek a hulladékhőt a belépő gáz előhűtésére alkalmazzák
- Kogenerációs ciklusú gázturbinák, helyi villamos- és hőenergia termelésre alkalmazhatók, a magas hő ipari folyamatok számára, illetve hűtési/fűtési, illetve melegvíz készítési célokra alkalmazható, vagy a kilépő gázok közvetlenül, ipari szárítási folyamatokhoz is felhasználhatók
- Kombinált ciklusú gázturbinák, ált. 3MW-nál nagyobb rendszerek, ahol a kilépő magas hőfokú gázokat gőztermelésére is használhatják, mellyel egy gőzturbinát hajtanak meg, mely kapcsolt termelésre is alkalmazható

A gázturbinák kogenerációs alkalmazását a technológia két sajátos vonása támogatja. Egyrészt, a gázturbinák képesek gőzturbinák hajtásához is elegendő mennyiségű gőzt is előállítani, azaz lehetővé teszik a hő- és a villamos energia iránti igényt egyensúlyban tartani. Másrészt, a gázturbinát elhagyó gáz jelentős mennyiségű oxigént is tartalmaz, ami lehetővé teszi, hogy a folyamatba/rendszerbe hulladékhő hasznosító bojler is beékelhessenek. (Breeze, 2005, 69.o.)

A gázturbinás CHP-k egy lehetséges modelljét mutatja be a 3.3. ábra.

3.3. ábra: Gázturbinás CHP felépítésének lehetséges modellje

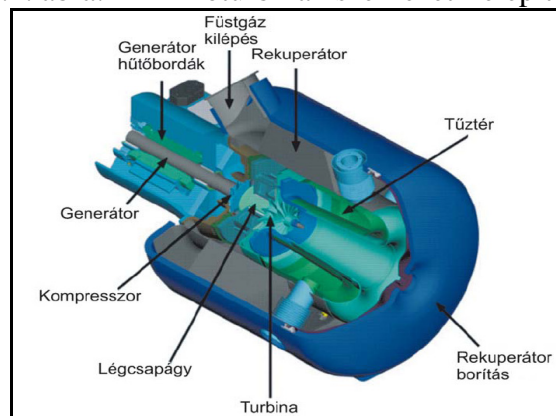


Forrás: Breeze (2005, 69. o.)

1.3. Mikroturbinák

A mikroturbinák magas sebességű, kisteljesítményű erőművek az autóiipari turbó – feltöltő kompresszorok, illetve a repülőgép-ipari kiegészítő energiaegységek továbbfejlesztéséből jöttek létre. A mikroturbinák felépítésüket tekintve (ld. 3.4 -3.5. ábra) egy tengelyből állnak, mely a turbinát, a generátort és a kompresszort köti össze. A levegő egy kompresszoron keresztül egy visszatápláló egységbe jut, melyet a kilépő gázok melegítenek fel. A levegő a tüztérben keveredik össze az alkalmazott tüzelőanyaggal, és elég. A forró gáz ezt követően a turbinán halad keresztül, ahol mechanikus energiát állít elő. Ez a mechanikus energia működteti a villamosenergiát előállító generátort. A kilépő gázok a visszatápláló egységen jutnak ki a megmaradt hő befogása céljából (Wade, 2003). A mikroturbinák elsősorban földgázzal működnek, de hajtóanyagként dízel, olaj, biogáz is alkalmazható. A gázturbinák tüztere a különböző minőségű, kedvezőtlen tüzelési tulajdonságokkal rendelkező tüzelőanyagokhoz jobban illeszkedik, mint a dugattyús erőműveké.

3.4. ábra: A mikroturbinák szerkezeti felépítése

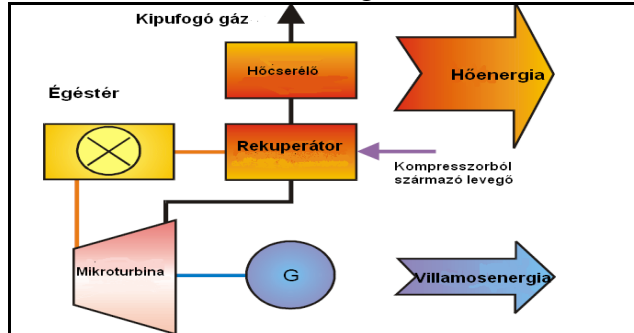


Forrás: Büki (2005)

A jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő technológiáknál a nagyon gyors forgási sebességű turbinák alkalmazásával hatékonyak, melyeket azonban magas, 100000Hz frekvenciájú váltóáramot előállító generátorokra kötnek. Ezt az energiát azonban szilárdfázisú átalakítás nélkül nem lehet hasznosítani. A probléma megoldása érdekében a magas frekvenciájú

váltóáramot egy egyenirányító konvertálja át egyenárammá, melyet egy szilárd fázisú inverter a helyi igényekhez igazodó, 50 vagy 60 Hz váltóárammá alakít. A mikroturbinák által termelt hőenergia helyi használatú, alacsony nyomású gőz, vagy melegvíz előállítására, kapcsolt termelésre is alkalmazható. (Büki, 2005; WADE, 2003)

3.5. ábra: A mikroturbina kogenerációs alkalmazása

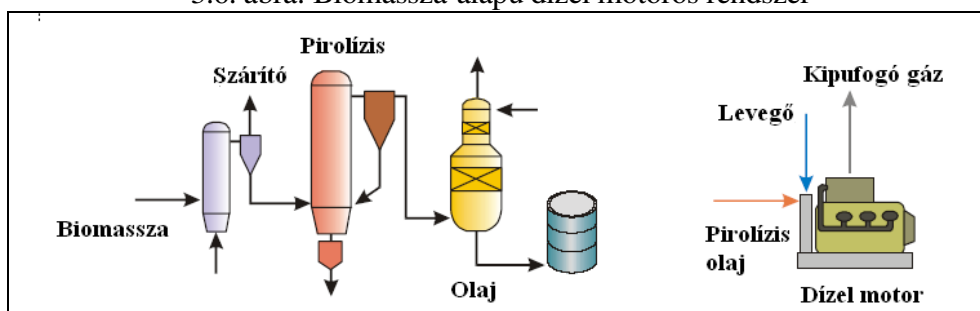


Forrás: OPET (2002, 3. o.)

1.4. Belső égésű motorok

A dugattyús, vagy belső égésű motoroknál a motorba integrált tüztérben való gázégetés révén keletkezik mechanikus energia. A villamosenergia-termelésre, kapcsolt termelésre alkalmazható belső égésű motoroknak, az autómotorokhoz hasonlóan, két típusa létezik, a kompressziós (Dízel ciklusú), és a szikragyújtásos (Otto ciklusú) megoldások. A kompressziós motorok általában négyütemű, közvetlen gyújtású szerkezetek. A tisztán dízellel működő motor tiszta levegőt szív be, és sűríti össze. A sűrített levegő hőmérséklete a nyomás miatt az olaj gyulladáspontja fölé emelkedik, és ebbe a forró levegőbe az adagolószivattyú dízelolajat fecskendez be. Ezen a magas hőmérsékleten az üzemanyag külön gyújtóberendezés (gyertya) nélkül is meggyullad. Léteznek olyan változatok is, melyek dízel és földgáz felhasználásúak, azaz a levegőt földgázzal dúsítják, és ezen keverékébe fecskendezik a dízelt. A kompressziós motorok keverékképzése minőség szabályozás elvére épül, a beszívott levegő mennyisége azonos, az égés gyorsasága és a fordulatszám szabályzásához a befecskendezett üzemanyag mennyiségét változtatják.

3.6. ábra: Biomassza-alapú dízel motoros rendszer



Forrás: OPET (2002, 2. o.)

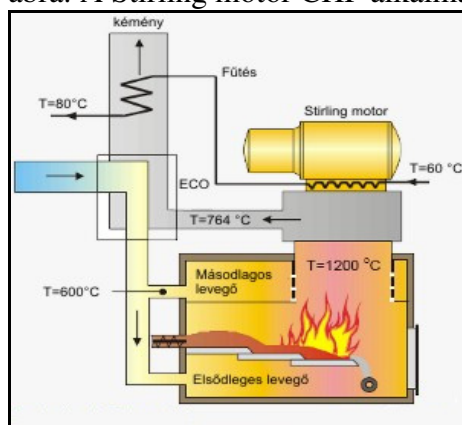
A szikragyújtásos motoroknál a folyamat a dugattyú felső holtpontjában kezdődik. Ekkor a szívószelepek nyitnak, és a dugattyú lefelé haladásakor a szívószelepeken keresztül a hengerbe friss levegő-üzemanyag keverék jut. A szívószelepek ezután zárnak és felfelé haladtában a dugattyú összenyomja a keveréket a zárt hengerben. A felső holtpont közelében a keveréket elektromos szikra meggyújtja. Az elégett gáz megnövekedett nyomása a felső holtpont után

lefelé hajtja a dugattyút. Az alsó holtpont elérése után a kipufogószelep kinyit és a dugattyú kitolja a szabadba az égéstermékeket. A szikragyújtásos motorok mennyiség szabályozás elvén működnek, azaz ott viszonylag állandó arányú a hengertérbe kerülő az üzemanyag– levegő keveréke. A modern belső égésű motorokat turbókompresszorral és intercoolerekkel látják el. A turbókompresszorok révén a kipufogógázból jövő nyomásesés hasznosítása, és a hűtés révén a levegő oxigéntartalmának növelése, a termelt energia mennyiségének fokozása érhető el. A gyújtáskésleltetés és a kompresszió emelése pedig, a hatékonyság csökkenése nélkül segíti a kisebb emissziós értékek elérését. (WADE, 2003)

1.5. Stirling motorok

A külső égésű motorokat, azaz a Stirling motorokat a 19. századtól ismerjük, széles körű alkalmazására ezidáig nem került sor. A Stirling motor külső hőbevezetésű hőerőgép, azaz a belső égésű motorokkal szemben hőforrása a motoron kívül található. A Stirling motor négyütemű, két dugattyúból, - teljesítmény és kiszorító – áll, melyek egymással 90° szöveget zárnak be. A motorhoz kívülről juttatott hő felmelegíti a hengerben található közvetítő közeget, mely ennek révén kitágul. A gáz hőtágulása mozgásra készíti a teljesítmény dugattyút. Eközben a kiszorító dugattyú lefelé mozdul el, lehetővé téve, hogy a közvetítő közeg a motor hűtött részébe kerüljön. A következő lépésben a közvetítő közeg veszít hőmérsékletéből, térfogata lecsökken, és a teljesítmény dugattyút ellentétes mozgásra kényszeríti. A kiszorító dugattyú is visszaáll eredeti helyére, és így a ciklus újraindul. A munkaközeg hűtését és felmelegítését hőcserélő biztosítja. A keletkező mechanikus energia pedig a forgórész révén egy generátort működtet. A folyamathoz hőt biztosító égető egység fosszilis és megújuló forrás (biomassza, biogáz, földgáz, bután, alkohol, napenergia stb.) is lehet (WADE 2003,). A Stirling motor villamosenergia-termelésre és kapcsolt termelésre egyaránt alkalmazható. Ez utóbbi esetet szemlélteti a 3.7. ábra.

3.7. ábra: A Stirling motor CHP alkalmazása



Forrás: <http://www.kekenergia.hu>

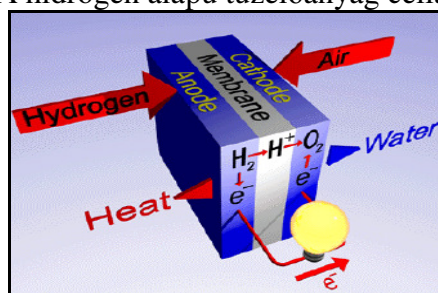
A Stirling motorok kapacitása 1kW-25kW-ig terjedhet, mely révén fogyasztói oldalú alkalmazásra is megfelelőek, naptányéros alkalmazás révén pedig az energiahordozó égetése is elkerülhető.

1.6. Tüzelőanyag – cellák

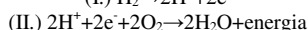
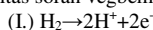
A kémiai reakciók villamosenergia-termelésre történő alkalmazásának elvét már több mint 150 éve ismerjük. A tüzelőanyag-cellák a tüzelőanyagban kémiai formában kötött energiát közvetlenül elektromos energiává alakítják.

A 3.8. ábra a tüzelőanyag-cella működésének elvét mutatja be, mely a hidrogén kémiai energiáját alakítja át közvetlenül villamos energiává. A tüzelőanyag-cella anódos oldalára áramlik a redukáló, hidrogéntartalmú tüzelőanyag, a katódos oldalra oxidáló közegként oxigént vagy levegőt vezetnek. A tüzelőanyag-cellában a hidrogén és az oxigén elektrokémiai reakciójából végső soron víz és hő keletkezik, egyidejűleg az anód és a katód között elektronok áramlanak, azaz egyenáram jön létre, amit inverterben váltakozó árammá alakíthatunk. A tüzelőanyag cellák a hidrogén alkalmazásán túl, biogázzal és földgázzal is működtethetők, ez utóbbiak esetében azonban a rendszerbe egy energiahordozó transzformert is be kell kapcsolni. A hagyományos hőerőművekkel szemben, melyek hatásfoka a hőmérséklet emelkedésével monoton nő, a tüzelőanyag-cellák hatásfoka annál jobb, minél alacsonyabb hőmérsékleten megy végbe az elektrokémiai folyamat.

3.8. ábra: A hidrogén alapú tüzelőanyag cella működése



Megjegyzés: A kémiai átalakítás során végbemenő folyamatok a következők:



Forrás: WADE (2003)

A tüzelőanyag cellák öt típusa létezik, melyek fő jellemzőit, előnyeit és hátrányait a 3.1. táblázat tartalmazza.

3.1. táblázat: Az egyes tüzelőanyag cella típusok jellemzői

Jellemző	Tüzelőanyag cella				
	Foszforsavas	Polimer-elektrolit membrános	Szilárd oxidos	Olvadt karbonátos	Alkáli
Jele	PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	PEMFC (Protons Exchange Membrane Fuel Cell)	SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)	MCFC (Molten Carbonates Fuel Cell)	AFC (Alkaline Fuel Cell)
Modul mérete	100-200kW	3-250kW	1-10MW	250kW-5MW	10-200kW
Típus felépítés	acél	műanyag, fém	kerámia	titán	műanyag, fém
Üzemi hőfok	190°C	85°C	750-1000°C	650 °C	120 °C
Tüzelőanyag (anód)	Földgáz, biogáz, széngáz	Hidrogén	Földgáz, biogáz, széngáz	Földgáz, biogáz, széngáz	Hidrogén
Oxidáns közeg (katód)	Levegő	Levegő, Oxigén	Levegő	Levegő	Oxigén
Electrolit iontranszport	Foszforsav (H ₃ PO ₄) H ⁺ →	Polimer H ⁺ →	Keramikus anyag (ZrO ₂) ←O ₂ ⁻	Karbonátok (Li ₃ CO ₃ +K ₂ CO ₃) ←CO ₃ ²⁻	Káliilúg (KOH) ←OHG
Villamos hatékonyság (%)	36-42%	30-40%	45-60%	45-50%	70%
Külső processzor	van	van	nincs	nincs	van
Alkalmazás	Decentralizált villamosenergia-termelésre, CHP alkalmazásra is	Decentralizált villamosenergia-termelés, CHP alkalmazás is	Decentralizált, központosított villamosenergia-termelés, Hulladék hő ipari alkalmazásra is	Decentralizált, központosított villamosenergia-termelés, CHP alkalmazás is	Közlekedés, világítás
Előny	Első generációs technológia	Alacsony működési hőfok miatt indítási idő alacsony, változó	Alkalmazott módszer miatt tervezés rugalmas, Magas	Hő minősége miatt magas villamosenergia	Magas villamosenergia hatékonyság alacsony költséggel érhető el

		kereslethez igazítható	működési hőfok miatt nincs szükség katalizátorra	hatékonyság érhető el	
Hátrány	Magas költség	Alacsony üzemi hőfok miatt drága, CO-val bevont platina katalizátor szükséges, alacsonyabb teljesítmény Korlátozott CHP alkalmazás	850°C felett drága ötvözetre van szükség, 850°C alatt ionos vezetés teljesítményt csökkenthet Hosszú indítási idő	Működési hőfok elérése hosszú időt vesz igénybe Kémiaileg agresszív bevonat korlátozza a stabilitást	Csak tiszta hidrogént és oxigént alkalmaz
Technológia bevezetettsége	Kereskedelmi forgalomban	Fejlesztés alatt	Fejlesztés alatt	Fejlesztés alatt	Fejlesztés alatt

Forrás: Fazekas (2006), WADE (2003)

2. Megújuló energiahordozókra épülő termelési technológiák

2.1. Napenergia hasznosítására szolgáló napelemes és szolártermikus rendszerek

A napelem olyan fotovillamos elem, mely a nap sugárzási energiáját közvetlenül alakítja át villamos energiává. Ezen elemek mechanikai és villamos jellemzői általában nem megfelelőek a közvetlen hasznosításra, így modulokba szerelik őket. Számos napelem típus létezik, melyek több szempontból is csoportosíthatók. Egyrészt megkülönböztetjük egymástól az ún. sík és koncentrált napelemeket. Szerkezeti felépítésükön túl, a fő különbség közöttük, hogy míg a sík napelemek a teljes, a koncentrált napelemek csupán a közvetlen sugárzást hasznosítják. A kereskedelmi forgalomban is megtalálható sík napelem technológiák a kristályos szilícium és a vékonyréteges technológiákat foglalják magukba. 1990-ig a napelemek piacát a tiszta, monokristályos szilícium napelemek uralták. Jellemzője az egyszerű és folyamatos rácsszerkezetű, szabálytalan részekkel és szennyezőanyagokkal nem rendelkező szilíciumkristályok alkalmazása. Ezeket a cellákat nagy kristályokból vágják ki, vagy kristályos szilícium öntvényekkel állítják elő. Egy átlagos kristályos szilícium modul 36 darab napelem cella soros kapcsolásából áll, melyet üveg és műanyagburkolatba ágyaznak be a környezeti hatásoktól való védelem érdekében, majd keretbe foglalják őket, és egy csatlakozódobozzal látják el.

A polikristályos vékonyréteg napelemcellák kutatása és alkalmazása nyolcvanas évek elején indult meg. A vékonyréteges cellák esetében üveg, vagy kerámialapra rétegzett vékonyfilmek képezik a napelem alapját. A vékonyréteges technológiáknál az aktív cella vastagsága néhány mm csupán, szemben az egykristályos cellákkal, amiket a megfelelő mechanikai szilárdság miatt 0,2-0,3 mm kell méretezni. Ez az anyagmegtakarításon kívül azzal is jár, hogy csökkenti a kivezető érintkező előtti soros ellenállás értékét, mert a fotonoknak kisebb utat kell megtenniük, hogy a záróréteget elérjék. A leggyakoribb vékonyfilmes cellák gyártásához alkalmazott anyagok:

- Amorf szilícium (a-Si)
- Kadmium-tellurid (CdTe)
- Réz-indium-diszelenid (CIS)
- Vékonyréteg szilícium (Lewis – Crabtree, 2005)

A legújabb fejlesztésű napelem típusok közé sorolhatók a foto-elektrokémiai, a szerves elemek, illetve a nanotechnológiai fejlesztésekre épülő napelem modulok. A fotoelektrokémiai napelem, vagy más néven „Grätzel napelem” technológiáját a Swiss Federal Institute of Technology fejlesztette ki. Az elem két vékony üveglapból áll, melyeket áttetsző, nagyon vékony elektromosan vezető ón-oxid rétegekkel vontak be. Az első lapra egy vékony titán-dioxid (TiO₂) félvezető réteget visznek fel. Az abszorpció tulajdonság fokozása érdekében a

réteget érdekes teszik, ezt az érdesített felszínt egy fényérzékeny, ruténium vagy ozmium alapú fémkomponensből álló festékréteg borítja le. Végezetül a két üveglap közé jó-d alapú elektrolit réteget helyeznek. Az abszorpció során a megfelelő hullámhosszú fény egy fotonja hatására a fényérzékeny réteg egy elektront juttat a titán-dioxid rétegbe. Az elektronok innen az elektromosan vezető réteg aljára vándorolnak, és a külső áramkörbe jutnak.

A szerves és polimer napelemek olyan szerves félvezető vékonyrétegből (általában 100nm) állnak, melyek anyagát polifenil-vinil, réz - ftalocianin és a szén-fullerének. A szerves napelemek könnyű szerkezetűek, rugalmasak, olcsón előállíthatók és a természeti környezetre gyakorolt hatásuk elhanyagolható. Ugyanakkor a legjobb cellák hatékonysága is mindössze 3-4%-ot tesz ki, így alkalmazásuk egyelőre csak kísérleti fázisban van. Kutatási stádiumban vannak a nanotechnológiai fejlesztések eredményein alapuló napelemek is. A nanokristályos napelemek esetében a nanokristályokat egy szilícium alapra helyezik. (Lewis – Crabtree, 2005)

A napelemes rendszerek egyéb elemei (Retscreen International, 2005, 176-179. o.):

- Akkumulátorok: energiátárolásra szolgáló berendezések, melyekkel megoldhatóvá válik, hogy a kevésbé napsütéses időszakokra/éjszakákra is biztosítsa az energiaellátást, kifejezetten fontos az önellátó rendszerek esetében. (A leggyakrabban alkalmazott akkumulátorok az ólom-kalcium és az ólom-antimon akkumulátorok.)
- Inverterek: A napelem által előállított egyenáramot (DC) váltóárammá alakítják (AC).
- Kontrollerek: energiátárolás és az energiahasznosítás biztosítására szolgáló berendezések
- Struktúrák: napelemek, és egyéb rendszer elemek telepítéséhez, felszereléséhez nélkülözhetetlen eszközök.
- Generátorok: A hálózatra nem kapcsolt rendszerek esetében lehetőség van arra, hogy a napelemek mellett fosszilis energiahordozóval működő generátorokat is alkalmazzanak. A generátorok alkalmazásával elkerülhető a napelemek és akkumulátorok túlméretezése, javítható az energiaellátás biztonsága. Az ilyen, ún. hibrid rendszerekben a napelem és a generátor kiegészíti egymást, azaz a napelemek alkalmazásával csökkenthető a generátor által történő fosszilis energiahordozó használat, illetve a generátor fenntartási/karbantartási költségei; a generátor pedig segíti a folyamatos energiaellátást.

A koncentrálnó napelemes rendszereknél optikai koncentrálnó berendezéseket (tükrök, lencsék) alkalmaznak, melyek a napsugarakat egy napelemre irányítják. A rendszerben alkalmazott napelemek főként szilícium és gallium-arszenid (GaAs) alapúak. Ezen moduloknak mindig a nap irányában kell lenniük, így egy napkövető rendszerrel kapcsolják össze őket. A 3.2. táblázat a koncentrálnó napelemes rendszerek legismertebb típusait mutatja be.

3.2. táblázat: Napelemes rendszerek gyártása világszinten 2003-ban

Technológia típusa	MW	%
Sík napelemek		
Monokristályos szilícium	230,5	31,0
Polikristályos szilícium	443,8	59,6
Szalag szilícium	22,8	3,1
Vékonyréteg, amorf szilícium	39,3	5,3
Vékonyréteg, CdTe	3	0,4
Vékonyréteg, CIGS	4	0,5
Koncentrálnó napelemek		
Szilícium	0,7	0,1
ÖSSZESEN	744,1	100

Forrás: Lewis – Crabtree (2005)



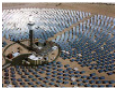
A napenergia hasznosítás egy másik, speciális esete a termikus alapú villamosenergia-termelése. Az ún. Concentrating Solar Power (CSP) rendszerek a napból nyert energiát tükrök, illetve lencsék segítségével gyűjtik össze, és azt magas hőmérsékletű hővé alakítják, mely gőzturbina vagy motor generátorok révén villamos energiává alakítható. Ezek a rendszerek alapvetően három fő részből állnak: (1) a kollektormezők, azaz tükrök, ill. reflektorok sokasága, melyek feladata a sugárzás összegyűjtése és annak az elnyelőbe történő koncentrációja, (2) az elnyelő, mely az összegyűjtött energiát hővé alakítja; (3) energia-átalakító rendszer, turbinák, vagy Stirling motorok, amely a hőenergiát elektromos energiává alakítja át.

A napsugárzás összegyűjtésére és hővé alakításra különféle megoldások születtek, melyek alapján az alábbi CSP rendszereket különböztethetjük meg (Stoddard et al, 2006; <http://www.kekenergia.hu>):

- **Parabola-vályú (solar trough):** A parabola-vályús rendszerek vályú alakú tükrökből állnak, melyek a direkt sugarakat a középpontban elhelyezett elnyelőcsőbe koncentrálik. Az energia felmeleíti az elnyelőcsőben található közvetítő folyadékot (általában olaj), a közvetítő folyadékot pedig gőz előállítására használják. Az így keletkezett gőz már turbina, vagy motor üzemeltetésére használható. A kollektorok általában soronként vannak elhelyezve, egy észak-dél napkövető tengelyen, és kelet-nyugat irányban követik a nap mozgását. Emellett, a rendszerek közepes hőmérsékletű hőtermelés, hálózatra kapcsolt villamosenergia-termelésre egyaránt alkalmasak.
- **Naptorony (solar tower):** A naptorony rendszerekben a napsugarakat nagy, síktükrök gyűjtik össze és irányítják egy központi, toronyban található elnyelőbe. Ennél a rendszernél a hőhordozó folyadék olaj vagy oldott só is lehet. A hőkövetítő közeg felmelegszik, és meghajtja a földön található generátort, mely villamos energiát állít elő. A naptorony rendszerek fő alkalmazási területe a magas hőmérsékletű hőtermelés, hálózatra kapcsolt villamosenergia-termelés.
- **Naptányér (solar dish):** A rendszer egy vagy több tányér alakú tükrökből áll, amelynek fókuszában egy kollektor áll. A begyűjtött energiából a zárt hidrogén ciklus következtében hőenergia keletkezik, mely egy Stirling-motort működtet.
- **Nap kémény (solar chimney):** nagy földterületet borítanak kör alakú üveg vagy műanyag szerkezetekkel, melyek a kör közepének irányába magasodnak. A terület közepén egy torony helyezkedik el, mely a szélturbinának, esetenként szélturbináknak ad helyet. Napsütés hatására az üveg vagy műanyag szerkezet alatt található levegő felmelegszik, és a torony irányába kezd áramlani, átadva helyét a szerkezet pereme felől érkező hideg levegőnek. A toronyban a meleg levegő felszál, s áramlásával megforgatja a turbina/turbinák lapátjait. A villamos energiát a turbinához/turbinákhoz kapcsolt generátor termeli.
- **Naptó (solar ponds):** Működésének alapja a meleg levegő, víz áramlásának elve. Normál tavaknál a felmelegedő víz a felszínre áramlik, és átadja hőjét az atmoszférának. Általában véve a tavak hőmérséklete többé-kevésbé megegyezik a levegő hőmérsékletével. A naptavas rendszereknél ezt a hővesztést akadályozzák meg, mégpedig úgy, hogy a tó alsó rétegébe oldott sót helyeznek el, így ez a víz túl nehéz ahhoz, hogy a felszínre áramolhasson.

Az alábbi táblázat a főbb szolártermikus technológiai megoldások fő jellemzőit mutatja a be.

3.3. táblázat: Szolártermikus erőművek típusai, jellemzői

			
Kollektor típusa:	Napteknő	Naptányér	Naptorony
Koncentrációképesség	10-100	100-600	100-1000
Elnyelő hőmérséklet (°C)	150-350	400-900	450-1200
Hatásfoka (%)	6-12	8-20	15-25
Kollektorra vetített teljesítménye kW/m ²	20-10	16-6	8-5
Beépített felületre vetített teljesítmény kW/m ²	80-40	60-25	40-20
Hűtőfolyadék	víz	víz	-
Hőközvetítő folyadék	szerves folyadék, víz	víz, gáz	víz, levegő, hélium, só
Turbina típusa	csavaros, gőzturbina, Stirling motor	csavaros, gőzturbina, Stirling motor	gőzturbina, gázturbina
Előnyei	<ul style="list-style-type: none"> • jó földterület kihasználás, könnyen változtatható rendszer • alacsony anyagigény, tárolás megoldható, • hibrid felhasználási lehetőség, • gyors megtérülési ráta. 	<ul style="list-style-type: none"> • nagy energia-átalakítási hatékonysága; • moduláris felépítésűek; • könnyen változtathatók, átalakíthatók; • kiegészítő, fosszilis energiahordozókra épülő erőművek a rendszerhez kapcsolhatók; • az energia-átalakító rendszer léghűtéses, így ennél a CSP rendszerénél nem merül fel vízigény; • terület kiválasztásának szempontjai kevésbé szigorúak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Magas üzemi hőmérséklet • Magas energiaátalakítási hatékonyság, • közvetítő közeg hőtárolásra is alkalmas
Hátrányai	Területkiválasztás, vízigény	Tárolás hiánya, megbízhatósági problémák, nagymennyiségű villamosenergia-termelésre még nem alkalmasak	Magas költségek, Területkiválasztás, Kísérleti fázisban van

Forrás: <http://www.kekenergia.hu> alapján

2.2. Kisteljesítményű vízerőművek

A vízerőművek a víz mozgási energiáját alakítják át villamos energiává. A vízerőművek teljesítménye alapján megkülönböztethetjük a nagy, és kisteljesítményű erőműveket. Az általánosan alkalmazott kategorizálás szerint nagy, azaz kb. 100MW, vagy annál nagyobb, és kis, azaz 100MW-nál kisebb, vízerőművek léteznek. Fontos megjegyeznünk azt is, hogy a kisteljesítményű vízerőművekre nincs általánosan elfogadott meghatározás. A 3.4. táblázat a 100MW kapacitásnál kisebb teljesítményű vízerőművek egy lehetséges csoportosítását mutatja be.

3.4. táblázat: Közepes- és kisteljesítményű vízerőművek csoportosítása

Erőmű elnevezése	Jellemzői
Közepes	15-100MW kapacitás, általában hálózatra kapcsolt típusok
Kicsi	1-10MW kapacitás, általában hálózatra kapcsolt típusok
Mini	100kW-1MW kapacitású, általában hálózatra kapcsolt, de hálózattól független alkalmazású típusok
Mikro	5-100kW kapacitású, hálózattól független alkalmazású típusok
Pikó	5kW-ig terjedő kapacitású típusok

Forrás: Intermediate Technology Development Group (é. n., 1.o.)

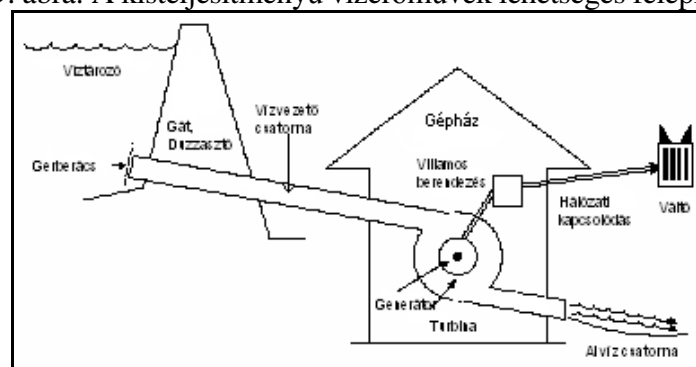
Az áramló víz energiája a víz helyzeti (gravitációs) és mozgási (kinetikus) energiájának összege. A helyzeti energia a vízfolyás szintkülönbségéből származik. A mozgási energiát az áramlási sebesség határozza meg. A vízerőművek közös jellemzője, hogy a víz mozgási

energiáját alakítják át villamos energiává. A kisteljesítményű vízerőműveknek alapvetően két típusa létezik, a folyami és a víztározós vízerőművek.

A "folyami" kifejezés arra a működtetési módra utal, amelynél a vízerőmű kizárólag a folyó természetes áramlása által elérhető energiát használja ki. A "folyami" megoldások esetében nincs víztárolás, azaz a vízerőmű teljesítménye a vízhozammal együtt változik. Így annak köszönhetően, hogy a folyami vízerőművek elérhető teljesítménye a víztani körfolyamatokkal együtt változik, önállóan nem képesek tökéletesen biztos energiaellátást szolgáltatni. Ezen rendszereket általában a nagy villamosenergia-hálózatokba illesztik be, a villamosenergia-hálózattól elszigetelt területeken pedig kiegészítő energiaellátással látják el őket. A folyami kialakítású kisvízerőművek csak abban az esetben tudják a teljes energiaigényt, ha a folyó minimális vízhozama mellett termelhető villamos energia megfelel a felhasználók csúcsgényének. A kisteljesítményű folyami vízerőműveknél a folyó elterelésére is sor kerülhet, mely gyakorta szükséges ahhoz, hogy a folyó bizonyos hosszán mutatkozó magasságkülönbségből eredő előny kihasználható legyen. Eltereléskor a folyó áramlását lassítják a turbina vízkivételi helye és a turbina között. Általában szükség van kisebb gátakra az eltereléshez.

Annak érdekében, hogy a vízerőmű kielégítthesse a villamos energia igényeket változó terhelés, vagy csúcsterhelés esetén is, a vizet víztározókban kell tárolni. Hacsak nem létezik egy természetes tó, melyet ki lehetne használni, akkor a víztározás általában gátak építését, új tavak létrehozását igényli. Ez a kialakítás negatív környezeti hatásokkal is jár, így a nagyteljesítményű vízerőművek kiépítése vonzóbb alternatívát képviselhet. Víztározók építése kisteljesítményű vízerőművek esetében általában gazdaságilag nem megvalósítható, kivéve olyan, a villamos hálózattól távol eső helyeken, ahol a villamos energia értéke nagyon magas. Ha létezik a kisteljesítményű erőműnél víztározás, akkor új csatornafőben, vagy meglévő tavak felvizen tárolt kis mennyiségű vízre korlátozódik. A kis mennyiségű víz tározását jelenti a medertározás. A víztározós kisteljesítményű erőművek egy lehetséges típusa a szivattyús tározás. Ezeknél az erőműveknél a víz egy fenti és egy lenti tározó között cirkulálódik. A fenti tározóból származó víz a csúcsterhelésű időszakokban keresztülmegy a turbinán, és a generátor révén energiát termel. Ezt követően, az alacsony terhelésű időszakokban a vizet visszapumpálják a felső tározóba. Ezeknél a rendszereknél a víz áramoltatása energiafogyasztásként jelentkezik, amelyhez a szükséges energiát kiegészítő energiaforrásokból kell fedezni (Dragu – Sels – Belmans, 2001; Retscreen International, 2005).

3.9. ábra: A kisteljesítményű vízerőművek lehetséges felépítése



Forrás: Dragu – Sels – Belmans (2001, 3. o.)

A kisteljesítményű vízerőművek általában véve két fő alkotóegységből állnak, ezek a kiépített egységek, és a mechanikai és elektromos berendezések (ld. 3.9. ábra). A kisteljesítményű

vízerőművek főbb kiépített egységei közé a gát vagy duzzasztó, a vízvezetések, és a gépház tartozik. Az elterelő gát a vizet egy vízvezető csatornába, más néven ejtőcsőbe, vagy a turbina belépéséhez vezeti. A kisteljesítményű vízerőműveknél a költség és kivitelezési szempontokat figyelembe véve általában egyszerű, alacsony kivitelű gátat alkalmaznak. A terelő gátak készülhetnek betonból, fából, falazati anyagokból, vagy ezek kombinációjából. Általában véve ezek a rendszerek ún. folyami megoldások, azaz a rendszerben nem találhatunk tározókat, és csak abban az esetben termelnek energiát, ha a szükséges vízmennyiség elérhető. A vizet követően egy generátort működtető turbinát hajt meg, majd visszajut a folyóba az alvízcsatorna segítségével.

A kisvízerőművek vízvezető rendszere magában foglalja:

- Vízbemeneti járatot, amely a kialakítástól függően tartalmazhatja a gerebrácsokat, egy zsilipet a csatornába, ejtőcsőbe, vagy közvetlenül a vízturbinába belépő víz számára. A vízbemeneti járatok általában vasbetonból, a gerebrácsok acélból, a zsilip pedig acélból vagy fából készülnek.
- Csatorna, alagút, és/vagy ejtőcső, amely a gépházhoz szállítja a vizet azoknál a kialakításoknál, ahol a gépház bizonyos távolságra található a vízbemeneti helytől. A csatornák általában ásással készülnek, és követik a meglévő domborzati viszonyokat. Az alagutak földfelszín alatt futnak, fúrással és robbantással, vagy alagútfúró gép segítségével készülnek. A nyomócsövek a vizet nyomás (hidrosztatikai nyomás) alatt szállítják, készülhetnek acélból, vasból, üvegszálak kompozitból, műanyagból, betonból, fából is.
- A turbina be- és kilépő helyei magukba foglalják a zsilipeket és tolózárakat is, amelyek a turbina leállításához és karbantartásához szükségesek. Ezek az alkatrészek általában vasból vagy acélból készülnek. Az alvízi zsilipek, ha karbantartás szempontjából fontos, készülhetnek fából is.
- Az alvízcsatorna szállítja a vizet a vízturbinából vissza a folyóba. Ez a csatornához hasonlóan, ásott kivitelű.

Az épített elemek közé tartozó gépházban találhatjuk meg a turbinát, vagy turbinákat, és a legtöbb mechanikus vagy villamos berendezést. A gépházakat általában arra a lehetséges legkisebb méretre készítik, mely még megfelelően biztosítani tudja a védelmet, és lehetővé teszi a szükséges karbantartási munkák elvégzését. A gépházakat általában beton, vagy egyéb, helyben rendelkezésre álló, hagyományos építőanyagok felhasználásával hozzák létre.

Az kisteljesítményű vízerőművek elsődleges villamos és mechanikus berendezései a turbina (turbinák) és a generátor (generátorok). A vízturbina a víz mechanikai energiájának felhasználásával forgatja a mechanikusan hozzákapcsolt generátort. Más szavakkal élve, a turbina alakítja át a víz esésének energiáját tengelyteljesítményre. Többféle típusú turbina létezik, amelyeket számos módon csoportosíthatóak. Ahogyan azt a 3.5. táblázat mutatja, a turbinák alapvetően két csoportra oszthatók, azaz a reakciós és az impulzus, vagy szabadsugaras turbinákat különböztethetünk meg egymástól. Az akciós vízturbinában az energiaátalakulás lényegében az állórészben megy végbe, az állórészből kilépő sugár nyomása a forgórészben való áthaladás közben már nem változik. Ezzel szemben a reakciós vízturbinában a víz sugárnak még jelentős túlnyomása van az álló lapátok és a járókerék között. Más szavakkal, az impulzus turbinák a víz sebességi energiáját, míg a reakciós turbinák a víznyomás energiáját hasznosítják. (Bobrowicz 2006; Retscreen International, 2005). A vízturbinák alaptípusai még a múlt század első felében alakultak ki. A reakciós turbinák közül a Francis-turbina különféle változatait, a propeller turbinákat, és a Kaplan-turbinákat használják. A jelenleg használatos szabadsugaras turbinák közé a Pelton, a Turgo és a Bánki

(keresztáramlásos) turbinák tartoznak. A vízerőművekben használatos turbinák kiválasztása elsődleges a tervezett installálási helyen elérhető esésmagasság, valamint a várható vízhozam függvénye. Természetesen a várható költségek is jelentős hatással vannak a turbina típusok közötti választásra.

3.5. táblázat: Turbinák csoportosítása a járókerekek sebessége és az esésmagasság alapján

Turbina típusa		Sebesség (rpm)	Esésmagasság (m)
Kaplan turbina	A	350-500	30-40
	K	501-750	10-30
	M	751-1100	≤10
Francis turbina	A	50-150	110-300
	K	151-251	50-110
	M	251-450	≤50
Pelton turbina	A	2-15	1000-1300
	K	16-25	700-1000
	M	26-50	100-700
Bánki turbina		30-200	5-100

Forrás: Bobrowicz (2006, 20. o.)

A kisteljesítményű vízerőműveknél általában kétfajta generátort alkalmazhatnak, a szinkron és az indukciós (aszinkron) típus. A szinkron generátorok működtethetők elkülönítve is, míg az aszinkron generátorokat általában más generátorokkal összekapcsolva kell működtetni. Fontos megjegyezni, hogy az indukciós generátorok kapacitása kevesebb, mint 500kW, így ezek azoknál a kisteljesítményű vízerőműveknél alkalmazhatók, melyek hagyományos villamosenergia-hálózatra vannak kötve. A generátorok működési elve minden erőműben azonos.

A kisteljesítményű vízerőművekben a vízturbinán/vízturbinákon és a generátoron/generátorokon kívül egyéb mechanikus és villamos részegységei is lehetnek. Ezek az alábbiak:

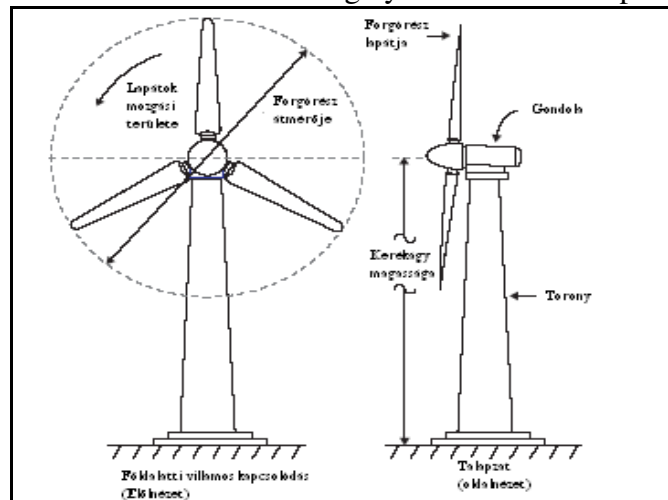
- tengelygyorsító berendezés az ideális turbina fordulatszám és generátor fordulatszám összehangolására (szükség esetén);
- vízlezáró tolózárok a turbinákhoz;
- a folyó megkerülő vezetéke és annak vezérlése (szükség esetén);
- hidraulikus vezérlés a turbina és a tolózárok részére;
- villamos védelem és vezérlés;
- villamos kapcsoló berendezés;
- transzformátorok önellátásra és áramtovábbításra;
- az önellátás magában foglalja a világítást, fűtést, a rendszer működéséhez szükséges energia-felvételt, és a kapcsolószekrény ellátását;
- vízűtés és kenő rendszer (szükség esetén);
- tartalék áramforrás;
- telekommunikációs rendszer;
- tűz- és biztonsági riasztó rendszer (szükség esetén);
- hálózatra kapcsoló, vagy továbbító és elosztó rendszer. (<http://www.retscreen.net>)

2.3.Szélerőművek

A szélerőművek a nap által felmelegített levegő mozgásának, azaz a szél kinetikus energiájának mechanikus energiává való alakítását teszik lehetővé. A szélturbinák alkalmazása

révén nyerhető energia mennyiségét a helyi szélesebesség, és a szél energiasűrűsége határozza meg.

3.10. ábra: A vízszintes tengelyű szélturbina felépítése



Forrás: Retscreen International (2005, 96. o.)

A szélerőművek alapvetően négy részből épülnek fel (3.10. ábra), ezek:

- **Forgórész:** a szélturbina forgórészének 2 fő típusa létezik, de feladatuk, hogy a szél aerodinamikai hatásait egy tengelyt forgató nyomatékká alakítsa. A vízszintes tengelyű forgórészek a szél tólóerejét használják energiatermelésre, lapátai nagyobbak, forgórész sebessége kisebb. A propeller típusú vízszintes forgórészek tipikus átmérője 50 cm - 100 m tartományban mozog. Hátránya, hogy mindig széliránnyal szembe kell fordítani, és a tartótoronynak az összes villamos és gépészeti rendszert a forgórésszel azonos szinten kell tartania. A soklapátos vízszintes forgórészek lapátai adott szögre vannak beállítva, - lehet állandó, vagy szabályozott- az aerodinamikai hatások optimális hasznosítása érdekében. A függőleges tengelyű forgórészek kevésbé ismeretesek. Ezek is a felhajtóerő elven működnek, de a szárnyforma „szívás” hatására mozog előre, amint a szél relatív mozgása enyhén elferdíti azt. Előnye, hogy széliránytól függetlenül működtethető, a lapátok nagy forgási sebesség elviselésére képesek. A forgórész általában kettő, vagy három lapáttal rendelkezik, a lapátok egy agyon keresztül csatlakoznak az alacsony fordulátú tengelyhez és mechanikus, vagy hidraulikus rendszer segítségével állítják a lapátok vagy annak egy részének állásszögét.
- **Gondola:** ez ad helyet a
 - a forgótengelynek, mely a keletkező nyomatékot átadja a forgórésztől az áttételi rendszernek, tengelykapcsolóknak;
 - a főtengeyen (áttétel előtt, vagy után) található féktárcsának;
 - a forgórész forgásából adódó kb. 0,5 Hz frekvencia növelését biztosító mechanikus áttétel rendszernek;
 - a behajtó tengelyén megjelenő mechanikai energiát villamos energiává alakító generátornak;
 - a széliránnyal szembefordított turbinák esetén, az aktív iránybaállító rendszernek.
- **Torony és alapzat:** Ezek tartják a forgórészt és a hajtásláncot (gondola). A gyártók gyakran alkalmaznak olyan toronymagasságot, ami megegyezik a forgórész átmérőjével. Szerkezetüket tekintve megkülönböztetjük az acélból, vagy betonból készülő fix csőalakú tornyokat, a hegesztett idomacélokból álló fix rácsszerkezetű tornyokat, valamint a szerelőárbóc segítségével felállítható és leereszthető kipánvázott tornyokat.

- Villamos szabályozó rendszer és vezetékai, műszerek a működés ellenőrzéséhez és szabályozásához. (Retscreen International, 2005)

A modern szélturbinák automatikusan működnek. A szél nyomatókat gyakorol a szélturbina forgórészére, ez a viszonylagosan alacsony forgási sebességet egy áttételrendszer révén felgyorsítják, és a kimeneti tengely segítségével meghajtják a generátort. A generátor által termelt villamos energia átáramlik a szélturbina ellenőrző és megszakító rendszerén, majd a középvezetési rendszerbe jut.

Az elhelyezkedéstől függően megkülönböztetjük egymástól az ún. szárazföldi és partmenti szélturbinákat, míg kapacitásuk alapján a szélerőművek három csoportba sorolhatók:

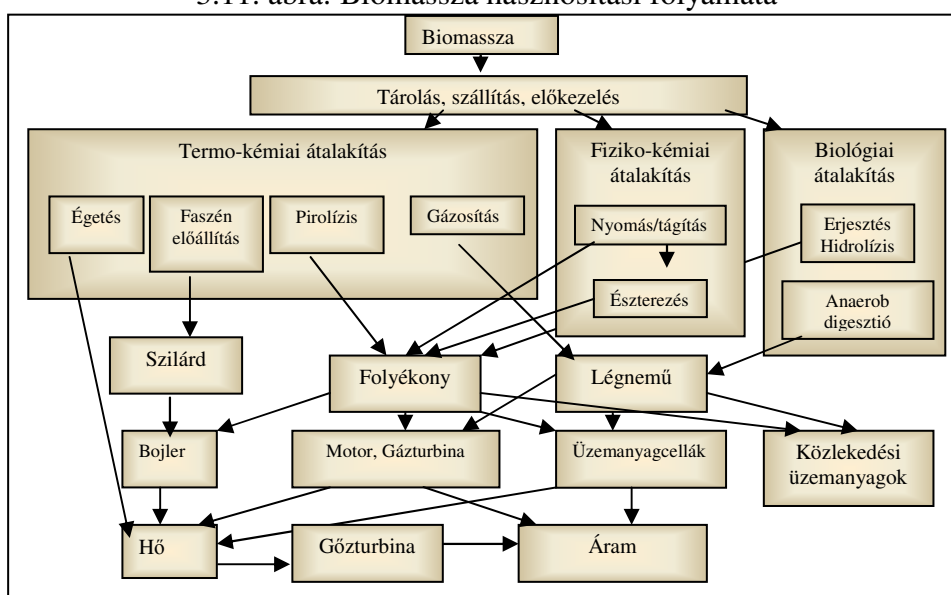
- Mikro: <3kW
- Kicsi 3kW-30kW
- Nagy 200-1500kW (EC, 1997, 9-10.o.)

2.4. Biomassza hasznosítás technológiái

Biomasszának tekinthető minden biológiailag lebomló szerves anyag, amely mezőgazdasági tevékenységből, fenntartható erdőgazdálkodásból, energetikai célú ültetvényekből, élelmiszeripari termelésből vagy ezek termékeinek, melléktermékeinek vagy hulladékainak feldolgozásából, valamint hulladékgyűjtésből vagy szennyvízkezelésből származik. A különböző biomassza típusok csoportosíthatók eredetük szerint, illetve fizikai állapotuk alapján. Az első esetben megkülönböztetjük az 1) elsődleges (természetes növényi vegetációk, pl. mezőgazdasági, erdészeti, és kertészeti növények), 2) másodlagos (állattenyésztés fő- és melléktermékei), illetve 3) harmadlagos (feldolgozóipar melléktermékei) biomassza típusokat. Fizikai állapotuk alapján a szilárd, folyékony, és gáznemű típusokról beszélhetünk (Energianövényekről lásd bővebben Fogarassy, 2001).

A biomassza energiaforrásokat jellegüktől függően különböző módokon dolgozhatjuk fel, és hasznosíthatjuk (ld. 3.11. ábra).

3.11. ábra: Biomassza hasznosítási folyamata



Forrás: WWF (2004, 8.o.) alapján

A biomassa energiataralma hasznosítható (lásd bővebben Bai et al, 2002):

- Közvetlen tüzeléssel, előkészítéssel, vagy előkészítés nélkül.
- Kémiai átalakítás (elgázosítás, vagy cseppfolyósítás) után éghető gázként, vagy folyékony üzemanyagként,
- Alkoholá erjesztéssel üzemanyagként,
- Növényi olajok észterezésével biodízelként,
- Anaerob fermentálás után biogázként.

A 3.6. táblázat a legfontosabb biomassa átalakítási technológiákat összegzi. Ahogyan az a táblázatból is kiolvasható az átalakítási folyamatok révén keletkező energiahordozók, - típusuktól függően - hőenergia előállításra, villamosenergia-termelésre, (hagyományos erőművekben, belső égésű motorokban, Stirling motorokban, gőz- és gázturbinás rendszerekben), kapcsolt termelési (CHP) erőművekben, illetve járművek üzemanyagaként is alkalmazhatók.

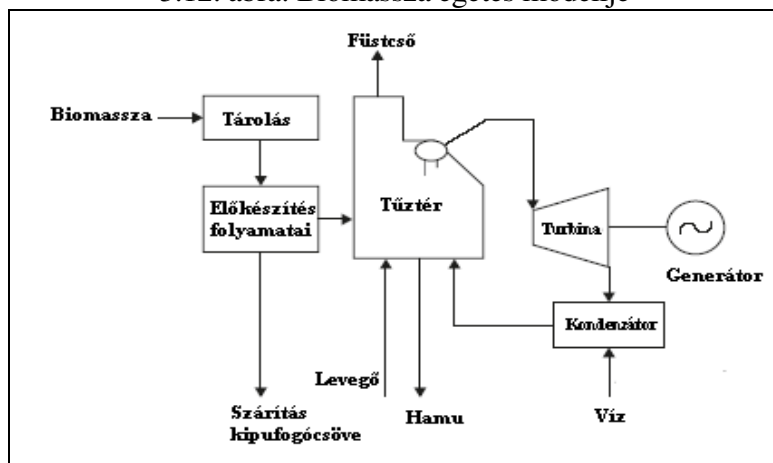
3.6. táblázat: A biomassa átalakítási és felhasználási technológiái

Átalakítási módszer	Erőforrás	Erőforrás példák	Átalakítás eredménye	Végfelhasználás és technológiái	Technológia bevezetettsége
Közvetlen égetés	Főként szilárd biomassa	Energianövények, mezőgazdasági, erdészeti, kommunális hulladékok	Hő	Hő Villamos energia (gőzturbina, belső égésű motorok, Stirling-motor)	Kereskedelmi forgalomban
Gázosítás	Főként szilárd biomassa	Energianövények, mezőgazdasági, erdészeti hulladékok	Gáz	Hő (kazán) Villamos energia (motorok, turbinák, tüzelőanyag-cellák) Üzemanyag (metán, hidrogén)	Demonstrációs fázis, korai bevezetés
Pirolízis	Főként szilárd biomassa	Energianövények, mezőgazdasági, erdészeti hulladékok	Pirolízis-olaj és melléktermékek	Hő (kazán) Villamos energia (motorok, turbinák)	Bevezetés alatt
Aneorob erjesztés	Szilárd, folyékony biomassa	Trágya, szennyvíz	Biogáz és melléktermékek	Hő (kazán) Villamos energia (motorok, gázturbina, tüzelőanyag-cella) Üzemanyag	Kereskedelmi forgalomban
Észterezés	Szilárd biomassa	Mezőgazdasági növények	Biodízel	Üzemanyag	Kereskedelmi forgalomban
Alkoholos erjesztés	Szilárd biomassa	Mezőgazdasági növények	Bioetanol	Üzemanyag	Kereskedelmi forgalomban

Forrás: WWF (2004, 12. o.) alapján

A biomassa *közvetlen égetése* (3.12. ábra) a legelterjedtebb biomassa átalakítási módszer, melynél számos biomassa típust alkalmazhatunk. A különböző mezőgazdasági és erdészeti hulladékok, energianövények (fás szárú, lágyszárú), illetve a kommunális hulladékok égetéséhez szükséges az alapanyagok megfelelő méretre alakítása: vágása, darabolása, aprítása; válogatása, tömörítése, pellettálása, vagy brikettálása. Az égetés modern kazánokban történik, mely hőenergia, villamos energia, vagy kapcsolt termelésre is alkalmazható.

3.12. ábra: Biomassza égetés modellje



Forrás: Breeze (2005, 225.o.)

A biomassza közvetlen égetésének leggyakrabban alkalmazott technológiái közé tartozik (Barabás, 2003, 8.o.; Breeze, 2005, 224. – 225. o.):

- Fix ágyas tüzelés: ebben az esetben a tüzelőanyagokat a rostély alól bevezetett primerlevegő, és a fúvókákon bejuttatott szekunder levegő segítségével égetik el. Ugyanakkor, a fix rostélyok miatt a folyamat során keletkező hamu eltávolítása a rendszer leállítását igényli.
- Mozgórostélyos tüzelés: a mozgórostélyos tüzelés annyiban tér el a fix ágyas égetéstől, hogy ebben az esetben a rostélyok minden második lépcsőjét mozgatni lehet, így az égő aprítékpaplan rostélyon haladása egyenletes, állandó keveredés mellett folyik. Ez pedig a tüztéri folyamatok szabályozottabb jellegét teremti meg.
- Fluidágyas tüzelés: a tüzelőanyagot a primer levegő által kellő hőmérsékletre felhevített, hőálló anyagból álló ágyra vezetik, ahol a mederanyag és a biomassza keveréke égetése megtörténik.
- (Portüzelés: amennyiben a tüzelőanyag por állapotában áll rendelkezésre, akkor azt a primer levegővel összekeverve juttatják a tüztérbe, és így égetik el. Az éghető gázok teljes elégetése csak a szekunder levegő hozzáadása után következik. Ez a technológia leginkább erőművi méretekben, szénnel történő vegyeségetésnél kerül alkalmazásra.)

A biomassza egyéb átalakítási folyamatai révén kapott végtermékek is alkalmasak arra, hogy a korábban bemutatott CHP egységek tüzelőanyagai legyenek.

- Az elgázosításos átalakítás a biomassza alapanyagának megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontását jelenti. Az elgázosítás során éghető gáz keletkezik. Ez a gáz pedig hőenergia és villamosenergia-termelésre, illetve hidrogén és metanol előállításra is használható. Ez az eljárási módszer a közvetlen égetésnél tisztább, gazdaságosabb eljárásnak tekinthető.
- A pirolízis során a szerves anyagokat, a teljes elégetéshez elegendő levegő hiányában, 450-600°C-ra hevítik. Ilyen körülmények között a szerves anyagok, az atomok gyors mozgásának következtében szétesnek. A folyamat során szerves gőzök, gázok, faszén keletkezik. A szerves gőzök kondenzációjával nagy energiatartalmú olajok nyerhetők, valamint a pirolízis során keletkező gázok is jól hasznosíthatóak energiaforrásként. (Barta 2003, WWF 2004)
- Az aneorob erjesztés egy olyan biológiai folyamat, mely oxigén hiányában alakítja át a szilárd, vagy folyékony állapotú biomasszát gázzá. A folyamat során keletkező biogáz

főként szén-dioxidból, metánból, és különböző nyomelemekből épül fel, a keletkező melléktermékek komposztként, trágyaként hasznosítható. A biogáz hőenergia, villamos energia, és üzemanyag előállítására használható. (WWF 2004)

- Az észterezési eljárással a növényi olajok és zsírok motorhajtóanyagokká alakíthatók. A hidegen sajtolt repce vagy napraforgó-olajat nátrium hidroxidos metilalkohollal keverik össze, majd üleptik. Alulról leválasztják a glicerines, felülről pedig a metil-észterezett részt. A glicerintmentes metilésztert vízzel lúgmentesítik, biodízel keletkezik. A préselés melléktermékeit pellettálják és takarmányként hasznosítják tovább.

Fontos megemlíteni, hogy az energiahatékonysági szempontok miatt, helyi, kistérségi szinten a biomassza égetése során keletkező hő- fűtési, hűtési, illetve melegvíz-ellátási célokra történő- hasznosítása az esetek többségében kedvezőbb megoldásnak tekinthető, mint annak villamos energiává történő továbbalakítása.

1.2.5. Adott helyi technológiák

Léteznek olyan, „helyfüggő”, megújuló energiahordozó hasznosítására épülő technológiák is, melyek adott helyi jelenségeket, adottságokat használnak ki. Ide sorolhatjuk a geotermikus energia közvetlen, fűtési, hűtési és melegvíz előállítását, illetve villamosenergia-termelésre szolgáló technológiáit, az óceánok hullámzási energiáját hasznosító erőműveket, valamint az árapály jelenségekre épülő villamosenergia-termelési egységeket. Ez utóbbi két technológia azonban még csak fejlesztési fázisban, vagy kezdeti bevezetés alatt van.

1.2.5.1. Geotermikus energia villamosenergia-termelésre szolgáló technológiái

A geotermikus energia, azaz a földhő nem más, mint a földkéreg belső energiája, a föld közegeiben, és az azt kitöltő folyadékokban felhalmozódott hőenergia. A geotermikus készletek osztályozása az ún. entalpia-érték, a fizikai állapot, a szaturáció, és a tározóban áramló folyadék és a hőtranszfer közötti egyensúly alapján is megtehető. Az *entalpia* nem más, mint a forró kőzetek hőjét felszínre szállító folyadék hőtartalmának számszerűsített értéke. Ennek megfelelően magas, közepes, és alacsony entalpiájú készletekről beszélhetünk (Dickson – Fanelli, 2003, 10. o.).

3.7. táblázat: A geotermikus készletek csoportosítása azok entalpia-értéke alapján a szakirodalomban

Készletek típusa	Entalpia értéke			
	Muffer-Cataldi (1978)	Hochstein (1990)	Benderitter-Colmy (1990)	Nicholson (1993)
Alacsony	<90	<125	<100	150
Közepes	90-150	125-225	100-200	-
Magas	>150	>225	>200	>150

Forrás: Dickson – Fanelli (2003, 33. o.)

A geotermikus készletek entalpia szerinti besorolását mutatja a 3.7. táblázat az egyes szerzők megítélése alapján. Egy másik lehetőség, hogy a geotermikus rendszereket azok fizikai jellemzői alapján csoportosítjuk. Beszélhetünk domináns víz alapú, domináns gőz alapú, illetve vegyes geotermikus rendszerekről. A domináns víz alapú rendszereknél a folyadék az állandó, nyomás-meghatározó közeg, és a gőz csupán csekély buborékképződés formájában van jelen. Hőmérsékletük széles tartományban mozog. Forró

víz, vízgőz-keverék, nedves gőz, ritkább esetben száraz gőz formájában is kiaknázhatók. A dominánsan gőz alapú rendszerekben a gőz a folyamatos, nyomás-meghatározó közeg. E rendszerek ritkábbak, magas hőmérsékletűek miatt száraz illetve túlhevített gőzt termelhetnek (Dickson – Fanelli, 2003, 10-11. o.). A geotermikus energia közvetlen módon, fűtési célokra, illetve a 150°C-nál magasabb hőmérsékletű készletek pedig villamosenergia-termelés céljából is hasznosíthatók.

A geotermikus energia közvetlen hasznosítására a helyi önellátó energiarendszer kiépítésénél a villamosenergia-termelési módszerek alkalmazásánál nagyobb előnyöket biztosíthat. A helyi szintű hőenergia igények kielégítésére nyújt lehetőséget a hőcserélők és hőszivattyúk alkalmazása (Retscreen International, 2005, 389-401. o.). A geotermális hőszivattyúk lakóépületek, kereskedelmi, ipari létesítmények fűtésére, hűtésére és vízmelegítésre; mezőgazdasági célokra (szárítás) használhatók. A rendszer alkotó elemei a 1) felszíni csatlakozási alrendszer, 2) Geotermális hőszivattyú alrendszer, 3) Hőelosztási alrendszer. A hőszivattyúban a munkafolyadék párolgással veszi fel a hőt a hőforrásból, és azt kicsapódással adja át a távfűtőrendszer vizének. Ehhez a munkához külső energiabevitel szükséges, amit leggyakrabban egy elektromotorral hajtott kompresszor szolgáltat de a kémiai abszorpció, a gáz kompresszió és egyéb módszerek is rendelkezésre állnak. A helyi, kistérségi alkalmazás, a geotermikus energia rendelkezésre állása esetén, ez a technológia alkalmasnak tekinthető a lakossági, ipari hőigények kielégítésére.

Villamosenergia-termelésre alkalmazható technológiák négy típusát különböztethetjük meg (Fazekas, 2006, 372-374. o.; DOE, é. n., 2. o.; <http://www.kekenergia.hu>):

- Szárazgőz erőmű (Dry Steam Power Plant): A szárazgőzzel működő nyitott körfolyamatú erőművek alkalmazására akkor kerül sor, ha a geotermikus energia magas entalpia-értékű, gőz formájában áll rendelkezésre. A magas hőfokú (180-350°C) és nyomású szárazgőz közvetlenül, csövek segítségével jut az erőműbe, ahol meghajtja a turbinát, végül az áramot termelő generátort. A gőz ezt követően egy kondenzátorba kerül, ahol lehűtik, majd visszajuttatják a földkéregbe.
- Elgőzölögtetős erőmű (Flash Steam Power Plant): Ezt a technológiát akkor alkalmazzák, ha a geotermikus energia 182°C-nál magasabb hőmérsékletű víz, nagy víztartalmú gőz (gőtartalom 10-50%) formájában áll rendelkezésre. A víz saját nyomásának köszönhetően jut az erőműbe, és a víz nyomáscsökkenésének hatására egy része felforr, és a keletkező gőzt vezetik tovább a turbinához, mely meghajtja a villamos energiát termelő generátort. Ezt követően a gőzt egy kondenzátorban hűtik le, és a kőzetvízzel együtt visszainjektálják a földkéregbe. Ez a leggyakrabban alkalmazott megoldás, általában 5-100MW kapacitással rendelkeznek.
- ORC erőmű (Binary Rankine Cycle Power Plant): A bináris Rankine ciklusú (1-50MW kapacitású) erőművek alkalmazására azon esetekben kerül sor, ha a feltörő víz hőfoka 150°C-nál alacsonyabb. Ennél az eljárásnál a geotermikus folyadékot egy hőcserélőre vezetik, ahol az felmelegíti az alacsony forráspontú munkaközéget (pl. iso-bután, ammónia és víz keverék). Ezt követően a munkaközeg elpárolog, és meghajtja a turbinát. A kondenzátorban a hűtővízzel lehűtött gőz térfogatváltozása vákuumot hoz létre, a turbina második fokozatát meghajtva. A hőcserélőből a kőzetvizet itt is visszajuttatják a geotermikus tározóba.
- „Forró száraz szikla” (Hot Dry Rock) technológia: A HDR technológia egy mesterséges geotermikus energiatermelésű erőmű, ahol a földkéreg magas hőmérsékletű részeihez vizet táplálnak be. A víz a forró kőzeteken elpárolog, és nagy nyomású gőz keletkezik, mely a visszaszivattyúzás után a meghajtott turbinához tartozó generátoron keresztül áramot termel.

Források:

- 1) Bai, A. – Lakner, Z. – Marosvölgyi, B. – Nábrádi, A. (2002): A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- 2) Barabás, P. (2003): A Hulladék Faanyagok Ipari Hasznosítása, Újrahasználása, Oktatási segédanyag, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, http://barabasp.freeblog.hu/files/Fahulladek_Ipari_hasznositasa.pdf, Letöltés ideje: 2011.03.19.
- 3) Barta, I. (2003): A biomassza energetikai célú hasznosítására alkalmas technológiák, a biogáztermelés gyakorlata, MSZET Kiadványai 2., 41-44.o.
- 4) Bobrowitz, W. (2006): Small hydropower-Investor Guide, <http://www.leonardo-energy.org>, Letöltés ideje: 2007.08.12.
- 5) Breeze, P. (2005): Power Generation Technologies, Elsevier, Linacre House, Oxford
- 6) Büki, G (2005): Fosszilis erőművek, Magyar Atomforum Egyesület sorozata, 3. rész, <http://www.atomforum.hu/pdf/03%20fosszilis%20eromuvek.pdf>, Letöltés ideje: 2007.09.10.
- 7) Dickson, M.H – Fanelli, M. (2003): What is geothermal energy? UNESCO Publishing, <http://www.geothermal-energy.org/files-31.html>, Letöltés ideje: 2008.02.25.
- 8) DOE (é.n.): Buried Treasure, The Environmental, Economic and Employment Benefits of Geothermal Energy, <http://www.go.doe.gov>, Letöltés ideje: 2007.08.28
- 9) DOE – EPRI (1997): Renewable Energy Technology Characterizations, TR-109496, Topical Report, <http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/pdfs/techchar.pdf>, Letöltés ideje: 2007.06.13.
- 10) Dragu, C. – Sels, T. – Belmans, R. (2001): Small hydro power – State of the art and application, ftp://wgs.esat.kuleuven.ac.be/electa/IEEE_YRSEPE/papers/18.pdf, Letöltés ideje: 2007.07.16.
- 11) EC (1997): Wind Energy-the facts. Vol. 1 Technology, http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/WETF/Facts_Volume_1.pdf, Letöltés ideje: 2008.11.16.
- 12) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest
- 13) Fogarassy, Cs.(2001): Energianövények a szántóföldön, Gödöllő, SZIE GTK, <http://www.air.gov.hu/letoltes/200507/energianoventek>, Letöltés ideje: 2006.04.12.
- 14) Lewis, N. S. – Cabtree, G. (2005): Basic Research Needs for Solar Energy Utilisation, http://www.sc.doe.gov/bes/reports/files/SEU_rpt.pdf, Letöltés ideje: 2007.04.16.
- 15) Onovwiona, H. I. – Ugursal, V. I. (2006): Residential cogeneration systems: review of the current technology, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, 389–431. o.
- 16) OPET (2002): Micro-and small scale CHP from biomass, (<300kW), <http://www.opet-chp.net>, Letöltés ideje:2009.03.12.
- 17) Stoddard, L. - Abiecunas, J. - O'Connell R. (2006): Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California, <http://www.osti.gov/bridge>, Letöltés ideje: 2007.06.29.
- 18) Retscreen International (2005): Clean Energy Project Analysis RETScreen® Engineering & Cases Textbook, Third Edition, <http://www.retscreen.net>, Letöltés ideje: 2007.04.16.
- 19) Wade (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, <http://www.localpower.org>; Letöltés ideje: 2007.08.17.
- 20) Wu, D. W. - Wang, R. Z. (2006): Combined cooling, heating and power: A review, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 32, 459–495. o.
- 21) WWF (2004): Biopowerswitch, <http://www.wwf.co>, Letöltés ideje: 2006.05.21.
<http://www.kekenergia.hu>

4. Melléklet: Az IEA-UN energia-rendszerre vonatkozó fenntarthatósági indikátor-rendszer

1. Népeség: teljes, városi	21. Rendelkezésre álló jövedelem/ Energiahordozók, villamos energia fogyasztásának megoszlása: átlagos népeség, a legszegényebb 20%-os népeség vonatkozásában
2. Egy főre jutó GDP	22. Nem hagyományos energiától függő háztartások megoszlása, villamos energia nélkül
3. Végso energiaárak adókkal és támogatásokkal, illetve azok nélkül	23. Légszennyező kibocsátások mennyisége (SO ₂ , NO _x , por, CO, VOC)
4. Szektorok részesedése a GDP hozzáadott értékéből	24. Városi területek szennyezőanyag koncentrációja (SO ₂ , NO _x , por, CO, ózon)
5. Egy fő által megtett közlekedési távolság: teljes, városi tömegközlekedési módok révén	25. Azon területek aránya, ahol a savasodás meghaladja a kritikus értékeket
6. Áruszállítási aktivitás: teljes, módonként	26. ÜHG-kibocsátás mértéke
7. Egy főre jutó beépített területek aránya	27. Légkörbe jutó radionuklidok: radionuklid szennyezés
8. Kiválasztott energia-intenzív ágazatok termelési	28. Vízkészletek szennyezése: szennyvíz, radionuklidok, olajszenyezés
9. Energia-intenzitás: termelés, közlekedés, mezőgazdaság, kereskedelmi és közszektor, szolgáltatási ágazat,	29. Szilárd hulladékok előállítása
10. Kiválasztott energia-intenzív termékek végso energiaintenzitása	30. Kezelendő szilárd hulladékok összmenntisége
11. Energia-mix: végso energia, villamos energia, primerenergia-ellátás	31. Radioaktív hulladékok előállítása
12. Energiaellátás hatékonysága	32. Elhelyezésre váró radioaktív hulladékok összmenntisége
13. Szennyezés-megfogási technológiák használatának állapota: használat mértéke, átlagos teljesítmény	33. Energiatermelési egységek és infrastruktúra területigénye
14. GDP egységére jutó energiafelhasználás	34. Baleseti halálozás az egyes energia-ellátási láncok
15. Energiaszektor kiadásai: teljes beruházás, környezetirányítás, K+F kiadások, szénkitermelés és fejlesztés, nettó energia-import kiadások	35. A jelenleg használatban lévő vízerőművek technikai kihasználási képességének megoszlása
16. Egy főre jutó energiafelhasználás	36. Ismert fosszilis energia-hordozó készletek
17. Saját energiatermelés	37. Ismert fosszilis energia-hordozó készletek várható élettartama
18. Nettó energiainport függőség	38. Ismert uránium készletek
19. Jövedelmi egyenlőtlenség	39. Ismert uránium készletek várható élettartama
20. A legszegényebb 20%-os népeség napi rendelkezésre álló jövedelem/ Energiahordozók, villamos energia fogyasztása és a fő energiahordozók/ villamos energia árának aránya	40. Erdészeti erőforrások tüzelési célú felhasználásának aránya
	41. Erdőirtás mértéke

*Megjegyzés: A szimpla betűtípussal jelölt indikátorok az UN-CSD, a félkövér betűtípussal jelölt indikátorok az ISED indikátorai

Forrás: IAEA (é.n., 3.o.)

1) IAEA (é. n.): Indicators for Sustainable Energy Development, <http://www.iaea.org>, Letöltés ideje: 2009.02.12..

5. Melléklet: Villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági értékelése I-II.

Evans et al (2009)	Burton – Hubacek (2007)	Madlener – Stagl (2005)	Afgan et al (2000, 2007); Begić - Afgan (2007)	Tzeng et al (1992)
1. Villamosenergia-termelés költsége (\$/kWh)	1. Termelési kapacitás (1-100)	I. Biofizikai dimenzió <u>Termelés input igénye</u> 1. Területigény (m ² /kWh) 2. Vízigény (l/kWh) 3. Alapanyagigény (1-10 pont) 4. Indirekt energiaigény (MJ/kWh) <u>Termelés potenciális következményei</u> 5. Természetre, lakosságra, élővilágra gyakorolt hatás (1-10 pont) 6. Környezeti kockázat (1-10 pont) 7. Tájképromboló hatás (1-10 pont) 8. Mikroklímára gyakorolt hatás (1-10 pont) 9. Talaj termelékenységére gyakorolt hatás (1-10 pont) 10. Népesedési hatás (1-10 pont) <u>Energiaátalakítás és használat potenciális hatásai</u> 11. Légszennyezés (pl. CO ₂ , NO _x , SO _x , 1-10 pont) 12. Organikus emissziók (1-10 pont) 13. Szilárd hulladéktermelés (1-10 pont) 14. Vízszennyezés (1-10 pont) 15. Talajra, vízre gyakorolt hatás (1-10 pont) 16. Egyéb kockázatok (1-10 pont)	I. Erőforrás-indikátorok 1. Energiahordozó igénye (kg/kWh) 2. Szénacél igényesség (kg/kWh) 3. Rozsdamentes acél igény (kg/kWh) 4. Réz-igény (kg/kWh) 5. Alumínium igény (kg/kWh) 6. Szigetelőanyag-igény (kg/kWh)	I. Technológiai szempontok 1. Fejlesztés nehézségei (1-5 pont) 2. Működési hatékonyság (1-5 pont) 3. Kapacitásbővítés nehézségei (1-5 pont)
2. ÜHG-kibocsátás (gCO ₂ eq)/kWh)	2. Beruházási költség (€/kWh)			
3. Rendelkezésre állás (%)	3. Üzemeltetés és Karbantartás költségei (€/kWh)	4. Élettartam (1-100 pont)	III. Gazdasági indikátorok 10. Energiatermelés költsége (€/kWh) 11. Beruházási költség (€/kWh) 12. Termelési hatékonyság (%)	III. Gazdasági szempontok 8. Termelési költségek (1-5 pont) 9. Építés időtartama (1-5 pont) 10. Éves termelés értéke (1-5 pont)
4. Energiatermelési hatékonyság (%)	5. CO ₂ emisszió (CO ₂ g/kWh, teljes életciklus alatt)	6. Zajhatás (1-100 pont)		
5. Területigény (km ² /TWh)	7. Természeti környezetre gyakorolt hatás (1-100 pont)	7. Társadalmi hatások (technológia-specifikus minősítés: alacsony, közepes, magas)	8. Társadalmi elfogadottság (1-100 pont)	8. Társadalmi elfogadottság (1-100 pont)
6. Vízfogyasztás (kg/kWh)	8. Társadalmi elfogadottság (1-100 pont)	8. Társadalmi elfogadottság (1-100 pont)		
7. Társadalmi hatások (technológia-specifikus minősítés: alacsony, közepes, magas)		8. Társadalmi elfogadottság (1-100 pont)		

Forrás: saját szerkesztés

PSI (2006)	Deutsch (2009)	NEEDS projekt (2008)
<p>I. Környezeti dimenzió:</p> <p>1. Globális felmelegedéshez való hozzájárulás (t CO₂eq./GWh)</p> <p>2. Regionális környezeti hatás (ökoszisztéma károsodása, km²/kWh)</p> <p>3. Területigény (m²/GWh)</p> <p>4. Balesetek (Mortalitás)</p> <p>5. Összes hulladék (t/GWh)</p>	<p>I. Környezeti dimenzió:</p> <p>1. Fajlagos ÜHG-kibocsátás (gCO₂eq/kWh)</p> <p>2. Teljes energetikai láncra vonatkoztatott externális költség (€/kWh)</p> <p>3. Fajlagos területhasználat (m²/MW)</p> <p>4. Fajlagos vízszennyezés (mg/kWh)</p> <p>5. Fajlagos talajszennyezés (mg/kWh)</p> <p>6. Zajszennyezés (dba/h/év)</p> <p>7. Tájképromboló hatás (relatív skála)</p> <p>8. Ökorendszerek károsodás (kipusztult terület%/MW)</p>	<p>I. Környezeti dimenzió:</p> <p>1. Fosszilis és nem megújuló (uránium) energiahordozó igénye (MJ/kWh)</p> <p>2. Ásványi érc igénye (kgSbeq/kWh)</p> <p>3. ÜHG-kibocsátás (kgCO₂eq/kWh)</p> <p>4. Területigény (m²/kWh)</p> <p>5. Ökotoxicitás (PDF*m²*a/kWh)</p> <p>6. Savasodás és Nitrátosodás (PDF*m²*a/kWh)</p> <p>7. Hidrokarbon emisszió (t/kWh)</p> <p>8. Radioaktív talajszennyezés (km²/kWh)</p> <p>9. Vegyi & nukleáris hulladékok talajrétegekben (kg/kWh)</p>
<p>II. Gazdasági dimenzió:</p> <p>Pénzügyi igény:</p> <p>6. Termelési költségek (€/kWh)</p> <p>7. Energiahordozó áremelkedésére való érzékenység (relatív skála)</p> <p>Erőforrás-igény:</p> <p>8. Rendelkezésre állás (%)</p> <p>9. Geopolitikai tényező (Relatív skála)</p> <p>10. Hosszú távú fenntarthatóság (energia alapú/alapanyag alapú, kg/GWh)</p> <p>11. Csúcsterhelésre való reagálási képesség (relatív skála)</p>	<p>II. Társadalmi dimenzió:</p> <p>9. Munkahelyteremtő képesség (fő/GWh)</p> <p>10. Helyben maradt GDP (€/kWh)</p> <p>11. Új beruházások, vállalkozások (relatív skála)</p> <p>12. Migráció, népességmegtartó hatás (relatív skála)</p> <p>13. Oktatás fejlődése (relatív skála)</p> <p>14. Infrastrukturális fejlődés (relatív skála)</p> <p>15. Fajlagos baleseti mutató (relatív skála)</p> <p>16. Fajlagos katasztrófa arány (relatív skála)</p>	<p>II. Gazdasági dimenzió:</p> <p>10. Átlagos termelési költség (€/kWh)</p> <p>11. Közvetlen munkahelyteremtő képesség (fő-év/GWh)</p> <p>12. Importált energiahordozótól való függetlenség (relatív skála)</p> <p>13. Beruházási költség (€)</p> <p>14. Energiahordozó árának változására való érzékenység (relatív skála, %)</p> <p>15. Kiépítési idő (év)</p> <p>16. Átlagos változó költség (€/kWh)</p> <p>17. Rendelkezésre állás (relatív skála)</p> <p>18. Terheléskövetési képesség (relatív skála)</p>
<p>III. Társadalmi dimenzió:</p> <p>12. Munkahelyteremtő képesség (Fő-év/kWh)</p> <p>13. Sugárzásveszély (relatív skála)</p> <p>14. Emberi egészségre gyakorolt hatás (mortalitás, YOLL/GWh)</p> <p>15. Helyi terhelés (Zajhatás, tájképromboló hatás, relatív skála)</p> <p>16. Hulladéklebomlás ideje (1000 év)</p> <p>17. Kockázatvállalási igény (max. halálozás/baleset)</p>	<p>III. Gazdasági dimenzió:</p> <p>17. Fajlagos beruházási költség (€/kWh)</p> <p>18. Fajlagos üzemeltetési és karbantartási költség (€/kWh)</p> <p>19. Fajlagos aktualizált költség (€/kWh)</p> <p>IV. Energetikai dimenzió:</p> <p>20. Energiahordozó rendelkezésre állása (1-10 pont)</p> <p>21. Termelési kapacitás (MW)</p> <p>22. Alapanyag-igény (kg/kWh)</p> <p>23. Villamosenergia-termelés hatékonysága (%)</p> <p>24. Kapcsolt termelési hatékonyság (%)</p> <p>25. Rendelkezésre állás (%)</p> <p>26. Kapacitáskihasználtság (%)</p> <p>27. Ütemezhetőség (minőségi skála)</p> <p>28. Tartaléktartásban való részvétel (minőségi skála)</p> <p>29. Indítás és újraindítás időtartama (s/h)</p>	<p>III. Társadalmi dimenzió:</p> <p>19. Primerenergia-hordozó beszállítók piaci koncentrációja (relatív skála)</p> <p>20. Hulladékkezelés biztosításának nehézsége (relatív skála)</p> <p>21. Technológia fejlődéséhez való alkalmazkodóképesség (relatív skála)</p> <p>22. Technológia okozta konfliktusok lehetősége (relatív skála)</p> <p>23. Döntéshozatalban való részvétel (relatív skála)</p> <p>24. Normál működés okozta mortalitás (YOLL/kWh)</p> <p>25. Normál működés okozta morbiditás (DALY/kWh)</p> <p>26. Baleset eredményezte halálozás (halálozás/baleset)</p> <p>27. Zajhatás (relatív skála)</p> <p>28. Vizuális romboló hatás (relatív skála)</p> <p>29. Munkaerő képzettségi igény (Fő-év/kWh)</p> <p>30. Közúti forgalom növelésének képessége (relatív skála)</p> <p>31. Munkaerő fejlesztési igény (relatív skála)</p> <p>32. Katasztrófa potenciál (pl. terrortámadás esetén relatív skála)</p> <p>33. Normális működés kockázata (relatív skála)</p> <p>34. Sugárzásveszély (relatív skála)</p> <p>35. Azonos életfeltételek (Villamos energia költsége/Háztartás bevétele)</p>

Forrás: saját szerkesztés

6. Melléklet: A különböző villamosenergia-termelési technológiák indikátoronkénti átlagértékei

6/a. melléklet: Villamosenergia-termelési technológiák gazdasági jellemzői

Gazdasági jellemzők	Fajlagos beruházási költség (\$/kW)	Fajlagos O&M költség (c\$/KWh)	Fajlagos aktualizált költség (c€/kWh)*	Externális költségek (c€/kWh)	Energiahordozó áremelkedésében rejlő kockázat	Kiépítési idő	Energiahordozó Importfüggősége	Munkahely-teremtési képesség(p/GWh)
Átfolyós nagy vízerőmű	1150	1	5,75	0,33	0	4	1	0,15
Atomerőmű	2500	1,235	2,25	0,50	0,255	4	3	0,15
Biomassza égetéses rendszerek	6650	7,25	7,1	0,55	0,42	4	2	0,08
Dizel-motoros CHP	575	0,75	9	1,40	0,48	1	2	0,04
Ellennyomásos turbína (CHP)	2250	0,4	4,5	1,55	0,48	1	2	0,04
CCGT (CHP)	675	0,65	4,25	0,40	0,48	4	2	0,11
Geotermikus erőművek	7000	7,25	4,25	0,35	0	4	1	0,12
Kisteljesítményű vízerőmű	3525	0,7	5,75	0,33	0	3	1	0,15
Kondenzátorturbína (CHP)	2250	0,4	4,5	1,55	0,48	1	2	0,04
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	800	2,85	4,25	2,45	0,57	4	3	0,11
Konvencionális szénégetéses rendszerek	1300	3,285	3,5	7,75	0,45	4	3	0,11
Mikroturbunák (CHP)	1900	2,5	8	1,65	0,48	2	2	0,04
Napelemes rendszerek	10000	0,25	10,5	0,35	0	1	1	0,22
Olajégetéses rendszerek	825	5,25	8,75	3,70	0,5	4	3	0,2
Otto_motoros CHP	425	0,27	5	1,40	0,48	1	2	0,04
Szél erőművek	2000	6,5	11	0,20	0	3	1	0,22
Szén IGCC	1500	3,285	4,11	7,75	0,22	4	3	0,11
Szolártermikus rendszerek	2850	0,25	11,5	0,35	0	3	1	0,26
Tározós nagy vízerőmű	1582	1	5,75	0,33	0	4	1	0,15
Tüzelőanyag-cella (CHP)	1750	2,75	10,25	0,43	0,445	3	2	0,04
Célkitűzés	Min!	Min!	Min!	Min!	Min!	Min!	Min!	Max!

*Csak a technológiák SPSS 18.0 szoftverrel elkészített klaszteranalízisben került alkalmazásra!

Indikátor megnevezése	Indikátor jelentése	Indikátor mértékegysége	Adatok forrásai
Fajlagos beruházási költség	Az adott technológia kiépítésével kapcsolatosan felmerülő összes kiadás az előállított energia egységére vonatkoztatva	Mennyiségi (\$/kW)	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (571-574. o.) b) WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08. c) Bluestein, J. - Horgan, S. - Eldridge, M. M. (2002): The Impact of Air Quality Regulations on Distributed Generation, NREL/SR-560-31772, http://www.nrel.org , Letöltés ideje: 2008.06.11. d) Wu, D. W. - Wang, R. Z. (2006): Combined cooling, heating and power: A review, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 32, 459-495. o. e) Ianucci, J. (2001): Analysis of the Economic and Environmental Benefits of Market Penetration of Distributed Generation, Oak Ridge National Laboratory, http://www.dual.com/publications.htm , Letöltés ideje:2007.08.07.
Fajlagos O&M költség	Az adott technológia működtetésével, karbantartásával kapcsolatosan felmerülő összes kiadás az előállított energia egységére vonatkoztatva	Mennyiségi (c\$/KWh)	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (577-580. o.) b) WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08. c) Pepermans, G. - Driesen, J. - Haeseldonckx, D. - Belmans R. - D'haeseleer, W. (2005): Distributed generation: definition, benefits and issues, Energy Policy, Vol. 33, 787-798. o. d) Ianucci, J. (2001): Analysis of the Economic and Environmental Benefits of Market Penetration of Distributed Generation, Oak Ridge National Laboratory, http://www.dual.com/publications.htm , Letöltés ideje:2007.08.07.
Fajlagos aktualizált költség*	Az adott termelési technológia teljes gazdasági élettartamára vonatkozóan adja meg a termelt villamos energiára vetített összes költségek aktualizált értékét *Csak a technológiák SPSS 18.0 szoftverrel elkészített klaszteranalízisben került alkalmazásra!	Mennyiségi (c\$/kW)	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (590-592. o.) b) WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08 c) Shibaki, M. - Beck, F. (2003): Geothermal Energy for Electric Power, A REPP Issue Brief, http://www.repp.org , Letöltés ideje: 2007.08.28. d) North Carolina Department of Environment and National Resources, Project Financial Evaluation, http://www.p2pays.org/ref/36/35406.pdf , Letöltés ideje: 2007.08.22. e) CBO (2003): Prospects for Distributed Electricity Generation, http://www.cbo.gov , Letöltés ideje: 2007.08.17.
Externális költségek	Az emberek egészségkárosodásával, a természetben, a gazdasági tevékenység feltételeinek romlásában, a társadalom anyagi javáiban, életkörülményeiben, a szociális viszonylataiban jelentkező többletköltségek, melyek az energiatermeléssel kapcsolatban merülnek fel.	Mennyiségi (c€/kWh)	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (739-740. o.) b) Hohmeyer, O. - Trittin, T. (2008): IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Resources, http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/proc-renewables-lubeck.pdf , Letöltés ideje: 2009.05.01. c) Greensky Bt (2008): Villamosenergia-termelési technológiák jellemzői, Kézirat
Energiahordozó áremelkedésében rejlő kockázat	Adott technológia által használt energiahordozó árának emelkedésére való érzékenység (energiahordozó költsége/működési költség)	Mennyiségi	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest, és NEEDS (2008): Final set of sustainability criteria and indicators for assessment of electricity supply options, NEEDS, Sixth Framework Program, Deliverable n° D3.2 – RS 2b, http://gabe.web.psi.ch/pdfs/Needs/NEEDS_RS2b_D3-2.pdf , Letöltés ideje: 2010.06.08. alapján számítva
Kiépítési idő	Adott technológia kiépítésének és beüzemeltetésének időigénye	<u>Minőségi:</u> 1: napok 2: hetek 3: hónapok 4: évek	NEEDS (2008): Final set of sustainability criteria and indicators for assessment of electricity supply options, NEEDS, Sixth Framework Program, Deliverable n° D3.2 – RS 2b, http://gabe.web.psi.ch/pdfs/Needs/NEEDS_RS2b_D3-2.pdf , Letöltés ideje: 2010.06.08.
Energiahordozó importfüggősége	Termelési technológia által alkalmazott energiahordozó elérhetőségének kockázata	<u>Minőségi:</u> 1: megújuló, helyben rendelkezésre áll 2: megújuló-fosszilis 3. fosszilis, importfüggőség veszélye	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest, és WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08. alapján
Munkahely-teremtési képesség	Az adott energiatermelési technológia kapacitásához mért közvetlen új munkahelyek száma	Mennyiségi (p/GWh)	a) TREN (1999): Will a greater investment in renewables lead to more jobs in Europe?, The Impact of Renewables on Employment and Economic Growth Altener Program, http://www.eufores.org/fileadmin/eufores/documents/1999_Impact_of_Renewables_on_employment_and_economic_growth.pdf , Letöltés ideje: 2010.05.24. b) Wei, M. - Patadia, S. - Kammen, D. M. (2009): Putting Renewables and Energy Efficiency To Work: How Many Jobs Can The Clean Energy Industry Generate in the U.S.?, http://www.unep.org/civil_society/GCSF9/pdfs/karmen-energy-jobs.pdf , Letöltés ideje: 2010.05.24. c) Wei, M. - Patadia, S. - Kammen, D. M. (é.n.): Green jobs calculation, http://www.rael.berkeley.edu/sites , Letöltés ideje: 2010.05.24.

6/b. melléklet: Villamosenergia-termelési technológiák műszaki jellemzői

	Villamosenergia-termelési hatékonyság (%)	Kapcsolt termelési hatékonyság (%)	Energia megtérülési ráta	Technológia fejlettsége	Rendszer-szabályozásban való részvétel	Rendelkezésre állás* (%)	Ütemezhetőség	Tartalek-tartásban való részvétel	Kiszabályozás	Terhelés-követési képesség
Átfolyós nagy vízerőmű	92,50	0	218,5	1	1	71,5	1	1	1	1
Atomerőmű	34,50	0	15	1	2	90	1	1	1	1
Biomassza égetéses rendszerek	35,00	85	15	2	3	85	1	1	2	1
Dízel-motoros CHP	36,50	85	3,53	2	3	93,5	2	1	2	1
Ellennyomósos turbina (CHP)	13,50	81,5	5	2	3	92,5	3	1	2	1
CCGT (CHP)	53,00	90	3,75	2	2	91	2	1	1	1
Geotermikus erőművek	13,50	0	30	2	3	95	3	1	2	2
Kisteljesítményű vízerőmű	92,50	0	212	2	1	53,5	2	1	1	1
Kondenzátorturbina (CHP)	15,00	80	5	2	3	92,5	2	1	1	1
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	39,00	0	3,15	1	2	87	1	1	1	1
Konvencionális szénégetéses rendszerek	39,50	0	6,00	1	2	85	1	1	1	1
Mikroturbunák (CHP)	27,50	90	5,98	2	3	94	2	1	2	1
Napelemes rendszerek	12,50	0	6	2	3	12,5	3	2	2	2
Olajégetéses rendszerek	40,00	0	1,8	1	2	85	1	1	1	1
Otto _motoros CHP	34,00	92	3,53	2	3	93,5	2	1	1	1
Szél erőművek	30,00	0	26	2	3	45	3	2	2	2
Szén IGCC	47,65	0	6	1	2	89	1	1	1	1
Szólártermikus rendszerek	16,50	0	3,42	3	3	52,5	3	2	2	2
Tározós nagy vízerőmű	92,50	0	242,5	1	1	71,5	1	1	1	1
Tüzelőanyagcella (CHP)	48,50	87,5	2,25	3	3	95	3	1	2	1
Célkitűzés	max	max	Max	min	min	max	min	min	min	min

Indikátor megnevezése	Indikátor jelentése	Indikátor mértékegysége	Adatok forrásai
Villamosenergia-termelési hatékonyság	Adott technológia villamosenergia-termelésének hatékonysága, $\eta_E = E_{ki}/E_{be} = P_{ki}/P_{be}$	Mennyiségi (%)	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest b) WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08. c) Wu, D. W. – Wang, R. Z. (2006): Combined cooling, heating and power: A review, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 32, 459–495. o.
Kapcsolt termelési hatékonyság	Adott technológia kapcsolt (villamos és hőenergia) termelésének hatékonysága, $\eta_{CHP} = (Q_{ki} + E_{ki})/E_{be}$	Mennyiségi (%)	a, Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest b) WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08. c) Wu, D. W. – Wang, R. Z. (2006): Combined cooling, heating and power: A review, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 32, 459–495. o.
Energiamegtérülési ráta	Adott technológia teljes életciklusa alatt felhasznált és termelt energia hányadosa	Mennyiségi (%)	a) Osman, A. E. - Ries, R. (2006): Optimization for Cogeneration Systems in Buildings Based on Life Cycle Assessment, http://itcon.org/2006/20 , Letöltés ideje: 2009.05.01. b) WCD (2000): Electricity Supply and Demand Side Management Options, http://www.dams.org/docs/kbase/thematic/drafts/tr41_reviewdraft_main.pdf , c) Lechón, Y. - de la Rúa, C. - Rosa Sáez, R. (2006): Life cycle Environmental Impacts of Electricity Production by Solarthermal Technology in Spain, http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas_Actividad/Energia/ASE/1443584518_1522007122446.pdf , Letöltés ideje: 2008.05.27. d) Osman, A. E. (2006): Life Cycle Optimization Model for Integrated Cogeneration and Energy Systems Applications in Buildings, Ph.D. thesis, http://etd.library.pitt.edu/ETD/available/etd-04102006-151213/unrestricted/Osman_Ayat_April2006.pdf , Letöltés ideje: 2009.05.01. e) Osman, A. E. - Ries, R. (2007): Life Cycle Assessment of Electrical and Thermal Energy Systems for Commercial Buildings, International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 12, No.5, 308 – 316. o. f) Hohmeyer, O. – Trittin, T. (2008): IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Resources, http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/proc-renewables-lubeck.pdf , Letöltés ideje: 2009.05.01.
Technológia fejlettsége	Adott technológia fejlettsége, piaci bevezetettsége	Minőségi: 1: ismert, fejlett 2: ismert, új 3: új, bevezetés, fejlesztés alatt	Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest és WADE (2003): Guide to Decentralized Energy Technologies, http://www.localpower.org , Letöltés ideje: 2007.07.08. alapján
Rendszerszabályozásban való részvétel	Adott erőműegység részt vesz-e a rendszerirányítási feladatok megoldásában	Minőségi: 1: alkalmas rendszerirányítási feladatokra 2: nem alkalmas szekunder szabályozásra 3: nem vesz részt a rendszerirányításban	a, Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (698-701. o.)
Rendelkezésre állás	A karbantartás és egyéb zavarok miatti üzemszüneti órák aránya a tervezett havi/éves működési órákhoz viszonyítva	Mennyiségi (%)	CASES (2008): "Private costs of electricity and heat generation", DELIVERABLE No D.4.1, http://www.feem-project.net/cases/documents/deliverables , Letöltés ideje: 2010.05.14. alapján
Ütemezhetőség	Adott termelési technológia működésének időbeli és intenzitásbeli ütemezhetősége	Minőségi: 1: ütemezhető 2: kvázi ütemezhető 3: nem ütemezhető	a, Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (702-704. o.)
Tartalektartásban való részvétel	Adott termelési egység által igényelt rendszerszintű tartaléktartási feladat	Minőségi: 1: átlagos kényserkiesésnek megfelelő 2: beépített teljesítőképességgel azonos	a, Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (711-713. o.)
Kiszabályozás	Adott villamosenergia-termelő egység által, a rendszer egész számára okozott többletszabályozási feladat	Minőségi: 1: nem igényel 2: igényel	a, Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (708-710. o.)
Terheléskövetési képesség	Milyen az adott termelési egység terheléskövetési képessége, sebessége	Minőségi: 1: képes; 2: nem képes	a, Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest

6/c. melléklet: Villamosenergia-termelési technológiák környezeti jellemzői

Környezeti jellemzők	ÜHG-kibocsátás (g/kWh)	PM10-kibocsátás (g/kWh)	NMVOC-kibocsátás (g/kWh)	Savasodási potenciál (mgSO ₂ eq/kWh)	Nitrátosodási potenciál (mgPO _{3/4} /kWh)	Hulladék-elhelyezés	Funkcionális hatás	Egészségügyi hatás
Átfolyós nagy vízerőmű	10,8150	0,0003	0,0031	0,0158	0,0764	3	5	2
Atomerőmű	14,3500	0,0075	0,0079	0,1220	0,2551	7	6	7
Biomassza égetéses rendszerek	33,5000	0,2000	0,0986	0,7980	11,1550	4	6	3
Dízel-motoros CHP	719,0000	0,0175	0,6950	1,1695	0,2000	3	2	3
Ellennyomásos turbina (CHP)	48,5000	0,0390	0,0235	0,4437	2,6677	4	4	3
CCGT (CHP)	443,0000	0,0150	0,0442	0,6484	1,4053	3	4	4
Geotermikus erőművek	15,0000	0,0350	0,0000	0,1900	0,0248	3	3	3
Kisteljesítményű vízerőmű	18,5000	0,0003	0,0000	0,0215	0,1188	3	5	2
Kondenzátorturbina (CHP)	48,5000	0,0390	0,0699	0,4030	2,4150	4	4	3
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	651,4700	0,0150	0,0840	0,6988	3,8620	4	6	6
Konvencionális szénégetéses rendszerek	1205,0000	0,0250	0,0018	10,0250	12,6000	4	6	6
Mikroturbunák (CHP)	150,0000	0,0410	0,2160	0,3245	2,5254	3	4	3
Napelemes rendszerek	54,0000	0,0075	0,0195	0,4743	2,1399	4	3	1
Olajégetéses rendszerek	706,0000	0,0200	0,3750	1,7369	4,6195	5	6	6
Otto motoros CHP	719,0000	0,0175	0,3600	1,1695	0,2000	3	2	5
Szél erőművek	18,4500	0,0075	0,0024	0,0459	0,1817	3	4	2
Szén IGCC	881,5000	0,0250	0,0266	0,6527	2,6828	4	6	6
Szolártermikus rendszerek	199,0000	0,0075	0,0012	0,0779	0,0446	3	4	2
Tározós nagy vízerőmű	10,8150	0,0003	0,0031	0,0210	0,1191	3	6	2
Tüzelőanyag-cella (CHP)	282,5000	0,0010	0,1179	1,3888	3,7469	2	2	3
Célkitűzés	Min	min	min	min	Min	min	Min	min

Indikátor megnevezése	Indikátor jelentése	Indikátor mértékegysége	Adatok forrásai
ÜHG-kibocsátás	A termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott üvegházhatású gázkibocsátás mértéke	Mennyiségi (g/kWh)	<p>a) Lechón, Y. – de la Rúa, C. - Rosa Sáez, R. (2006): Life cycle Environmental Impacts of Electricity Production by Solarthermal Technology in Spain, http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas_Actividad/Energia/ASE/1443584518_1522007122446.pdf, Letöltés ideje: 2008.05.27.</p> <p>c) Dones, R. (2003): Schlussbericht ecoinvent 2000 – Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, www.bfe.admin.ch/php/modules/enet, Letöltés ideje: 2009.01.13.</p> <p>d) Greensky Bt (2008): Villamosenergia-termelési technológiák jellemzői, Kézirat</p> <p>e) IEA (2002): Environmental and Health Impacts of Electricity Electricity Generation, A Comparison of the Environmental Impacts of Hydropower with those of Other Generation Technologies, http://iea.org, Letöltés ideje: 2009.01.07.</p> <p>f) Marti, B. (2005): Emissions of Power Delivery Systems, EEH – Power Systems Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, http://www.eeh.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethpublications/emissionen_vfen.pdf, Letöltés ideje: 2008.07.15.</p> <p>g) Schwaiger, H. – Jungmeier, G. (2007): Overview of CHP plants in Europe and Life Cycle Assessment (LCA) of GHG emissions for Biomass and Fossil Fuel CHP Systems, http://www.joanneum.at, Letöltés ideje: 2009.03.03.</p> <p>h) Hondo, H. (2005): Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case, Energy, Vol. 30, 2042–2056. o.</p> <p>i) Gagnon, L. - Bélanger, C. – Uchiyama, Y. (2002): Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001, Energy Policy, Vol. 30, 1267–1278. o.</p>
PM10-kiocsátás	Adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott szilárdanyag-kibocsátás mutatója	Mennyiségi (g/kWh)	<p>a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest (636-638. o.)</p> <p>b) Tsikalakis, A.G. – Hatzigiorgiou, N. D. (2007): Environmental benefits of distributed generation with and without emissions trading, Energy Policy, Vol. 35, 3395–3409. o.</p> <p>c) Cases (2008): Cost Assessment of Sustainable Energy Systems, [Database on life cycle emissions for electricity and heat generation technologies 2005/2010, 2020 and 2030], http://www.feem-project.net/cases/documents/deliverables, Letöltés ideje: 2010.05.14.</p> <p>d) Dones, R. (2003): Schlussbericht ecoinvent 2000 – Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, www.bfe.admin.ch/php/modules/enet, Letöltés ideje: 2009.01.13.</p> <p>e) Braun, M. (2004): Environmental External Costs from Power Generation by Renewable Energies, Ph.D Thesis, http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte, Letöltés ideje: 2008.07.18.</p>
NMVOC-kibocsátás	Az adott technológia teljes életciklusára vonatkoztatott, metánon kívüli illó szerves összetevők szennyezése	Mennyiségi (mg/KWh)	<p>a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest ()</p> <p>b) c) Cases (2008): Cost Assessment of Sustainable Energy Systems, [Database on life cycle emissions for electricity and heat generation technologies 2005/2010, 2020 and 2030], http://www.feem-project.net/cases/documents/deliverables, Letöltés ideje: 2010.05.14.</p> <p>d) Dones, R. (2003): Schlussbericht ecoinvent 2000 – Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, www.bfe.admin.ch/php/modules/enet, Letöltés ideje: 2009.01.13.</p> <p>e) Braun, M. (2004): Environmental External Costs from Power Generation by Renewable Energies, Ph.D Thesis, http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte, Letöltés ideje: 2008.07.18.</p>
Savasodási potenciál	Adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott savasodási potenciálja, mely az adott technológia nitrogén-oxid (nitrogén-monoxid-, nitrogén-dioxid-kibocsátás nitrogéndioxidra átszámítva), illetve a kén-dioxid, valamint az ammónia kibocsátását követi nyomon.	Mennyiségi (mgSO ₂ eq/kWh)	<p>a) Lechón, Y. – de la Rúa, C. - Rosa Sáez, R. (2006): Life cycle Environmental Impacts of Electricity Production by Solarthermal Technology in Spain, http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas_Actividad/Energia/ASE/1443584518_1522007122446.pdf, Letöltés ideje: 2008.05.27.</p> <p>c) Cases (2008): Cost Assessment of Sustainable Energy Systems, [Database on life cycle emissions for electricity and heat generation technologies 2005/2010, 2020 and 2030], http://www.feem-project.net/cases/documents/deliverables, Letöltés ideje: 2010.05.14.</p> <p>d) Dones, R. (2003): Schlussbericht ecoinvent 2000 – Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, www.bfe.admin.ch/php/modules/enet, Letöltés ideje: 2009.01.13.</p> <p>e) Braun, M. (2004): Environmental External Costs from Power Generation by Renewable Energies, Ph.D Thesis, http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte, Letöltés ideje: 2008.07.18.</p>
Nitrátosodási potenciál	Adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott	Mennyiségi (mgPO ₃ /kWh)	<p>a) Lechón, Y. - de la Rúa, C. - Rosa Sáez, R. (2006): Life cycle Environmental Impacts of Electricity Production by Solarthermal Technology in Spain, http://www.ciemat.es/recursos/doc/Areas_Actividad/Energia/ASE/1443584518_1522007122446.pdf, Letöltés ideje: 2008.05.27.</p>

	nitrátosodási potenciál		<p>c) Cases (2008): Cost Assessment of Sustainable Energy Systems, [Database on life cycle emissions for electricity and heat generation technologies 2005/2010, 2020 and 2030], http://www.feem-project.net/cases/documents/deliverables, Letöltés ideje: 2010.05.14.</p> <p>d) Dones, R. (2003): Schlussbericht ecoinvent 2000 – Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, www.bfe.admin.ch/php/modules/enet, Letöltés ideje: 2009.01.13.</p> <p>e) Braun, M. (2004): Environmental External Costs from Power Generation by Renewable Energies, Ph.D Thesis, http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte, Letöltés ideje: 2008.07.18.</p>
Hulladék-elhelyezés	Mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	<p>Pontszámok alapjául szolgáló irodalom: IEA (2002): Environmental and Health Impacts of Electricity Generation, http://www.iea.org, Letöltés ideje: 2009.01.07.</p> <p>NEEDS (2008): Final set of sustainability criteria and indicators for assessment of electricity supply options, NEEDS, Sixth Framework Program, Deliverable n° D3.2 – RS 2b, http://gabe.web.psi.ch/pdfs/Needs/NEEDS_RS2b_D3-2.pdf, Letöltés ideje: 2010.06.08.</p> <p>Breeze, P. (2005): Power Generation Technologies, Elsevier, Linacre House, Oxford</p> <p>Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest</p> <p>Abbasi, N. A. – Abassi, N. (200): The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources, Applied Energy, Vol. 65, 121-144.o.</p> <p>Alanne, K. – Saari, A. (2004): Sustainable small-scale CHP technologies for buildings: the basis for multi-perspective decision-making, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 8, 401–431.o.</p> <p>Stoddard, L. - Abiecunas, J. - O'Connell R. (2006): Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California, http://www.osti.gov/bridge, Letöltés ideje: 2007.06.29.;</p> <p>Tsoutsos, T. – Frantzeskaki, N. – Gekas, V. (2005): Environmental impacts from the solar energy technologies, Energy Policy, Vol. 33, 289–296.o.</p> <p>Jolley, A. (2006): Technologies for Alternative Energy, Climate Change Working Paper No. 7, http://www.cfses.com, Letöltés ideje: 2008.06.23.</p> <p>Somlai, J. (2004): Atomerőművek környezeti hatásai, http://www.atomforum.hu/pdf/atomeromu%20kornyezeti%20hatasai.pdf, Letöltés ideje: 2008.09.18.</p> <p>Rosenberg, D.M. - Berkes, F. – Bodaly, R.E. – Kelly, C.A. – Rudd, J.W.M. (1997): Large-scale impacts of hydroelectric development, Environmental Review 5, pp.27-54. o.;</p> <p>Sternberg, R. (2007): Hydropower: Dimensions of social and environmental coexistence, Renewable and Sustainable Energy Review (2007), doi:10.1016/j.rser.2007.01.27; Pinho, P.- Maia, R. – Monterroso, A. (2007): The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: The case of small hydropower projects, Environmental Impact Assessment Review, Vol. 27, 189–205.o.;</p> <p>IEA (2000): Hydropower and the Environment: Present Context and Guidelines for Future Action, http://www.iea.org, Letöltés ideje: 2008.05.13.,</p> <p>Bakis, R. – Demirbas, A. (2004): Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs), Energy Sources, Vol. 26, 1105–1118. o.,</p> <p>Kaygusuz, K. (2002): Sustainable Development of Hydroelectric Power, Energy Sources, Vol. 24, 803–815. o.; ESHA (é.n.): Environmental Integration of Small Hydropower Plants, www.esha.be, Letöltés ideje: 2008.05.13.</p> <p>DOE (é.n.): Buried Treasure, The Environmental, Economic and Employment Benefits of Geothermal Energy, http://www.go.doe.gov, Letöltés ideje: 2007.08.28.;</p> <p>Layton, D.W. – Anspaugh, L.R. – Banion, K. D. (1981): Health and Environmental Effects Document on Geothermal Energy 1981, http://www.go.doe.gov, Letöltés ideje: 2007.08.28.;</p> <p>De Jesus, A.C. (1997): Environmental Sustainability of Geothermal Development, Energy Sources, Vol.19, 35-47.o.</p> <p>Kagel, A. – Bates, D. – Gawell, K. (2007): A Guide to Geothermal Energy and the Environment, http://www.geo-energy.org, Letöltés ideje: 2008.02.26.</p> <p>UTRC (2006): Micro-CHP Systems for Residential Applications Final Report, http://www.utrc.utc.com, Letöltés ideje: 2008.07.15.</p>
Funkcionális hatás	Az erőmű közvetlen környezetében okozott romboló hatás pl. a vezetékek, csővezetékek, kiszolgáló egységek, stb. miatt	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	
Egészségügyi-hatás	Adott technológia normális üzemmenete milyen hatással lehet az emberi egészségre	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	

6/d. melléklet: Villamosenergia-termelési technológiák társadalmi jellemzői

Társadalmi jellemzők	Terület-igény (a)	Esztétikai hatás	Zaj-terhelés	Konfliktus	Részvétel	Kockázat-vállalási igény	Személyes irányítás	Képzés	Katasztrófa potenciál
Átfolyós nagy vízerőmű	17500	5	2	3	6	4	2	5	3
Atomerőmű	290	8	3	8	8	7	7	8	9
Biomassza égetéses rendszerek	250	4	3	4	7	5	5	5	4
Dízel-motoros CHP	20 ^b	5	3	2	2	5	5	5	3
Ellennyomásos turbina (CHP)	33 ^b	3	3	3	3	5	5	5	3
CCGT (CHP)	140 ^b	5	3	4	6	5	5	5	4
Geotermikus erőművek	1250	2	2	3	6	5	5	7	4
Kisteljesítményű vízerőmű	13000	5	2	4	6	4	2	5	3
Kondenzátorturbina (CHP)	33 ^b	3	3	3	3	5	5	5	3
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	160	6	3	5	7	6	6	5	4
Konvencionális szénégetéses rendszerek	220	6	5	5	7	6	6	5	4
Mikroturbunák (CHP)	110 ^b	3	3	3	3	5	5	5	3
Napelemes rendszerek	48000	4	1	2	4	4	5	6	2
Olajégetéses rendszerek	218	6	3	5	7	6	6	5	4
Otto motoros CHP	25 ^b	5	3	2	4	5	5	5	2
Szél erőművek	55000	6	5	4	6	5	5	6	2
Szén IGCC	280	5	4	5	7	6	6	5	4
Szólártermikus rendszerek	30000	5	1	2	5	4	4	6	2
Tározós nagy vízerőmű	17500	6	2	5	7	6	5	5	6
Tüzelőanyag-cella (CHP)	220	2	2	2	4	5	5	7	3
Célkitűzés	min	min	min	min	Min	min	min	min	min

Indikátor megnevezése	Indikátor jelentése	Indikátor mértékegysége	Adatok forrásai
Területigény	A kapacitás egységére eső közvetlen területigény	Mennyiségi (m ² /MW)	a) Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest b) Eurostat (2003): Power Generation, http://www.eurelectric.org/News/Articles/art149.htm , Letöltés ideje: 2007.07.11.
Esztétikai hatás	Az alkalmazott termelési technológia vizuális romboló hatása	Minőségi 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Pontszámok alapjául szolgáló irodalom: IEA (2002): Environmental and Health Impacts of Electricity Generation, http://www.iea.org , Letöltés ideje: 2009.01.07. NEEDS (2008): Final set of sustainability criteria and indicators for assessment of electricity supply options, NEEDS, Sixth Framework Program, Deliverable n° D3.2 – RS 2b, http://gabe.web.psi.ch/pdfs/Needs/NEEDS_RS2b_D3-2.pdf , Letöltés ideje: 2010.06.08.
Zajterhelés	Az adott termelési technológia teljes életciklusára vonatkoztatott, a megengedett dba mértéket meghaladó zajkibocsátás időtartama (dba/h/év)	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Breeze, P. (2005): Power Generation Technologies, Elsevier, Linacre House, Oxford Fazekas, A. I. (2006): Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest () Abbasi, N. A. – Abassi, N. (2000): The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources, Applied Energy, Vol. 65, 121-144.o.
Konfliktus	Az adott technológiával szembeni társadalmi/helyi ellenállás	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Stoddard, L. - Abiecunas, J. - O'Connell R. (2006): Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California, http://www.osti.gov/bridge , Letöltés ideje: 2007.06.29.;
Kockázatvállalási igény	A lakosság kockázatvállalási szükségessége az adott technológia támogatásánál	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Tsoutsos, T. – Frantzeskaki, N. – Gekas, V. (2005): Environmental impacts from the solar energy technologies, Energy Policy, Vol. 33, 289–296.o.
Személyes irányítás igénye	A technológiával kapcsolatos kockázatok kezelésének irányítási és ellenőrzési igénye	Mennyiségi 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Rosenberg, D.M. - Berkes, F. – Bodaly, R.E. – Kelly, C.A. – Rudd, J.W.M. (1997): Large-scale impacts of hydroelectric development, Environmental Review 5, pp.27-54. o.;
Katasztrófa potenciál	A technológiát erő katasztrófa (pl. terrortámadás) esetén a lakosságot fenyegető kockázat mértéke	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Sternberg, R. (2007): Hydropower: Dimensions of social and environmental coexistence, Renewable and Sustainable Energy Review (2007), doi:10.1016/j.rser.2007.01.27;
Képzési igény	Milyen továbbképzést igényel az adott technológia üzemeltetése	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	Pinho, P.- Maia, R. – Monterroso, A. (2007): The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: The case of small hydropower projects, Environmental Impact Assessment Review, Vol. 27, 189–205.o.;
Részvétel	Az állampolgárok döntéshozatalban való részvételének fontossága az adott technológiák elhelyezésének vonatkozásában	Minőségi: 1-9 skála 1: alacsony, 9: magas	IEA (2000): Hydropower and the Environment: Present Context and Guidelines for Future Action, http://www.iea.org , Letöltés ideje: 2008.05.13., Bakis, R. – Demirbas, A. (2004): Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs), Energy Sources, Vol. 26, 1105–1118. o., Kaygusuz, K. (2002): Sustainable Development of Hydroelectric Power, Energy Sources, Vol. 24, 803–815. o.;

7. Melléklet: A Within-groups eljárás agglomerációs táblázata

Agglomeration Schedule a Within-groups eljárás alkalmazása esetén

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	5	9	5,293	0	0	2
2	5	12	6,503	1	0	5
3	1	8	6,551	0	0	8
4	10	14	9,571	0	0	6
5	5	15	11,935	2	0	7
6	10	17	12,143	4	0	12
7	5	6	15,621	5	0	9
8	1	19	16,342	3	0	17
9	4	5	18,775	0	7	10
10	4	20	21,792	9	0	13
11	13	18	22,705	0	0	14
12	10	11	23,690	6	0	16
13	4	7	30,068	10	0	15
14	13	16	31,859	11	0	18
15	3	4	37,056	0	13	17
16	2	10	39,697	0	12	19
17	1	3	50,416	8	15	18
18	1	13	59,838	17	14	19
19	1	2	70,000	18	16	0

Forrás: saját szerkesztés az SPSS 18.0 output alapján

8. Melléklet: A Klasztertagság 2 klaszter esetén

A K-közepű klaszteranalízis besorolása

Technológia	Klaszter	Távolság
Nagyteljesítményű átfolyós vízerőművek	1	6,164
Atomerőművek	2	6,405
Biomassza égetéses rendszerek	2	6,463
Dízel-motoros CHP	1	5,174
Ellennyomásos turbinás CHP	1	3,818
Kombinált ciklusú gázturbinás CHP	2	4,097
Geotermikus erőművek	1	5,229
Kisteljesítményű vízerőmű	1	5,642
Kondenzátorturbinás CHP	1	3,897
Konvencionális földgázégetéses rendszerek	2	2,082
Konvencionális szénégetéses rendszerek	2	5,771
Mikroturbinás CHP	1	3,343
Napelemes rendszerek	1	6,521
Konvencionális olajégetéses rendszerek	2	3,175
Otto motoros CHP	1	4,605
Szélerőművek	1	6,113
Integrált Szén IGCC	2	3,128
Szolartermikus rendszerek	1	5,221
Nagyteljesítményű tározós vízerőművek	2	5,816
Tüzelőanyag-cellás CHP	1	4,456

Forrás: saját szerkesztés, SPSS 18.0 output alapján

9. Melléklet: A két-klasztteres megoldás ANOVA táblázata

ANOVA táblázat a kétklasztteres megoldásnál

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Zscore(Kbef_ \$kW)	,762	1	1,013	18	,752	,397
Zscore(Kműk_c \$KWh)	1,872	1	,952	18	1,967	,178
Zscore(Kluec_ckWh)	3,837	1	,842	18	4,555	,047
Zscore(Ketm_c \$kWh)	4,150	1	,825	18	5,031	,038
Zscore(Kehord_risk)	1,420	1	,977	18	1,454	,244
Zscore(Kiéptime)	9,024	1	,554	18	16,283	,001
Zscore(Hatel)	1,001	1	1,000	18	1,002	,330
Zscore(Hatchp)	1,132	1	,993	18	1,141	,300
Zscore(Emegrata)	,035	1	1,054	18	,033	,858
Zscore(Ehordozó_importfüggőség)	7,729	1	,626	18	12,343	,002
Zscore(Technefej)	8,172	1	,602	18	13,585	,002
Zscore(Rendszab)	3,753	1	,847	18	4,431	,050
Zscore(elérhetőség)	1,254	1	,986	18	1,272	,274
Zscore(Ütem)	11,026	1	,443	18	24,889	,000
Zscore(Kiszab)	5,406	1	,755	18	7,158	,015
Zscore(Tartalek)	2,235	1	,931	18	2,400	,139
Zscore(Terhköv)	3,167	1	,880	18	3,600	,074
Zscore(GWPgkWh)	3,226	1	,876	18	3,682	,071
Zscore(PM10)	1,108	1	,994	18	1,115	,305
Zscore(NMVOC_gKWh)	,311	1	1,038	18	,300	,591
Zscore(APg)	1,876	1	,951	18	1,972	,177
Zscore(Epg)	4,437	1	,809	18	5,484	,031
Zscore(Munkah_pGWh)	,203	1	1,044	18	,195	,664
Zscore(Terület)	2,224	1	,932	18	2,386	,140
Zscore(Esztétika)	6,314	1	,705	18	8,958	,008
Zscore(zaj)	2,420	1	,921	18	2,627	,122
Zscore(hulladékelhelyezés)	5,146	1	,770	18	6,686	,019
Zscore(konfliktus)	11,639	1	,409	18	28,458	,000
Zscore(részvétel)	11,029	1	,443	18	24,908	,000
Zscore(eühatás)	8,444	1	,586	18	14,400	,001
Zscore(kockázatvállalás)	10,610	1	,466	18	22,764	,000
Zscore(személyes_irányítás)	6,016	1	,721	18	8,340	,010
Zscore(katasztrófa_potenciál)	8,439	1	,587	18	14,383	,001
Zscore(funkcionális_hatás)	11,316	1	,427	18	26,509	,000
Zscore(oktatás)	,264	1	1,041	18	,254	,621

Forrás: saját szerkesztés, SPSS 18.0 output alapján

10.Melléklet: A két-klaszteres megoldás csoportképző ismérvei

Final Cluster Centers

	Cluster	
	1	2
Zscore(Ketrn_c€kWh)	-,39389	,91908
Zscore(Kiéptime)	-,35258	,82269
Zscore(Hatchp)	,34046	-,79441
Zscore(Ehordozó_importfüggőség)	-,41693	,97284
Zscore(Technfej)	,50328	-1,17432
Zscore(Rendszab)	,32212	-,75161
Zscore(Ütem)	,45259	-1,05604
Zscore(Kiszab)	,37784	-,88163
Zscore(GWPgkWh)	-,30939	,72190
Zscore(Esztétika)	-,41178	,96082
Zscore(hulladékelhelyezés)	-,36865	,86018
Zscore(konfliktus)	-,50578	1,18015
Zscore(részvétel)	-,43039	1,00425
Zscore(eühatás)	-,46288	1,08004
Zscore(kockázatvállalási hajlandóság)	-,53611	1,25093
Zscore(személyes_irányítás)	-,37784	,88163
Zscore(katasztrófa_potenciál)	-,41895	,97756
Zscore(funkcionális_hatás)	-,46794	1,09186

Forrás: saját szerkesztés, SPSS 18.0 output alapján

11. Melléklet: A villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági értékelésére kialakított modell

11/a melléklet: Az egyes villamosenergia-termelési technológiák (alternatívák) normalizált teljesítményértékei a gazdasági alkritériumok vonatkozásában

Microsoft Excel - FF_vizsgalat3

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF Kérdése

Arial 10 F D A % 000 +,00 -,00

Kimutatás

E36

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2	5. Lépés: Alternatívák teljesítményének normalizálása																
3															max		
4	Alternatíva jele	Alternatíva meghatározás	G	G1	G1_norm	G2	G2_norm	G3	G3_norm	G4	G4_norm	G5	G5_norm	G6	G6_norm	G7	G7_norm
5	A1	Átfolyós nagy vízerőmű		1150	0,075718016	1	0,10714	0,33	0,01656	0	0	4	1	0,15	0,50	1	0
6	A2	Átomerőmű		2500	0,216710183	1,235	0,14071	0,50	0,0402	0,255	0,44737	4	1	0,15	0,50	3	1
7	A3	Biomassza égetéses rendszerek		6650	0,650130548	7,25	1	0,55	0,04636	0,42	0,73684	4	1	0,08	0,18	2	0,5
8	A4	Dízel-motoros CHP		575	0,015665796	0,75	0,07143	1,40	0,15894	0,48	0,84211	1	0	0,04	1,00	2	0,5
9	A5	Ellennyomásos turbina (CHP)		2250	0,190600522	0,4	0,02143	1,55	0,17881	0,48	0,84211	1	0	0,04	1,00	2	0,5
10	A6	CCGT (CHP)		675	0,026109661	0,65	0,05714	0,40	0,02649	0,48	0,84211	4	1	0,04	1,00	2	0,5
11	A7	Geotermikus erőművek		7000	0,686884073	7,25	1	0,35	0,01987	0	0	4	1	0,12	0,64	1	0
12	A8	Kisteljesítményű vízerőmű		3525	0,323759791	0,7	0,06429	0,33	0,01656	0	0	3	0,66667	0,15	0,50	1	0
13	A9	Kondenzátorturbina (CHP)		2250	0,190600522	0,4	0,02143	1,55	0,17881	0,48	0,84211	1	0	0,04	1,00	2	0,5
14	A10	Konvencionális földgázégetéses rendszerek		800	0,039164491	2,85	0,37143	2,45	0,29801	0,57	1	4	1	0,11	0,68	3	1
15	A11	Konvencionális szénégetéses rendszerek		1300	0,091383812	3,285	0,43357	7,75	1,00	0,45	0,78947	4	1	0,11	0,68	3	1
16	A12	Microturbunák (CHP)		1900	0,154046997	1,05	0,11429	1,65	0,19205	0,48	0,84211	2	0,33333	0,04	1,00	2	0,5
17	A13	Napelemes rendszerek		10000	1	0,25	0	0,35	0,01987	0	0	1	0	0,22	0,18	1	0
18	A14	Olajégetéses rendszerek		825	0,041775457	5,25	0,71429	3,70	0,46358	0,5	0,87719	4	1	0,20	0,27	3	1
19	A15	Ótto-motoros CHP		425	0	0,27	0,00286	1,40	0,15894	0,48	0,84211	1	0	0,04	1,00	2	0,5
20	A16	Szél erőművek		2000	0,164490862	6,5	0,89286	0,20	0,00	0	0	3	0,66667	0,22	0,18	1	0
21	A17	Szén IGCC		1500	0,11227154	3,285	0,43357	7,75	1,00	0,22	0,38596	4	1	0,11	0,68	3	1
22	A18	Szólartermikus rendszerek		2850	0,253263708	0,25	0	0,35	0,01987	0	0	3	0,66667	0,26	0	1	0
23	A19	Tározós nagy vízerőmű		1582	0,120835509	1	0,10714	0,33	0,01656	0	0	4	1	0,15	0,50	1	0
24	A20	Tüzelőanyagcella (CHP)		1750	0,138381201	2,75	0,35714	0,43	0,0298	0,445	0,7807	3	0,66667	0,04	1,00	2	0,5

Forrás: saját szerkesztés

11/b melléklet: Az egyes villamosenergia-termelési technológiák (alternatívák) normalizált teljesítményértékei a műszaki alkritériumok vonatkozásában

Microsoft Excel - FF_vizsgalat

Éjli Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Kérdése van? Írja be ide.

Arial 10 F D A

Kimutatás

S8 = 'Alternatívák teljesítménye'!\$B\$8

	A	B	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL
1																						
2	5. Lépés: Alternatívák teljesítményének normalizálása																					
3			max		max		max		min		min		max		min		min		min		min	
4	Alternatíva jele	Alternatíva meghatározás	E1	E1_norm	E2	E2_norm	E3	E3_norm	E4	E4_norm	E5	E5_norm	E6	E6_norm	E7	E7_norm	E8	E8_norm	E9	E9_norm	E10	E10_norm
5	A1	Átfolyós nagy vízerőmű	92,50	0	1	1	218,5	0,09971	1	0	1	0	71,5	0,29485	1	0	1	0	1	0	1	0
6	A2	Atomerőmű	34,50	0,73	1	1	15	0,94516	1	0	2	0,5	90	0,06061	1	0	1	0	1	0	1	0
7	A3	Biomassza égetéssel rendelkező rendszerek	35,00	0,72	2	0	15	0,94516	2	0,5	3	1	85	0,12121	1	0	2	1	1	0	1	0
8	A4	Dízel-motoros CHP	36,50	0,70	2	0	3,53	0,99281	2	0,5	3	1	93,5	0,01818	2	0,5	2	1	1	0	1	0
9	A5	Ellennyomós turbina (CHP)	13,50	0,99	2	0	5	0,98671	2	0,5	3	1	92,5	0,0303	3	1	2	1	1	0	1	0
10	A6	CCGT (CHP)	53,00	0,49	2	0	3,75	0,9919	2	0,5	2	0,5	91	0,04848	2	0,5	1	0	1	0	1	0
11	A7	Geotermikus erőművek	13,50	0,99	1	1	30	0,88284	2	0,5	3	1	95	0	3	1	2	1	1	0	2	1
12	A8	Kisteljesítményű vízerőmű	92,50	0	1	1	212	0,12671	2	0,5	1	0	53,5	0,50303	2	0,5	1	0	1	0	1	0
13	A9	Kondenzátorturbina (CHP)	15,00	0,97	2	0	5	0,98671	2	0,5	3	1	92,5	0,0303	2	0,5	1	0	1	0	1	0
14	A10	Konvencionális földgázégetéssel rendelkező rendszerek	39,00	0,67	1	1	3,15	0,99439	1	0	2	0,5	87	0,09697	1	0	1	0	1	0	1	0
15	A11	Konvencionális szénégetéssel rendelkező rendszerek	39,50	0,66	1	1	6	0,98255	1	0	2	0,5	85	0,12121	1	0	1	0	1	0	1	0
16	A12	Microturbínák (CHP)	27,50	0,81	2	0	5,98	0,98263	2	0,5	3	1	94	0,01212	2	0,5	2	1	1	0	1	0
17	A13	Napelemes rendszerek	12,50	1	1	1	6	0,98255	2	0,5	3	1	12,5	1	3	1	2	1	2	1	2	1
18	A14	Olajégetéssel rendelkező rendszerek	40,00	0,66	1	1	1,8	1	1	0	2	0,5	85	0,12121	1	0	1	0	1	0	1	0
19	A15	Otto-motoros CHP	34,00	0,73	2	0	3,53	0,99281	2	0,5	3	1	93,5	0,01818	2	0,5	1	0	1	0	1	0
20	A16	Szél erőművek	30,00	0,78	1	1	26	0,89946	2	0,5	3	1	45	0,60606	3	1	2	1	2	1	2	1
21	A17	Szén-IGCC	47,65	0,56	1	1	6	0,98255	1	0	2	0,5	89	0,07273	1	0	1	0	1	0	1	0
22	A18	Szolartermikus rendszerek	16,50	0,95	1	1	3,42	0,99327	3	1	3	1	52,5	0,51515	3	1	2	1	2	1	2	1
23	A19	Tározós nagy vízerőmű	92,50	0	1	1	242,5	0	1	0	1	0	71,5	0,29485	1	0	1	0	1	0	1	0
24	A20	Tüzelőanyagcella (CHP)	48,50	0,55	2	0	2,25	0,99813	3	1	3	1	95	0	3	1	2	1	1	0	1	0
25	0	0																				

Forrás: saját szerkesztés

11/c melléklet: Az egyes villamosenergia-termelési technológiák (alternatívák) normalizált teljesítményértékei a környezeti alkritériumok vonatkozásában

Microsoft Excel - FF_vizsgálat

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Kimutatás

SB $\text{fx} = \text{'Alternatívák teljesítménye!'}\$L\$$

	A	B	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
1																				
2	5. Lépés: Alternatívák teljesítményének normalizálása																			
3			min		min		min		min		min		min		min		min		min	
4	Alternatíva jele	Alternatíva meghatározás	T1	T1_norm	T2	T2_norm	T3	T3_norm	T4	T4_norm	T5	T5_norm	T6	T6_norm	T7	T7_norm	T8	T8_norm	T9	T9_norm
5	A1	Átfolyós nagy vízerőmű	17500	0,31793379	5	0,50249	2	0,25	3	0,16666667	6	0,66667	4	0	3	0,2	5	0,428571	5	0
6	A2	Atomerőmű	290	0,00491088	8	1	3	0,5	8	1	8	1	7	1	7	1	9	1,000000	8	1
7	A3	Biomassza égetéses rendszerek	250	0,00418334	4	0,33665	3	0,5	4	0,33333333	7	0,83333	5	0,33333	5	0,6	4	0,285714	5	0
8	A4	Dízel-motoros CHP	20	0	5	0,50249	3	0,5	2	0	2	0	5	0,33333	5	0,6	3	0,142857	5	0
9	A5	Ellennyomásos turbina (CHP)	33	0,00023645	3	0,17081	3	0,5	3	0,16666667	3	0,16667	5	0,33333	5	0,6	3	0,142857	5	0
10	A6	CCGT (CHP)	140	0,00218261	5	0,50249	3	0,5	4	0,33333333	6	0,66667	5	0,33333	5	0,6	4	0,285714	5	0
11	A7	Geotermikus erőművek	1250	0,02237177	2	0	2	0,25	3	0,16666667	6	0,66667	5	0,33333	5	0,6	4	0,285714	7	0,66667
12	A8	Kisteljesítményű vízerőmű	13000	0,23608585	5	0,50249	2	0,25	4	0,33333333	6	0,66667	4	0	2	0	3	0,142857	5	0
13	A9	Kondenzátorturbina (CHP)	33	0,00023645	3	0,17081	3	0,5	3	0,16666667	3	0,16667	5	0,33333	5	0,6	3	0,142857	5	0
14	A10	Konvencionális földgázégetéses rendszerek	160	0,00254638	6	0,66833	3	0,5	5	0,5	7	0,83333	6	0,66667	6	0,8	4	0,285714	5	0
15	A11	Konvencionális szénégetéses rendszerek	220	0,00363769	6	0,66833	5	1	5	0,5	7	0,83333	6	0,66667	6	0,8	4	0,285714	5	0
16	A12	Microturbunák (CHP)	110	0,00163696	3	0,17081	3	0,5	3	0,16666667	3	0,16667	5	0,33333	5	0,6	3	0,142857	5	0
17	A13	Napelemes rendszerek	48000	0,87268097	4	0,33665	1	0	2	0	4	0,33333	4	0	5	0,6	2	0,000000	6	0,33333
18	A14	Olajégetéses rendszerek	218	0,00359222	6	0,66833	3	0,5	5	0,5	7	0,83333	6	0,66667	6	0,8	4	0,285714	5	0
19	A15	Ötto motoros CHP	25	8,1848E-05	5	0,50249	3	0,5	2	0	4	0,33333	5	0,33333	5	0,6	2	0,000000	5	0
20	A16	Szélenergiaerőművek	55000	1	6	0,66833	5	1	4	0,33333333	6	0,66667	5	0,33333	5	0,6	2	0,000000	6	0,33333
21	A17	Szén IGCC	280	0,00472899	5	0,50249	4	0,75	5	0,5	7	0,83333	6	0,66667	6	0,8	4	0,285714	5	0
22	A18	Szolartermikus rendszerek	30000	0,5452892	5	0,50249	1	0	2	0	5	0,5	4	0	4	0,4	2	0,000000	6	0,33333
23	A19	Tározós nagy vízerőmű	17500	0,31793379	6	0,66833	2	0,25	5	0,5	7	0,83333	6	0,66667	5	0,6	6	0,571429	5	0
24	A20	Tüzelőanyagocella (CHP)	220	0,00363769	2	0	2	0,25	2	0	4	0,33333	5	0,33333	5	0,6	3	0,142857	7	0,66667
25	0	0																		

Forrás: saját szerkesztés

11/d melléklet: Az egyes villamosenergia-termelési technológiák (alternatívák) normalizált teljesítményértékei a társadalmi alkritériumok vonatkozásában

Microsoft Excel - FF_vizsgalat

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A % 000 +,00 -,00

Kimutatás

S8 = 'Alternatívák teljesítménye'!\$LB

	A	B	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV
1																		
2		5. Lépés: Alternatívák teljesítményének normalizálása																
3			min		min		min		min		min		min		min		min	
4	Alternatíva jele	Alternatíva meghatározás	K1	K1_norm	K2	K2_norm	K3	K3_norm	K4	K4_norm	K5	K5_norm	K6	K6_norm	K7	K7_norm	K8	K8_norm
5	A1	Átfolyós nagy vízerőmű	10,815	0	0,00025	0	0,00311	0,00447	0,0158	0	0,07639	0,0041	3	0,2	2	0,16667	5	0,75
6	A2	Átomerőmű	14,35	0,00296	0,0075	0,0363	0,00794	0,01142	0,122	0,01072	0,25506	0,01831	7	1	7	1	6	1
7	A3	Biomassza égetéses rendszerek	33,5	0,019	0,2	1	0,0986	0,14187	0,798	0,07899	11,155	0,88509	4	0,4	3	0,33333	6	1
8	A4	Dizel-motoros CHP	719	0,59303	0,0175	0,08636	0,695	1	1,1695	0,1165	0,2	0,01393	3	0,2	3	0,33333	2	0
9	A5	Ellennyomósos turbina (CHP)	48,5	0,03156	0,039	0,19399	0,02349	0,03379	0,44367	0,04321	2,66771	0,21017	4	0,4	3	0,33333	4	0,5
10	A6	CCGT (CHP)	443	0,36191	0,015	0,07384	0,0442	0,0636	0,64838	0,06388	1,40526	0,10978	3	0,2	4	0,5	4	0,5
11	A7	Geotermikus erőművek	15	0,0035	0,035	0,17397	0	0	0,19	0,01759	0,0248	0	3	0,2	3	0,33333	3	0,25
12	A8	Kisteljesítményű vízerőmű	18,5	0,00644	0,00025	0	0	0	0,02149	0,00057	0,11883	0,00748	3	0,2	2	0,16667	5	0,75
13	A9	Kondenzátorturbina (CHP)	48,5	0,03156	0,039	0,19399	0,0699	0,10058	0,403	0,0391	2,41496	0,19007	4	0,4	3	0,33333	4	0,5
14	A10	Konvencionális földgázégetéses rendszerek	651,47	0,53648	0,015	0,07384	0,084	0,12086	0,69876	0,06897	3,86202	0,30514	4	0,4	6	0,83333	6	1
15	A11	Konvencionális szénégetéses rendszerek	1205	1	0,025	0,1239	0,0018	0,00259	10,025	1	12,6	1	4	0,4	6	0,83333	6	1
16	A12	Microturbunák (CHP)	150	0,11655	0,041	0,20401	0,216	0,31079	0,3245	0,03117	2,52536	0,19885	3	0,2	3	0,33333	4	0,5
17	A13	Napelemes rendszerek	54	0,03616	0,0075	0,0363	0,01945	0,02799	0,47425	0,04629	2,13985	0,16819	4	0,4	1	0	3	0,25
18	A14	Olajégetéses rendszerek	706	0,58214	0,02	0,09887	0,375	0,53957	1,73688	0,17379	4,61945	0,36537	5	0,6	6	0,83333	6	1
19	A15	Otto motoros CHP	719	0,59303	0,0175	0,08636	0,36	0,51799	1,1695	0,1165	0,2	0,01393	3	0,2	5	0,66667	2	0
20	A16	Szél erőművek	18,45	0,00639	0,0075	0,0363	0,00239	0,00344	0,04594	0,00304	0,1817	0,01248	3	0,2	2	0,16667	4	0,5
21	A17	Szén IGCC	881,5	0,7291	0,025	0,1239	0,02662	0,0383	0,65269	0,06431	2,68275	0,21136	4	0,4	6	0,83333	6	1
22	A18	Szólártermikus rendszerek	199	0,15758	0,0075	0,0363	0,0012	0,00173	0,07788	0,00627	0,04464	0,00158	3	0,2	2	0,16667	4	0,5
23	A19	Tározós nagy vízerőmű	10,815	0	0,00025	0	0,00311	0,00447	0,021	0,00053	0,11905	0,00749	3	0,2	2	0,16667	6	1
24	A20	Tüzelőanyagcella (CHP)	282,5	0,22751	0,001	0,00375	0,1179	0,16964	1,3888	0,13864	3,7469	0,29599	2	0	3	0,33333	2	0
25	0	0	0															

Forrás: saját szerkesztés

12. Melléklet: A Guilford-féle páros összehasonlítás módszerének alkalmazása a szakértői megkérdezésre*

A Guilford féle páros összehasonlítás módszere az alábbi lépésekből áll (Kindler – Papp, 1977):

- 1) A párokba rendezett szempontok listájának összeállítása: Az egyes alkritérium-párokat véletlenszerűen rendezzük el, annak érdekében, hogy a szisztematikus hibát, vagy az esetleges szabályos elrendezésből származó tanulási torzítást elkerüljük.
- 2) A párokba rendezett szempontok listájának szakértőkkel történő kitöltése: a szakértők valamennyi döntési párnál az általuk preferált tényezőt jelölik meg. Az egyes tényezők azonos fontosságának megjelölésére, azaz indifferencia kinyilvánítására nincs lehetőség.
- 3) Az egyedi preferenciatáblák összeállítása: Az egyes szakértői preferenciákat egy olyan, soronként és oszloponként is az értékelési tényezőkből álló táblázatba rendezzük, ahol a sorok és oszlopok találkozása az egyes páros preferenciaviszonyokat képviseli. A mezőben található jel a sornak megfelelő tényező az oszlopnak megfelelő tényezővel szembeni preferenciáját jelenti.
- 4) Az egyedi preferenciák konzisztencia vizsgálata: A preferálás során előfordulhat, hogy a döntéshozó valamely tényezőcsoport esetén az egymáshoz való viszonyokat rosszul határozza meg, hibázik. A következetességi vizsgálat célja, az inkonzisztens szakértői preferenciák kizárása.

Az inkonzisztens döntéstriádok számát, amely a következő összefüggés alapján számítható ki:

$$d = \frac{n(n-1)(2n-1)}{12} - \frac{\sum a^2}{2}, \text{ ahol } n = \text{a funkciók száma.}$$

A konzisztencia-együttható értékét a következő összefüggés alapján határozhatjuk meg:

$$K = \left(1 - \frac{d}{d_{\max}}\right) \cdot 100, \text{ ahol}$$

d_{\max} = az adott esetben maximálisan előállítható körhármak (triádok) száma.

$$n \text{ páros szám esetén: } d_{\max} = \frac{n^3 - 4n}{24}; \quad n \text{ páratlan szám esetén: } d_{\max} = \frac{n^3 - n}{24};$$

Preferencia-gyakoriság meghatározása az alábbi képlet segítségével történik:

$$P_a = \frac{a + \frac{m}{2}}{n \cdot m}, \text{ ahol } P_a = \text{preferencia-gyakoriság; } m = \text{döntéshozók száma}$$

- 5) Aggregált preferenciatáblázat készítése: az egyes (konzisztens) döntéshozók preferenciatáblázatainak összegzése.
- 6) A döntéshozók véleményegyezesi mutatójának meghatározása: Több szakértő megkérdezése esetén célszerű a szakértők véleményegyezesének mértékét is meghatározni, hiszen a kapott súlysámoknak valamennyi szakértő véleményét tükrözniük kell.

A Véleményegyezési mutató (v) kiszámítása az alábbi képlet segítségével történik:

$$v = \frac{2G}{-\binom{m}{2}\binom{n}{2}} - 1$$

$$6 = \sum \gamma^2 - m \cdot \sum \gamma + \binom{m}{2}\binom{n}{2}$$

$\sum \gamma$ = a preferenciatáblázat átlója alatti mezők gyakorisága

Az egyetértési együttható maximális értéke +1, minimális értéke pedig $-\frac{1}{m-1}$.

Az egyetértési együttható szignifikancia vizsgálata megmutatja, hogy véletlenszerű-e az egybeesés vagy valóságos egyetértés alakult-e ki a döntéshozók között.

$$\omega^2 = \frac{4}{m-2} \cdot \left\{ G - \frac{1}{2} \binom{n}{2} \binom{m}{2} \cdot \frac{m-3}{m-2} \right\}$$

$$df = \binom{n}{2} \cdot \frac{m(m-1)}{(m-2)^2}, \text{ ahol } df = \text{szabadságfok}$$

$$\mu = \sqrt{2\omega^2} - \sqrt{2df - 1}$$

- 7) Preferenciaarányok transzformálása: A preferenciaarányokat a normális eloszlásnak megfelelő értékekké transzformáljuk (a transzformációt a standardizált normális eloszlás táblázata segítségével végezzük el).

P_a transzf. U

U = standard normális eloszlás értéke

- 8) Intervallumskála skálaértékeinek képzése: A 0-100 intervallum skálán helyezük el az egyes eloszlási értékeket, mégpedig úgy, hogy a legalacsonyabb eloszlási értékhez 0-t, a legmagasabb eloszlási értékhez a 100-at rendelünk, és a többi értéket lineáris interpoláció révén határozzuk meg.

$$Z = \frac{U_i - (U_{\min})}{U_{\max} - U_{\min}} \cdot 100, \text{ ahol } Z = \text{skálaérték}$$

$$U_{\min} \rightarrow Z_{\min} = 0$$

$$U_{\max} \rightarrow Z_{\max} = 100$$

- 9) Intervallumskála transzformációja: A 8. lépésben kapott intervallumskála transzformációja az $f(x)=ax+b$ ($a \neq 0$) lineáris egyenlet segítségével, annak érdekében, hogy egységnyi összegű súlyszámokat kapjunk.

* Kindler, J. – Papp, O. (1977): Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest alapján

13. Melléklet: A Guilford féle eljárás eredményei

13/a. melléklet: Kérdőív felépítése I.

Tisztelt Szakértő!

Kérem a gazdasági, műszaki, környezeti, társadalmi munkalapokhoz tartozó páronkénti összehasonlítások során, soronként válassza ki - a jellemző mellett található minősítési oszlopban egy "x" elhelyezésével - azt a jellemzőt, melyet **FOHTOSABBNAK** ítél meg az egyes villamosenergia-termelési technológiák **FEHINTARTHATÓSÁGI** értékelése szempontjából! A tényezők azonos megítélésére, azaz a tényezőpárok azonos fontosságának bejelölésére nincs lehetőség!

(Az egyes tényezők magyarázatát a vonatkozó munkalapokon - zöld segédtablázatban - találja meg!)

Fáradózását előre is köszönöm!

Tisztelettel: egyetemi tanársegéd, Pécsi Tudományegyetem, Kérdés esetén elérhetőségem: Deutsch Nikolett, Közgazdaságtudományi Kar, GTI deuschn@ktk.pte.hu, +70/237-4392

Szakértő neve:

Példa

Jellemző	Minősítés	Jellemző	Minősítés
Beruházási költség	x	Externális költség	
Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat		Externális költség	x

Ha a beruházási költséget fontosabbnak tartja az externális költségeknél.

Ha az externális költséget fontosabbnak tartja az energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázatnál.

Forrás: saját szerkesztés

13/a. melléklet: Kérdőív felépítése II. – Gazdasági dimenzió

Microsoft Excel - katar_peter									
E17 Üzemeltetési és működési költség									
Kérem soronként jelölje be egy X elhelyezésével azt a jellemzőt, melyet fontosabbnak ítél a másiknál!									
B	C	E	F	G	H	I			
Jellemző	Minősítés	Jellemző	Minősítés	Tényezők magyarázata- SECEDTÁBLA					
Beruházási költség		Externális költség	x	Beruházási költség	Az adott technológia kiépítéséről kapcsolatosan felmerülő összes kiadás az előállított energia egységére vonatkoztatva (pl. \$&Wh)				
Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat		Externális költség	x		Üzemeltetési és működési költség	Az adott technológia működtetéséről, karbantartásáról kapcsolatosan felmerülő összes kiadás az előállított energia egységére vonatkoztatva (pl. \$&Wh)			
Externális költség	x	Kiépítési idő		Externális költség		Az ember- és gépvezérlés iránti tudás, a természeti- és gazdasági terhelések felismerésének romlásában, a társadalmi anyagjellemzők, életkörülményekben, a szociális viszonylatokban jelentkező káros, többetfordulások, többtelhetőségek, melyek az energiatemelési kapcsolatokban merülnek fel.			
Munkahelyteremtési képesség		Externális költség	x		Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat	Adott technológia által használt energiahordozó árának emelkedésére való érzékenység			
Beruházási költség	x	Kiépítési idő		Kiépítési idő		Adott technológia technológia kiépítésének és beüzemelésének időigénye			
Externális költség		Importfüggőség	x		Munkahelyteremtési képesség	Az adott energiatemelési technológia kapacitásához méltó munkahelyek száma (pl. fő/MWh)			
Kiépítési idő		Importfüggőség	x	Importfüggőség		Adott technológia által használt energiahordozó			
Beruházási költség		Üzemeltetési és működési költség	x						
Externális költség	x	Üzemeltetési és működési költség							
Üzemeltetési és működési költség	x	Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat							
Kiépítési idő		Üzemeltetési és működési költség	x						
Beruházási költség		Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat	x						
Üzemeltetési és működési költség	x	Munkahelyteremtési képesség							
Kiépítési idő	x	Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat							
Importfüggőség	x	Üzemeltetési és működési költség							
Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat		Munkahelyteremtési képesség	x						
Importfüggőség	x	Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat							
Beruházási költség		Munkahelyteremtési képesség	x						
Importfüggőség	x	Munkahelyteremtési képesség							

Forrás: saját szerkesztés

13/a. melléklet: Kérdőív felépítése III. – Műszaki dimenzió

Microsoft Excel - kadar_peter

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe F

Arial 11 F D A

Kimutatás

A1 Kérem soronként jelölje be azt a jellemzőt egy X elhelyezésével, mely

Jellemző	Működés	Jellemző	Működés
Technológiai felkészültség	X	Tartaléktartalási igény	
Terhelésközeletlenség		Berthelettség	X
Hírszabályozás		Villamos hálékörnyezet	
Ülmezhetőség	X	Terhelésközeletlenség	
Villamos hálékörnyezet		Énglamegkötési rála	X
Terhelésközeletlenség		Hírszabályozás	
Technológiai felkészültség	X	Énglamegkötési rála	X
Tartaléktartalási igény	X	Terhelésközeletlenség	
Énglamegkötési rála	X	Rendszertszabályozás	
Terhelésközeletlenség	X	Villamos hálékörnyezet	
Villamos hálékörnyezet	X	Énglamegkötési rála	
Berthelettség	X	Rendszertszabályozás	X
Villamos hálékörnyezet		Ülmezhetőség	
Énglamegkötési rála	X	Rendszertszabályozás	
Berthelettség	X	Énglamegkötési rála	X
Hírszabályozás		Ülmezhetőség	
Rendszertszabályozás	X	Terhelésközeletlenség	
Énglamegkötési rála	X	Tartaléktartalási igény	
Terhelésközeletlenség	X	Énglamegkötési rála	
Villamos hálékörnyezet	X	Ülmezhetőség	
Ülmezhetőség		Tartaléktartalási igény	
Ülmezhetőség		Hírszabályozás	X
Rendszertszabályozás	X	Terhelésközeletlenség	
Hírszabályozás		Rendszertszabályozás	X
Villamos hálékörnyezet	X	Kapcsoló hálékörnyezet	
Tartaléktartalási igény	X	Rendszertszabályozás	
Énglamegkötési rála	X	Kapcsoló hálékörnyezet	
Hírszabályozás		Tartaléktartalási igény	X
Kapcsoló hálékörnyezet	X	Technológiai felkészültség	X
Tartaléktartalási igény	X	Villamos hálékörnyezet	
Rendszertszabályozás	X	Kapcsoló hálékörnyezet	
Villamos hálékörnyezet	X	Technológiai felkészültség	X
Kapcsoló hálékörnyezet	X	Berthelettség	X
Rendszertszabályozás	X	Technológiai felkészültség	X
Ülmezhetőség	X	Kapcsoló hálékörnyezet	
Technológiai felkészültség	X	Berthelettség	X
Kapcsoló hálékörnyezet	X	Hírszabályozás	
Ülmezhetőség	X	Technológiai felkészültség	X
Tartaléktartalási igény	X	Kapcsoló hálékörnyezet	X
Villamos hálékörnyezet	X	Berthelettség	
Technológiai felkészültség	X	Hírszabályozás	
Kapcsoló hálékörnyezet	X	Terhelésközeletlenség	
Ülmezhetőség	X	Berthelettség	X
Berthelettség	X	Hírszabályozás	
Technológiai felkészültség	X	Terhelésközeletlenség	
Berthelettség	X	Tartaléktartalási igény	

Tervezési szempontok - JELENTŐSÉGI	
Villamos hálékörnyezet	Adott technológiai villamosenergia-termelésnek hálékörnyezet
Énglamegkötési rála	Adott technológiai kapacitási (villamos és hőenergetikai) termelésnek hálékörnyezet
Énglamegkötési rála	Adott technológiai teljes átlékültség alatt felhasznált és termelt energia hányadosa
Technológiai felkészültség	Adott technológiai felkészültség
Rendszertszabályozás	Adott erőforrásigény miatt vétele a rendszerirányítás feladatainak megoldásában
Énglamegkötési rála	Adott erőforrásigény miatt energiatermelés az átlékültség maximális kapacitáig
Villamos hálékörnyezet	Adott erőforrásigény termelésének gazdaságossága érdekében az átlékültségben
Énglamegkötési rála	Adott villamosenergia-termelési egység által, a rendszer egész számára okozott szűkítési veszteségek feladata
Tartaléktartalási igény	Milyen rendszerirányítási tartalékot kell felidézni, jelölje az adott termelői egység az egész rendszer számára
Terhelésközeletlenség	Milyen az adott termelői egység terhelésközeletlensége kétségei kétsége

Tisztelt Szakértő! I. Gazdasági dimenzió II. Műszaki dimenzió III. Környezeti dimenzió

Rajz Alakzatok

Kész

Forrás: saját szerkesztés

13/a. melléklet: Kérdőív felépítése IV. – Környezeti dimenzió

Microsoft Excel - kador_peter

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

123

	B	C	E	F	G	H	I	J
1								
2	Kérem soronként jelölje be egy X elhelyezésével azt a jellemzőt, melyet fontosabbnak ítéli a másiknál!							
3								
4	Jellemző	Működés	Jellemző	Működés		Teljesítési magyarszám - SEGÉDTÁBLA		
5	ÜHG hatás	x	MMVOC			ÜHG hatás	Adott termelési technológia teljes élekciklusára vonatkozóan globális felmelegedési potenciál (gCO ₂ -ekvivalens/kWh)	
6	Savasodás	x	MMVOC			Por szennyezés	Adott termelési technológia teljes élekciklusára vonatkozóan por-szennyezés (g/m ³ kWh)	
7	Funkcionális hatás	x	ÜHG hatás			MMVOC	Az adott technológia teljes élekciklusára vonatkozóan, minden kívüli illó szerves összetevők szennyezése	
8	MMVOC		Nitrátosodás	x		Savasodás	Adott termelési technológia teljes élekciklusára vonatkozóan savasodási potenciál (SO ₂ g/kWh)	
9	ÜHG hatás	x	Nitrátosodás			Nitrátosodás	Adott termelési technológia teljes élekciklusára vonatkozóan nitrátosodási potenciál (gPO ₄ -N/kWh)	
10	MMVOC		Egész szén-dioxid hatás	x		Hulladékkezelés	Mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	
11	Hulladékkezelés	x	Nitrátosodás			Egész szén-dioxid hatás	Adott technológia normális üzemeltetése milyen károsodást okoz az emberek egészségére	
12	Funkcionális hatás	x	MMVOC			Funkcionális hatás	Az adott körülmények között mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	
13	Hulladékkezelés	x	MMVOC			ÜHG hatás	Adott technológia normális üzemeltetése milyen károsodást okoz az emberek egészségére	
14	Nitrátosodás		Egész szén-dioxid hatás	x		Por szennyezés	Az adott körülmények között mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	
15	ÜHG hatás		Egész szén-dioxid hatás	x		MMVOC	Adott technológia normális üzemeltetése milyen károsodást okoz az emberek egészségére	
16	Egész szén-dioxid hatás	x	Funkcionális hatás			Por szennyezés	Az adott körülmények között mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	
17	Funkcionális hatás	x	Nitrátosodás			Nitrátosodás	Adott technológia normális üzemeltetése milyen károsodást okoz az emberek egészségére	
18	ÜHG hatás		Por szennyezés	x		ÜHG hatás	Az adott körülmények között mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	
19	MMVOC		Por szennyezés	x		Egész szén-dioxid hatás	Adott technológia normális üzemeltetése milyen károsodást okoz az emberek egészségére	
20	Por szennyezés	x	Savasodás			Funkcionális hatás	Az adott körülmények között mennyire okoz nehézséget a hulladékok elhelyezése az adott termelési technológia vonatkozásában	
21	Nitrátosodás		Por szennyezés	x				
22	ÜHG hatás	x	Savasodás					
23	Por szennyezés	x	Hulladékkezelés					
24	Nitrátosodás	x	Savasodás					
25	Egész szén-dioxid hatás	x	Por szennyezés					
26	Savasodás		Hulladékkezelés	x				
27	Por szennyezés		Funkcionális hatás	x				
28	Egész szén-dioxid hatás	x	Savasodás					
29	ÜHG hatás		Hulladékkezelés	x				
30	Savasodás		Funkcionális hatás	x				
31	Egész szén-dioxid hatás	x	Hulladékkezelés					
32	Hulladékkezelés	x	Funkcionális hatás					
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								

Tisztelt Szakértő! I. Gazdasági dimenzió II. Műszaki dimenzió III. Környezeti dimenzió

Rajz Alakzatok

Forrás: saját szerkesztés

13/a. melléklet: Kérdőív felépítése IV. – Társadalmi dimenzió

Microsoft Excel - kadar_peter

Ejml Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Sűgő xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

H24 fx

	B	C	E	F	G	H	I
1							
2							
3							
4						Tervező megnevezés - FEJELTÁBLA	
5	Konfliktus		Képzési igény			Területigény	A teljes elterjedésre vonatkozóan, a kapacitás egyenlőségű területigény (pl. m ² /MW)
6	Területigény		Zárlehelés				
7	Konfliktus		Zárlehelés			Eszétkia	Ar adott területen termelési technológiák vizuális megjelenésének
8	Kalasztróba potenciál		Területigény				
9	Zárlehelés		Részvétel			Zárlehelés	Ar adott területen technológiák teljes elterjedésére vonatkozóan, a megengedett öb. mértékét megfigyelve
10	Területigény		Részvétel				
11	Zárlehelés		Személyes irányítás			Konfliktus	Ar adott technológiával szerkesztés társadalmi helyi ellenállás
12	Kockázatalálási igény		Részvétel				
13	Kalasztróba potenciál		Zárlehelés			Részvétel	Ar állampolgárok döntéseiben való részvételnek
14	Kockázatalálási igény		Zárlehelés				
15	Részvétel		Személyes irányítás			Kockázatalálási igény	A lakosság kockázatalálási hajlandósága az adott technológia támogatására
16	Zárlehelés		Képzési igény				
17	Területigény		Személyes irányítás			Személyes irányítás	A technológiával kapcsolatos kockázatok kezeléséhez szükséges irányítás, ellenőrzés igény
18	Személyes irányítás		Képzési igény				
19	Személyes irányítás		Kalasztróba potenciál			Kalasztróba potenciál	Milyen kockázattal bír az adott technológia katasztrófa esetén
20	Kalasztróba potenciál		Részvétel				
21	Területigény		Eszétkia			Képzési igény	Milyen továbbképzés igényel az adott technológia üzemeltetés
22	Képzési igény		Részvétel				
23	Zárlehelés		Eszétkia				
24	Kalasztróba potenciál		Képzési igény				
25	Eszétkia		Konfliktus				
26	Képzési igény		Területigény				
27	Részvétel		Eszétkia				
28	Területigény		Konfliktus				
29	Eszétkia		Kockázatalálási igény				
30	Részvétel		Konfliktus				
31	Személyes irányítás		Eszétkia				
32	Konfliktus		Kockázatalálási igény				
33	Eszétkia		Kalasztróba potenciál				
34	Személyes irányítás		Konfliktus				
35	Képzési igény		Eszétkia				
36	Területigény		Kockázatalálási igény				
37	Konfliktus		Kalasztróba potenciál				
38	Személyes irányítás		Kockázatalálási igény				
39	Kockázatalálási igény		Kalasztróba potenciál				
40	Kockázatalálási igény		Képzési igény				
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							

I. Gazdasági dimenzió / II. Műszaki dimenzió / III. Környezeti dimenzió / IV. Társadalmi d

Rajz Alakzatok

Kész

Forrás: saját szerkesztés

13/b. melléklet: Aggregált preferenciatáblák és a hozzájuk tartozó számítások

1. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

S60

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1	1	1	1	0	1	1	1	5	25		Dma1=	14			
4	2	0	1	1	0	1	1	0	3	9		D=	0			
5	3	0	0	1	0	1	1	0	2	4		H=	100			
6	4	1	1	1	1	1	1	1	6	36						
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
8	6	0	0	0	0	1	1	0	1	1						
9	7	0	1	1	0	1	1	1	4	16						
10	Összesen	1	3	4	0	6	5	2	21	91						
15																
16	Műzahi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	4		Dma1=	40
18	2	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	5	25		D=	3
19	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	4		H=	92,5
20	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	4			
21	5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6	36			
22	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23	7	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	5	25			
24	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81			
25	9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8	64			
26	10	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6	36			
27	Összesen	7	4	7	7	3	3	4	0	11	3	45	273			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1	1	0	0	0	1	1	0	0	2	4		Dma1=	20		
35	2	1	1	1	0	1	1	0	0	4	16		D=	0		
36	3	1	0	0	0	1	1	0	0	3	9		H=	100		
37	4	1	1	1	1	1	1	0	1	6	36					
38	5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1					
39	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
40	7	1	1	1	1	1	1	1	7	49						
41	8	1	1	1	0	1	1	0	5	25						
42	Összesen	5	3	4	1	6	7	0	2	28	140					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Dma1=	30	
50	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1		D=	0	
51	3	1	1	0	0	0	1	1	0	1	5	25		H=	100	
52	4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	7	49				
53	5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	6	36				
54	6	1	1	0	0	0	1	0	0	3	9					
55	7	1	1	0	0	0	0	0	0	2	4					
56	8	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64					
57	9	1	1	0	0	0	1	1	0	4	16					
58	Összesen	8	7	3	1	2	5	6	0	4	36	204				
59																
60																
61																
62																

Összegző K.G / MVM / D.N / T.N / U.J / K.T / P.É / B.M / B.J / K.Z / G. / K. / K.P / Munka8 / Munka7 / Munka20 / Ml

Rajz Alakzatok

2. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

S59 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	Dma1=	14			
4	2	0	0	1	1	1	1	1	1	5	25	D=	0			
5	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	K=	100			
6	4	0	0	1	0	0	1	1	3	9						
7	5	0	0	1	1	0	1	1	4	16						
8	6	0	0	1	0	0	0	1	2	4						
9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
10	Összesen	0	1	5	3	2	4	6	21	31						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81	Dma1=	40	
18	2	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	4	16	D=	10	
19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K=	75	
20	4	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	5	25			
21	5	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	4	16			
22	6	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	3	9			
23	7	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	5	25			
24	8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	4			
25	9	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	5	25			
26	10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64			
27	Összesen	0	5	9	4	5	6	4	7	4	1	45	263			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	49	Dma1=	20			
35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	D=	0			
36	3	0	1	0	0	0	0	0	1	2	4	K=	100			
37	4	0	1	1	0	1	1	0	1	5	25					
38	5	0	1	1	0	0	1	0	1	4	16					
39	6	0	1	1	0	0	0	0	1	3	9					
40	7	0	1	1	1	1	1	1	1	6	36					
41	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
42	Összesen	0	6	5	2	3	4	1	7	28	140					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64	Dma1=	30		
50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	D=	2			
51	3	0	1	0	0	1	1	1	1	1	5	25	K=	90,33333333		
52	4	0	1	1	0	1	1	0	1	1	6	36				
53	5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	4				
54	6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3	9				
55	7	0	1	0	1	1	1	0	1	5	25					
56	8	0	1	1	0	1	1	1	1	6	36					
57	9	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1					
58	Összesen	0	8	3	2	6	5	3	2	7	36	200				
59																
60																
61																
62																

K Összegző /K.G/MVM/D.N/T.N/U.J/K.T/P.É/B.M/B.J/K.Z/G./K./K.P/Munka8/Munka7/Munka20/Ml

Rajz Alakzatok

3. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó DEA Adobe PDF

Arial 10

Kimutatás

T59

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1		1	1	1	1	1	1	1	6	36	Dma1=	14			
4	2	0		1	1	1	1	1	1	5	25	D=	0			
5	3	0	0		0	0	1	1	1	2	4	K=	100			
6	4	0	0	1		0	1	1	1	3	9					
7	5	0	0	1	1		1	1	1	4	16					
8	6	0	0	0	0	0			1	1	1					
9	7	0	0	0	0	0	0	0		0	0					
10	Összesen	0	1	4	3	2	5	6	6	21	51					
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1		1	1	1	0	1	0	0	0	0	4	16	Dma1=	40	
18	2	0		1	1	0	0	0	0	0	0	2	4	D=	7	
19	3	0	0		0	1	0	0	0	0	0	1	1	K=	82,5	
20	4	0	0	1		0	0	0	0	0	0	1	1			
21	5	1	1	0	1		1	1	0	0	0	5	25			
22	6	0	1	1	1	0		0	0	0	0	3	9			
23	7	1	1	1	1	0	1		1	0	1	7	49			
24	8	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7	49			
25	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81			
26	10	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6	36			
27	Összesen	5	7	8	8	4	6	2	2	0	3	45	27,1			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
34	1		1	1	1	1	1	1	1	1	7	49	Dma1=	20		
35	2	0		0	1	1	0	0	0	0	2	4	D=	0		
36	3	0	1		1	1	0	0	0	0	3	9	K=	100		
37	4	0	0	0		1	0	0	0	0	1	1				
38	5	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0				
39	6	0	1	1	1	1		0	0	0	4	16				
40	7	0	1	1	1	1	1		1	6	36					
41	8	0	1	1	1	1	1	0	1	5	25					
42	Összesen	0	5	4	6	7	8	1	2	28	140					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1		1	1	0	0	1	1	0	1	5	25	Dma1=	30		
50	2	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	D=	0		
51	3	0	1		0	0	1	1	0	1	4	16	K=	100		
52	4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	7	49				
53	5	1	1	1	0		1	1	0	1	6	36				
54	6	0	1	0	0	0		1	0	1	3	9				
55	7	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	4				
56	8	1	1	1	1	1	1	1		1	8	64				
57	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1				
58	Összesen	3	8	4	1	2	5	6	0	7	36	20,4				
59																
60																
61																
62																

Összegző / K.G. / M.V.M. / D.N. / T.N. / U.J. / K.T. / P.É. / B.M. / B.J. / K.Z. / G. / K. / K.P. / Munka8 / Munka7 / Munka20 / Ml.

Rajz Alakzatok

4. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A % 000,00

Kimutatás

A1 f_x

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1		1	1	1	1	1	1	1	5	36	Dmax=	14			
4	2	0		1	1	1	1	1	1	5	25	D=	0			
5	3	0	0		0	1	1	1	0	2	4	K=	100			
6	4	0	0	1		1	1	1	1	4	16					
7	5	0	0	0	0		1	0	1	1	1					
8	6	0	0	0	0	0		0	0	0	0					
9	7	0	0	1	0	1	1		3	9						
10	Összesen	0	1	4	2	5	6	3	21	51						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1		1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	64	Dmax=	40	
18	2	0		0	1	1	0	0	1	1	0	4	16	D=	0	
19	3	1	1		1	1	1	1	1	1	1	9	81	K=	100	
20	4	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0			
21	5	0	0	0	1		0	0	1	0	0	2	4			
22	6	0	1	0	1	1		1	1	1	1	7	49			
23	7	0	1	0	1	1	0		1	1	0	5	25			
24	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1			
25	9	0	0	0	1	1	0	0	1		0	3	9			
26	10	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	6	36			
27	Összesen	1	5	0	9	7	2	4	8	6	3	45	265			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1		0	0	0	0	0	0	1	1	1	Dmax=	20			
35	2	1		0	0	0	0	0	1	2	4	D=	3			
36	3	1	1		1	0	0	0	0	3	9	K=	85			
37	4	1	1	0		0	0	0	1	3	9					
38	5	1	1	1	1		0	0	1	5	25					
39	6	1	1	1	1	1		0	1	6	36					
40	7	1	1	1	1	1	1		1	7	49					
41	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1					
42	Összesen	6	5	4	4	2	1	0	6	28	134					
43																
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	Dmax=	30			
50	2	1		0	0	1	0	1	0	1	4	16	D=	0		
51	3	1	1		0	1	0	1	0	1	5	25	K=	100		
52	4	1	1	1		1	0	1	1	1	7	49				
53	5	1	0	0	0		0	1	0	0	2	4				
54	6	1	1	1	1	1		1	1	1	8	64				
55	7	1	0	0	0	0	0		0	0	1	1				
56	8	1	1	1	1	0	1	0	1		6	36				
57	9	1	0	0	0	1	0	1	0		3	9				
58	Összesen	8	4	3	1	6	0	7	2	5	36	204				
59																
60																

Összegző / K.G. / M.V.M. / D.N. / T.N. / U.J. / K.T. / P.É. / B.M. / B.J. / K.Z. / G. / K. / K.P. / Munka8 / Munka7 / Munka20 / Ml

Rajz Alakzatok

5. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

O57 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1		1	0	1	1	0	0	3	9						
4	2	0	0	0	1	1	1	0	3	9						
5	3	1	1		1	1	1	0	5	25						
6	4	0	0	0	0	1	0	0	1	1						
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
8	6	1	0	0	1	1	0	0	3	9						
9	7	1	1	1	1	1	1	1	6	36						
10	Összesen	3	3	1	5	6	3	0	21	85						
11																
12																
13																
14																
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1		0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	7	49		
18	2	1		1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	64		
19	3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	6	36		
20	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81		
21	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1		
22	6	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	4	16		
23	7	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	5	25		
24	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25	9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	4		
26	10	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	3	9		
27	Összesen	2	1	3	0	8	5	4	9	7	6	45	285			
28																
29																
30																
31																
32																
33	Körmegyei	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1		1	1	1	1	1	1	1	7	49					
35	2	0		1	0	0	0	0	0	1	1					
36	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
37	4	0	1	1	1	1	0	0	0	3	9					
38	5	0	1	1	0	0	0	0	0	2	4					
39	6	0	1	1	1	1	1	0	0	4	16					
40	7	0	1	1	1	1	1	1	1	6	36					
41	8	0	1	1	1	1	1	0	1	5	25					
42	Összesen	0	6	7	4	5	3	1	2	28	140					
43																
44																
45																
46																
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1		1	0	0	0	0	0	0	0	1	1				
50	2	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0				
51	3	1	1		0	0	1	0	0	0	3	9				
52	4	1	1	1	1	0	1	1	0	0	5	25				
53	5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	7	49				
54	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4				
55	7	1	1	1	0	0	1	1	0	0	4	16				
56	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64				
57	9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	6	36				
58	Összesen	7	8	8	3	1	6	4	0	2	36	204				
59																
60																
61																

Összegző /K.G /MVM /D.N /T.N /U.J /K.T /P.É /B.M /B.J /K.Z /G. /K. /K.P /Munka8 / Munka7 / Munka20 / Ml

Rajz Alakzatok

6. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A % 000 +,00 -,00

Kimutatás

G63

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1																	
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
3	1	0	0	0	1	1	0	0	2	4			Dm a1=	14			
4	2	1	0	0	1	1	1	0	4	16			D=	0			
5	3	1	1	0	1	1	1	0	5	25			K=	100			
6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
7	5	0	0	0	1	0	0	0	1	1							
8	6	1	0	0	1	1	0	0	3	9							
9	7	1	1	1	1	1	1	0	6	36							
10	Összesen	4	2	1	6	5	3	0	21	51							
15																	
16	Műveleti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
17	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2				Dm a1=	40
18	2	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	6				D=	11
19	3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9				K=	72,5
20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1					
21	5	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	4					
22	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2					
23	7	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8					
24	8	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4					
25	9	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	5					
26	10	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4					
27	Összesen	7	3	0	8	5	7	1	5	4	5	45					
32																	
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
34	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	4					Dm a1=	20
35	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1					D=	2
36	3	1	1	0	1	1	0	0	0	4	16					K=	90
37	4	0	1	0	1	0	0	0	0	2	4						
38	5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1						
39	6	1	1	1	1	1	0	1	6	36							
40	7	1	1	1	1	1	1	1	7	49							
41	8	1	1	1	1	1	0	0	5	25							
42	Összesen	5	6	3	5	6	1	0	2	28	136						
47																	
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
49	1	1	1	0	0	1	1	0	1	5	25					Dm a1=	30
50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					D=	1
51	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1					K=	96,66666667
52	4	1	1	1	0	1	1	1	1	7	49						
53	5	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64						
54	6	0	1	1	0	0	0	0	0	2	4						
55	7	0	1	1	0	0	1	0	1	5	25						
56	8	1	1	1	0	0	1	0	1	5	25						
57	9	0	1	1	0	0	1	0	0	3	9						
58	Összesen	3	8	7	1	0	6	3	3	5	35	202					
59																	
60																	
61																	
62																	
63																	

Rajz Alakzatok

7. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

W58

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P					
1																					
2	Gazdasági																				
3	1		0	1	1	1	1	1	1	5	25		Dm a1=	14							
4	2	1		1	1	1	1	1	1	6	36		D=	0							
5	3	0	0		0	0	1	0	1	1	1		K=	100							
6	4	0	0	1		1	1	0	3	9											
7	5	0	0	1	0		1	0	2	4											
8	6	0	0	0	0	0		0	0	0											
9	7	0	0	1	1	1	1		4	16											
10	Összesen										1	0	5	3	4	6	2	21	31		
15																					
16	Műszaki																				
17	1		1	0	1	1	1	1	0	0	0	5	25			Dm a1=	40				
18	2	0		0	1	1	1	0	1	0	0	4	16			D=	4				
19	3	1	1		1	1	1	1	1	1	1	9	81			K=	90				
20	4	0	0	0		1	0	0	0	0	0	1	1								
21	5	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0								
22	6	0	0	0	1	1		0	1	0	0	3	9								
23	7	0	1	0	1	1	1		1	0	1	6	36								
24	8	1	0	0	1	1	0		0	0	0	3	9								
25	9	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	6	64								
26	10	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	6	36								
27	Összesen										4	5	0	8	5	6	3	45	277		
32																					
33	Környezeti																				
34	1		1	1	1	1	1	1	1	7	49			Dm a1=	20						
35	2	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			D=	1				
36	3	0	1		0	0	0	0	1	2	4					K=	96				
37	4	0	1	1		0	1	0	1	4	16										
38	5	0	1	1	1		0	0	1	4	16										
39	6	0	1	1	0	1		0	1	4	16										
40	7	0	1	1	1	1	1		1	6	36										
41	8	0	1	0	0	0	0		0	1	1										
42	Összesen										0	7	5	3	3	3	1	6	26	130	
47																					
48	Társadalmi																				
49	1		1	0	0	0	0	0	0	0	1	1				Dm a1=	30				
50	2	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0				D=	3				
51	3	1	1		0	0	0	0	0	0	2	4				K=	90				
52	4	1	1	1		0	0	0	0	1	4	16									
53	5	1	1	1	1		1	0	0	1	6	36									
54	6	1	1	1	1	0		0	0	0	4	16									
55	7	1	1	1	1	1	1		0	0	6	36									
56	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64									
57	9	1	1	1	0	0	1	1	0		5	25									
58	Összesen										7	8	6	4	2	4	2	0	3	36	156
59																					
60																					
61																					
62																					

Összegző K.G/MVM/D.N/T.N/U.J/K.T/P.É/B.M/B.J/K.Z/G./K./K.P Munka8 Munka7 Munka20 Ml

Rajz Alakzatok

8. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A % 000 +,00 -,00

U59 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1	0	0	0	0	1	1	1	3	9		Dm a1=	14			
4	2	1	0	1	0	1	1	1	5	25		D=	0			
5	3	1	0	0	0	1	1	1	4	16		K=	100			
6	4	1	1	1	0	1	1	1	6	36						
7	5	0	0	0	0	0	1	0	1	1						
8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
9	7	0	0	0	0	1	1	0	2	4						
10	Összesen	3	1	2	0	5	6	4	21	91						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	49		Dm a1=	40
18	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8	64		D=	8
19	3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9	81		K=	80
20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1			
21	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	4			
22	6	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	4	16			
23	7	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	3	9			
24	8	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	4	16			
25	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	4			
26	10	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	5	25			
27	Összesen	2	1	0	8	7	5	6	5	7	4	45	203			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5	25		Dm a1=	20		
35	2	1	0	1	0	1	1	1	1	6	36		D=	0		
36	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		K=	100		
37	4	1	1	1	0	1	1	1	1	7	49					
38	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1					
39	6	0	0	1	0	1	0	1	1	4	16					
40	7	0	0	1	0	1	0	0	1	3	9					
41	8	0	0	1	0	1	0	0	0	2	4					
42	Összesen	2	1	7	0	6	3	4	5	28	140					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	4		Dm a1=	30	
50	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4		D=	4	
51	3	1	1	0	1	1	1	1	0	1	7	49		K=	86,66666667	
52	4	1	1	0	0	1	1	1	0	1	5	25				
53	5	0	1	0	1	0	1	1	1	0	5	25				
54	6	1	1	0	0	0	0	1	0	1	4	16				
55	7	1	1	0	0	0	0	0	1	3	9					
56	8	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64					
57	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
58	Összesen	6	6	1	3	3	4	5	0	8	36	186				
59																
60																
61																
62																

Rajz Alakzatok

9. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás

S61

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1	0	1	0	1	0	1	0	2	4		Dmax=	14			
4	2	1	0	1	0	1	1	0	4	16		D=	3			
5	3	0	0	1	0	1	1	0	2	4		K=	76,57142857			
6	4	1	1	1	0	1	1	1	6	36						
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
8	6	1	0	0	0	1	0	1	3	9						
9	7	1	1	1	0	1	0	1	4	16						
10	Összesen	4	2	4	0	6	3	2	21	85						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	4		Dmax=	40	
18	2	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7	49		D=	11	
19	3	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	5	25	K=	72,5	
20	4	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3	9				
21	5	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9	81				
22	6	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	5	25			
23	7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	4				
24	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1				
25	9	1	0	0	0	0	0	1	1	1	4	16				
26	10	1	1	1	1	0	1	1	1	0	7	49				
27	Összesen	7	2	4	6	0	4	7	8	5	2	45	203			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1	0	1	0	0	1	0	1	0	3	9		Dmax=	20		
35	2	1	0	0	0	1	0	1	3	9		D=	6			
36	3	0	1	0	0	0	1	0	1	3	9		K=	70		
37	4	1	1	1	0	0	1	1	5	25						
38	5	1	1	1	1	0	1	0	1	6	36					
39	6	0	0	0	1	0	0	1	2	4						
40	7	1	1	1	0	1	1	0	1	6	36					
41	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
42	Összesen	4	4	4	2	1	5	1	7	28	128					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	3	9		Dmax=	30	
50	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1		D=	4	
51	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		K=	86,66666667	
52	4	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6	36				
53	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	4				
54	6	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7	49				
55	7	0	1	1	0	1	0	0	1	4	16					
56	8	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64					
57	9	1	1	1	0	1	0	0	0	4	16					
58	Összesen	5	7	7	7	2	6	1	4	0	4	36	195			
59																
60																
61																
62																

Kész

10. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszűrés Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A % 000 ,00 ,00

Kimutatás T59 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
3	1	0	0	1	1	1	1	1	1	5	25		Dm a1=	14		
4	2	1	0	1	1	1	1	1	1	6	36		D=	0		
5	3	0	0	0	0	1	1	1	0	2	4		K=	100		
6	4	0	0	1	0	1	1	1	0	3	9					
7	5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1					
8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
9	7	0	0	1	1	1	1	1	1	4	16					
10	Összesen	1	0	4	3	5	6	2	21	31						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81		Dm a1=	40	
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		D=	0	
19	3	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8	64		K=	100	
20	4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1				
21	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5	25			
22	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1			
23	7	0	1	0	1	1	1	1	1	1	7	49				
24	8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	9			
25	9	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	6	36			
26	10	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	4			
27	Összesen	0	5	1	5	4	8	2	6	3	7	45	203			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
34	1	0	1	1	1	1	1	1	1	7	49		Dm a1=	20		
35	2	0	0	0	1	1	0	0	1	3	9		D=	0		
36	3	0	1	0	1	1	0	0	1	4	16		K=	100		
37	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1					
38	5	0	0	0	1	0	0	0	1	2	4					
39	6	0	1	1	1	1	1	1	1	6	36					
40	7	0	1	1	1	1	0	0	1	5	25					
41	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
42	Összesen	0	4	3	6	5	1	2	7	28	140					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1		Dm a1=	30	
50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		D=	0	
51	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4		K=	100	
52	4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8	64				
53	5	1	1	1	0	1	0	1	0	0	4	16				
54	6	1	1	1	0	1	1	1	1	1	7	49				
55	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	9				
56	8	1	1	1	0	1	0	1	1	1	6	36				
57	9	1	1	1	0	1	0	1	0	0	5	25				
58	Összesen	7	8	6	0	4	1	5	2	3	36	204				
59																
60																
61																
62																

Összegző /K.G./M.V.M./D.N./T.N./U.J./K.T./P.É./B.M./B.J./K.Z./G./K./K.P./Munka8 /Munka7 /Munka20 /Ml

Rajz Alakzatok

11. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó % 000 ,00 ,00

Kimutatás U57 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1																	
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
3		1	1	1	1	1	1	1	1	6	36						
4		2	0	1	1	0	0	0	1	3	9	Dmax=	14				
5		3	0	0	1	0	0	0	1	2	4	D=	0				
6		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	K=	100				
7		5	0	1	1	1	1	1	1	5	25						
8		6	0	1	1	1	0	1	1	4	16						
9		7	0	0	0	1	0	0	1	1	1						
10	Összesen	0	3	4	6	1	2	5	21	31							
15																	
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
17		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81			Dmax=	40
18		2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	49			D=	0
19		3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64			K=	100
20		4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	36				
21		5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1				
22		6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	9				
23		7	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	4				
24		8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
25		9	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4	16				
26		10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	25				
27	Összesen	0	2	1	3	8	6	7	9	5	4	45	203				
32																	
33	Körműszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
34		1	1	1	1	1	1	1	1	7	49					Dmax=	20
35		2	0	0	0	0	1	0	1	2	4					D=	0
36		3	0	1	0	0	1	0	1	3	9					K=	100
37		4	0	1	1	1	1	1	1	6	36						
38		5	0	1	1	0	1	0	1	4	16						
39		6	0	0	0	0	0	0	1	1	1						
40		7	0	1	1	0	1	1	1	5	25						
41		8	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
42	Összesen	0	3	4	1	3	6	2	7	28	140						
47																	
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
49		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0					Dmax=	30
50		2	1	0	0	1	0	0	0	1	3					D=	0
51		3	1	1	0	1	1	1	0	1	6					K=	100
52		4	1	1	1	1	1	1	0	1	7						
53		5	1	0	0	0	0	0	0	1	2						
54		6	1	1	0	0	1	1	0	1	5						
55		7	1	1	0	0	1	0	0	1	4						
56		8	1	1	1	1	1	1	1	8	64						
57		9	1	0	0	0	0	0	0	1	1						
58	Összesen	8	3	2	1	6	3	4	0	7	35						
59																	
60																	
61																	
62																	
63																	

Összegző /K.G./MVM /D.N./T.N./U.J./K.T./P.É./B.M./B.J./K.Z./G./K./K.P./Munka8 /Munka7 /Munka20 /Munka

Rajz Alakzatok

Kész

12.szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10

Kimutatás

S59

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	36		Dmax=	14		
4	2	0	0	0	1	1	0	1	3	9		D=	0			
5	3	0	1	0	1	1	0	1	4	16		k=	100			
6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
7	5	0	0	0	1	0	0	1	2	4						
8	6	0	1	1	1	1	0	1	5	25						
9	7	0	0	0	1	0	0	0	1	1						
10	Összesen	0	3	2	6	4	1	5	21	51						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	81		Dmax=	40
18	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64		D=	0
19	3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	49		k=	100
20	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1			
21	5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	4			
22	6	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	6	36			
23	7	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	5	25			
24	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
25	9	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	4	16			
26	10	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3	9			
27	Összesen	0	1	2	8	7	3	4	9	5	6	45	285			
32																
33	Környezeti	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	49		Dmax=	20		
35	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		D=	0		
36	3	0	1	0	1	1	1	1	1	6	36		k=	100		
37	4	0	1	0	0	1	1	1	1	5	25					
38	5	0	1	0	0	0	1	1	1	4	16					
39	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
40	7	0	1	0	0	0	1	0	1	3	9					
41	8	0	1	0	0	0	1	0	0	2	4					
42	Összesen	0	6	1	2	3	7	4	5	28	140					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Dmax=	30	
50	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4		D=	0	
51	3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	9		k=	100	
52	4	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6	36				
53	5	1	1	1	0	1	0	0	1	5	25					
54	6	1	1	1	0	0	0	0	1	4	16					
55	7	1	1	1	1	1	1	0	1	7	49					
56	8	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64					
57	9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1					
58	Összesen	8	6	5	2	3	4	1	0	7	36	204				
59																
60																
61																
62																

Összegző /K.G/MVM/D.N/T.N/U.J/K.T/P.É/B.M/B.J/K.Z/G.K./K.P/Munka8/Munka7/Munka20/Ml

Rajz Alakzatok

13. szakértő

Microsoft Excel - osszegzotabla

Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe PDF

Arial 10 F D A

Kimutatás T53

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Gazdasági	1	2	3	4	5	6	7	a	a2						
3	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1		Dma1=	14			
4	2	1	0	0	1	1	1	0	4	16		D=	1			
5	3	1	1	1	1	1	1	0	5	25		K=	92,85714286			
6	4	1	0	0	0	0	0	0	1	1						
7	5	0	0	0	1	0	0	0	1	1						
8	6	1	0	0	1	1	1	0	3	9						
9	7	1	1	1	1	1	1	1	6	36						
10	Összesen	5	2	1	5	5	3	0	21	83						
15																
16	Műszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	a2			
17	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	5		Dma1=	40
18	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3		D=	11
19	3	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	7		K=	72,5
20	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9			
21	5	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	5	0			
22	6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	7	49			
23	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4			
24	8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2			
25	9	0	0	0	0	1	0	1	1	1	4	16				
26	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1			
27	Összesen	4	6	2	0	4	2	7	7	5	8	45	263			
32																
33	Körműszaki	1	2	3	4	5	6	7	8	a	a2					
34	1	0	1	1	1	1	0	0	0	3	9		Dma1=	20		
35	2	1	1	1	1	1	1	0	0	5	25		D=	1		
36	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		K=	95		
37	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1					
38	5	0	0	1	1	0	0	0	0	2	4					
39	6	1	0	1	1	1	0	1	5	25						
40	7	1	1	1	1	1	1	1	7	49						
41	8	1	1	1	1	1	0	0	5	25						
42	Összesen	4	2	7	6	5	2	0	2	28	138					
47																
48	Társadalmi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	a2				
49	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	6	36		Dma1=	30
50	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	6	36		D=	5
51	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1		K=	83,33333333
52	4	0	0	1	0	1	1	1	0	0	4	16				
53	5	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3	9				
54	6	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4	16				
55	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
56	8	1	1	1	1	1	1	1	8	64						
57	9	0	0	1	1	1	0	1	0	1	4	16				
58	Összesen	2	2	7	4	5	4	8	0	4	36	134				
59																
60																
61																
62																

Összegző /K.G./MVM/D.N./T.N./U.J./K.T./P.É./B.M./B.J./K.Z./G./K./K.P./Munka8/Munka7/Munka20/ML

Rajz Alakzatok

13/c. melléklet: Aggregált preferenciátáblák és a hozzájuk tartozó számítások

A gazdasági kritériumok aggregált preferencia táblája

Gazdasági	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	a	a2	p	u	z	w	
G1		7	9	9	13	9	9	56	3136	0,68681	0,486837315		1	26,51114303
G2	6		9	10	12	11	8	56	3136	0,68681	0,486837315		1	26,51114303
G3	4	4		5	9	10	5	37	1369	0,47802	-0,05511845	0,4433913		12,8680276
G4	4	3	8		7	8	6	36	1296	0,46703	-0,0827302	0,415033		12,17293342
G5	0	1	4	6		7	4	22	484	0,31319	-0,48683732		0	2
G6	4	2	3	5	6		5	25	625	0,34615	-0,39572542	0,0935753		4,293637481
G7	4	5	8	7	9	8		41	1681	0,52198	0,055118454	0,5566087		15,64311544
Összesen	22	22	41	42	56	53	37	273	11727	3,5	0,008381688	3,5086083		100
n:	7		b:	2	Kat	97,3	y		101		G	1530		
m:	13		a:	24,5			Y2		599		v	0,8681319		-0,076923077
							u		16,6103					
							df		27,0744					
							w2		285,62					

Forrás: saját szerkesztés

A fenti táblázat „a oszlopa” a preferenciák gyakoriságát, a „P oszlop” a preferenciaarányokat, az „U oszlop” a preferenciaarányok normális eloszlás u értékre való transzformációját, a „Z oszlop” pedig az eloszlási értékek 0-100 skálán való elhelyezkedését mutatja. Annak érdekében, hogy az egyes kritériumokhoz egységnyi összegű súlyszámokat kapjunk meg, az intervallum skálán az $f(x) = ax + b$ (ahol $m \neq 0$) függvény segítségével további transzformációt végeztem. Az egyenlet konstansának (b) értékét 2%-ban határoztam meg, hogy a döntéshozók által legkevésbé preferált kritériumot is számításba vegyem. A konstans és a súlyszámok összértékének ismeretében már meghatározhattam az egyenlet meredekségét, és az egyes kritériumok egyedi súlyát, melyet a táblázat utolsó oszlopa tartalmaz. Tekintettel arra, hogy az eljárás nem változik, a többi alcélhoz tartozó aggregált táblát, és a hozzájuk tartozó kritériumok egyedi súlyait az alábbi táblázatok szemléltetik.

A műszaki kritériumok aggregált preferencia táblája

Műszaki	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	a	a2	p	u	z	w
E1		8	7	9	8	12	10	9	8	7	78	6084	0,65	0,385320604	0,95216761	16,87480505
E2	5		6	9	8	9	6	10	7	6	66	4356	0,557692308	0,145120882	0,677851026	12,58941909
E3	6	7		9	10	9	10	10	10	9	80	6400	0,665384615	0,42720406	1	17,62204479
E4	4	4	4		5	5	4	7	6	4	43	1849	0,380769231	-0,30346131	0,165554291	4,586296543
E5	5	5	3	8		6	6	8	2	3	46	2116	0,403846154	-0,2434043	0,234141512	5,657769188
E6	1	4	4	8	7		5	8	5	6	48	2304	0,419230769	-0,20386181	0,279300438	6,363243953
E7	3	7	3	9	7	8		10	7	8	62	3844	0,526923077	0,067537278	0,589247804	11,20525559
E8	4	3	3	6	5	5	3		2	5	36	1296	0,326923077	-0,44842554	0	2
E9	5	6	3	7	11	8	6	11		7	64	4096	0,542307692	0,106249089	0,633458063	11,89591023
E10	6	7	4	9	10	7	5	8	6		62	3844	0,526923077	0,067537278	0,589247804	11,20525559
Összesen	39	51	37	74	71	69	55	81	53	55	585	36189	5	-0,00018377	5,120968548	100
n:	10		b:	2	Kat	87,5	y		260		G	2644		u		16,88947763
m:	13		a:	15,6			y2		1734		v	0,5065527		df		58,01652893
														w2		381,2892562

Forrás: saját szerkesztés

A környezeti kritériumok aggregált preferencia táblája

Környezeti	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	a	a2	p	u	z	w	
K1		7	10	9	11	10	8	10	65	4225	0,6875	0,4887764	0,76248392	26,34565125	
K2	6		4	3	5	6	1	6	31	961	0,360576923	-0,356917	0	2	
K3	3	9		5	5	4	1	6	33	1089	0,379807692	-0,305986	0,045919979	3,466197223	
K4	4	10	8		8	6	4	9	49	2401	0,533653846	0,0844578	0,397947177	14,70621314	
K5	2	8	8	5		5	1	7	36	1296	0,408653846	-0,231009	0,113519642	5,624613639	
K6	3	7	9	7	8		2	9	45	2025	0,495192308	-0,012051	0,310933797	11,92792844	
K7	5	12	12	9	12	11		13	74	5476	0,774038462	0,7522126	1	33,92939631	
K8	3	7	7	4	6	4	0		31	961	0,360576923	-0,356917	0	2	
Összesen	26	60	58	42	55	46	17	60	364	18434		4	0,0625656	2,630804516	100
n:	8		b:	2		Kat	95	y	189		G		2221		
m:	13		a:	31,9				y2	1549		v		0,2655271		
								u	12,8915						
								df	36,0992						
								w2	227,471						

Forrás: saját szerkesztés

A társadalmi kritériumok aggregált preferencia táblája

Társadalmi	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	a	a2	p	u	z	w
T1		8	4	2	4	3	5	1	5	32	1024	0,3290598	-0,442510812	0,177744522	5,859999448
T2	5		2	1	3	1	2	0	5	19	361	0,2179487	-0,77913945	0	2
T3	9	11		1	4	6	7	0	7	45	2025	0,4401709	-0,150535788	0,331911326	9,207971964
T4	11	12	12		9	10	10	4	11	79	6241	0,7307692	0,615140929	0,736199098	17,98771132
T5	9	10	9	4		8	8	1	9	58	3364	0,5512821	0,128901017	0,479457778	12,41217324
T6	10	12	7	3	5		8	2	9	56	3136	0,534188	0,08580169	0,456700745	11,91796877
T7	8	11	6	3	5	5		1	7	46	2116	0,4487179	-0,128901017	0,34333478	9,456050094
T8	12	13	13	9	12	11	12		13	95	9025	0,8675214	1,114750916	1	23,71655923
T9	8	8	6	2	4	4	6	0		38	1444	0,3803419	-0,304583182	0,250572196	7,441565938
Összesen	72	85	59	25	46	48	58	9	66	468	28736	4,5	0,138924303	3,775920446	100
n:	9		b:	2		Kat	95,1	y	287		G		2930		
m:	13		a:	21,7				y2	2705		v		0,6695157		
								u	25,0966						
								df	46,4132						
								w2	601,322						

Forrás: saját szerkesztés

A szakértők véleményegyezési mutatója (v) minden esetben $-0,07 < v < 1$ között található, azaz erős egyetértés mutatható ki a szakértők véleménye között. A standardizált normális eloszlási táblázatot alapul véve kijelenthető, hogy az egyes szempontokhoz tartozó „ u ”-értékek ($u_g=16,6$; $u_m=16,9$; $u_k=12,9$; $u_i=25,1$) olyan magasak, hogy a komplementer valószínűségnek megfelelő szignifikancia-értékek rendkívül alacsonyak. Ez pedig azt jelenti, hogy rendkívül kicsi annak a valószínűsége, hogy az egyetértési együtthatók értékei pusztán a véletlennek köszönhetőek.

13/d. melléklet: Indikátorok súlyainak meghatározása a megkérdezés alapján

Microsoft Excel - FF_vizsgalat			
Fájl Szerkesztés Nézet Beszúrás Formátum Eszközök Adatok Ablak Súgó xIDEA Adobe F			
Arial 10 F D A % 000 +,00 +,00			
Kimutatás			
C40 fx 11,9279284395833			
A	B	C	D
1			
2	2. Lépés: Kritérium súlyának meghatározása		
3			
4	Kritérium jele	Kritérium meghatározás	Kritérium egyedi súlya
5	G	Gazdasági dimenzió	0,25
6	G1	Beruházási költség	26,51114303
7	G2	Üzemeltetési és működési költség	26,51114303
8	G3	Externális költség	12,8680276
9	G4	Energiahordozó árának emelkedésében rejlő kockázat	12,17293342
10	G5	Kiépítési idő	2
11	G6	Munkahelyteremtés	4,293637481
12	G7	Importfüggőség	15,64311544
13	E	Energetikai dimenzió	0,25
14	E1	Villamos hatékonyság	16,87480505
15	E2	Kapcsolat hatékonyság	12,58941909
16	E3	Energiamegtérülési ráta	17,62204479
17	E4	Technológiai fejlettség	4,586296543
18	E5	Rendszerszabályozás	5,657769188
19	E6	Elérhetőség	6,363243953
20	E7	Ütemezhetőség	11,20525559
21	E8	Kiszabályozás	2
22	E9	Tartaléktartási igény	11,89591023
23	E10	Terheléskövetési képesség	11,20525559
24	T	Társadalmi dimenzió	0,25
25	T1	Terület	5,85999448
26	T2	Estétika	2
27	T3	Zaj	9,207971964
28	T4	konfliktus	17,98771132
29	T5	részvétel	12,41217324
30	T6	barátságosság	11,91796877
31	T7	személyes irányítás	9,466050094
32	T8	katasztrófa potenciál	23,71655923
33	T9	oktatás	7,441565938
34	K	Környezeti dimenzió	0,25
35	K1	ÜHG hatás	26,34565125
36	K2	Porszennyezés	2
37	K3	NMVOC	3,466197223
38	K4	Savasodás	14,70621314
39	K5	Nitrátosodás	5,624613639
40	K6	hulladékékehelyezés	11,92792844
41	K7	egészségügyi hatás	33,92939631
42	K8	funkcionális hatás	2
54			1
55			

Forrás: saját szerkesztés

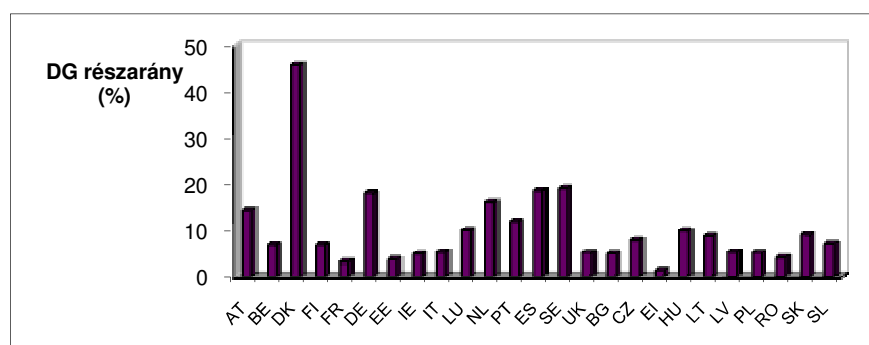
14. Melléklet: A megújuló és az elosztott termelési egységek részaránya az EU tagállamaiban

14/a melléklet: A megújuló energiaforrások villamosenergia-felhasználáson belüli aránya (2007)

Tagállam	Kapcsolt termelési egységek részaránya a bruttó VE-termelésben	RES részaránya a VE -fogyasztásban (2007)	2010-es célérték	RES részaránya a teljes energiafogyasztásban (2007)	2020-as célkitűzések
EU-27	10,9	15,6	21	7,8	20
BE	12,5	4,2	6,0	3,1	13
BG	9,4	7,5	11,0	4,7	16
CZ	13	4,7	8,0	4,7	13
DK	42,8	29,0	29,0	17,3	30
DE	12,2	15,1	12,5	8,3	18
EE	7,1	1,5	5,1	10	25
IE	6,3	9,3	13,2	2,9	16
EL	1,6	6,8	20,1	5	18
ES	7,1	20,0	29,4	7	20
FR	3,2	13,3	21,0	7	23
IT	10,3	13,7	25,0	6,9	17
CY	0,3	0,0	6,0	2,4	13
LV	40,9	36,4	49,3	29,7	40
LT	13,2	4,6	7,0	8,9	23
LU	9,9	3,7	5,7	2,5	11
HU	21,4	4,6	3,6	5,3	13
MT	n.a.	n.a.	5,0	n.a.	10
NL	30,1	7,6	9,0	3,6	14
AT	15,6	59,8	78,1	23,8	34
PL	17,3	3,5	7,5	5,1	15
PT	12,3	30,1	39,0	17,6	31
RO	10,7	26,9	33,0	11,9	24
SL	7,2	22,1	33,6	10	25
SK	25,6	16,6	31,0	5,5	14
FI	34,4	26,0	31,5	22,6	38
SE	8,2	52,1	60,0	30,9	49
UK	6,4	5,1	10,0	2,1	15

EC (2010)

14/b. melléklet: Elosztott egységek részaránya 2004-ben az EU tagállamaiban



Forrás: Cossent et al (2009, 1146. o.)

- 1) Cossent, R. et al. (2009): Towards a future with large penetration of distributed generation: Is the current regulation of electricity distribution ready? Regulatory recommendations under a European perspective, Energy Policy, Vol. 37, 1145–1155. o.
- 2) EC (2010): EU energy and transport in figures, Statistical Pocketbook, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2010.07.09.

15. Melléklet: Hálózati veszteségek nemzetközi vonatkozásban

Szállítói és elosztói hálózati veszteségek megoszlása

Teljes veszteség (%)	Transzformátorok		Vezetékek, kábelek		Egyéb berendezések
	Szállító	Elosztó	Szállító	Elosztó	
USA	4,0	16,2	32,3	45,5	2,0
USA	2,2	36,5	10,5	43,0	7,8
UK	8,0	24,0	21,0	45,0	2,0
UK	10,0	32,0	15,0	43,0	0
Ausztrália	2,0	40,0	20,0	38,0	0
Piaci becslés	10,0	35,0	15,0	35,0	5
Átlag	6,0	30,6	19,0	41,6	2,8

Forrás: Targosz et al. (2005, 12. o.)

Szállítói és hálózati veszteségek a világ különböző területein

Ország	Villamosenergia-használat (TWh)	Hálózati veszteségek (TWh)	Hálózati veszteségek (%)
Európa	3046	222	
Nyugat-Európa	2540	185	7,3
Oroszország	1135	133	11,7
Észak-Amerika	4293	305	7,1
Latin-Amerika	721	131	18,3
Japán	964	98	9,1
Ausztrália, Új-Zéland	219	21	9,5
Kína	1312	94	7,2
India	497	133	26,7
Afrika	826	83	10,0

Forrás: Targosz et al. (2005, 11. o.)

- 1) Targosz, R. et al (2005): The Potential for Global Energy Savings from High Efficiency Distribution Transformers, <http://www.eurocopper.org>, Letöltés ideje: 2010.03.14.

16. Melléklet: Az energiatárolási technológiák műszaki jellemzői

Villamosenergia-tárolási technológiák műszaki jellemzői

Technológia	Max.	Kisütési idő	Reagálási idő	Hatékonyság (%)	Élettartam
Ólomsavas akkumulátorok	20 MW	6-8 óra	< 5 ms	85	5 év
Cink-Bróm akkumulátorok	50 kW	~2 óra	< 5 ms	70	> 10 év
Nátrium-kén akkumulátorok	300 kW	~1 óra	-	70	5 év
SMES (*)	6-1000 MW	1 másodperc - 5 óra	< 5 ms	95	30 év
Alacsony sebességű lendkerekes rendszerek	1650 kW	3-120 sec	< 20 ms	90	20 év
Magas sebességű lendkerekes rendszerek	750 kW	~ 1 óra	< 20 ms	93	20 év
Szuperkondenzátorok	100 kW	10 sec	< 5 ms	90	10 000 ciklus
Légsűrítési rendszerek	220 MW	Napok	Másodpercek-percek	79	30 év
Szivattyús – tározós vízerőművek	4000 MW	~ 12 óra	Percek	87	30 év
H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák/gáztárolás	Igénytől függően	Órák (igénytől függően)	Másodpercek (**)	60	10 000 óra***

Forrás: EnirDGnet (2004, 30. o.)

- 1) EnirDGnet (2004): D5:Technical Assessment of DG-Technologies And Tendencies of Technical Development, http://www.dgnet.org/docs/deliverables/D5_Assessment_of_DG_technolo.pdf, Letöltés ideje: 2008.03.06.

17. Melléklet: Az energiatárolási technológiák alrendszerek számára nyújtott előnyei

A villamosenergia-tárolási technológiák alkalmazhatósága

Alkalmazás	Teljesítmény	Tárolási idő	Energia	Reagálási idő	Előfordulás száma	Technológia
Nagyon rövid idő alatt						
Villamos energia minőség	<1MW	Sec.	~0,2 kWh	<5ms.	10 ² -10 ³ /év	Lendkerekek Szuprakondenzátorok Mikro-SME Ólomsavas akkumulátorok
Szállító és elosztó hálózatok stabilizálása	<1MW	Sec.	~0,2 kWh	<20ms	10 ² /év	Szuprakondenzátorok Mikro-SME Ólomsavas akkumulátorok
Rövid idő alatt						
Elosztott termelési egységek támogatása	0,5-5MW	~1 óra	5000-50000	<1 min	10 ² /év	Lendkerekek Fejlett akkumulátorok Ólomsavas akkumulátorok H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák
Csúcsterhelés alakítás		~1 óra	1000	<1 min	10 ² -10 ³ /év	Lendkerekek, SMES Fejlett akkumulátorok Ólomsavas akkumulátorok H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák
Állandó tartalék (generátorban rejlő többletkapacitás kiváltása)*	1-100 MW	<30min	5000-500000	<3sec	10 ¹ /év	Lendkerekek Akkumulátorok, H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák SMES
Megújuló illesztés	10MW-ig	Min-1 óra	10-10000	<20ms	10 ² -10 ³ /év	Lendkerekek Akkumulátorok, H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák SMES
UPS	2MW-ig	2 óra	100-400	Sec.	10 ² -10 ³ /év	Lendkerekek Akkumulátorok, SMES H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák
Rövid időtartam (kWh)						
Termelés, terhelés-kiegyenlítés	100MW	6-10 óra	100-1000	Min	10 ² /év	Lendkerekek Akkumulátorok, H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák Szivattyús-tározós erőművek CAES, SMES
Terhelés kiegyenlítés	100MW	Néhány óra	100-1000	<20ms	10 ² /év	SMES Akkumulátorok H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák
Nagyon rövid időtartam (MWh)						
Vészhelyzeti háttér szolgáltatás	1MW	24 óra	24	Sec-min	10 ¹ /év	Akkumulátorok Hidrogén alapú tüzelőanyag-cellák
Szezonális tárolás	50-300MW	Hetek	10000-100000	Min	10 ¹ /év	CAES
Megújuló háttér	100kW-1MW	7 napig	20-200	Sec-min	10 ¹ /év	Akkumulátorok, CAES Szivattyús-tározós erőművek H ₂ -alapú tüzelőanyag-cellák

*Állandó hálózati kapcsolatban van, képes 10 percen belüli időtartam alatt felfutni, és legalább 2 órán át leadni

Forrás: EnerDGnet (2004, 31. o.)

A tárolási technológiák nyújtotta előnyök

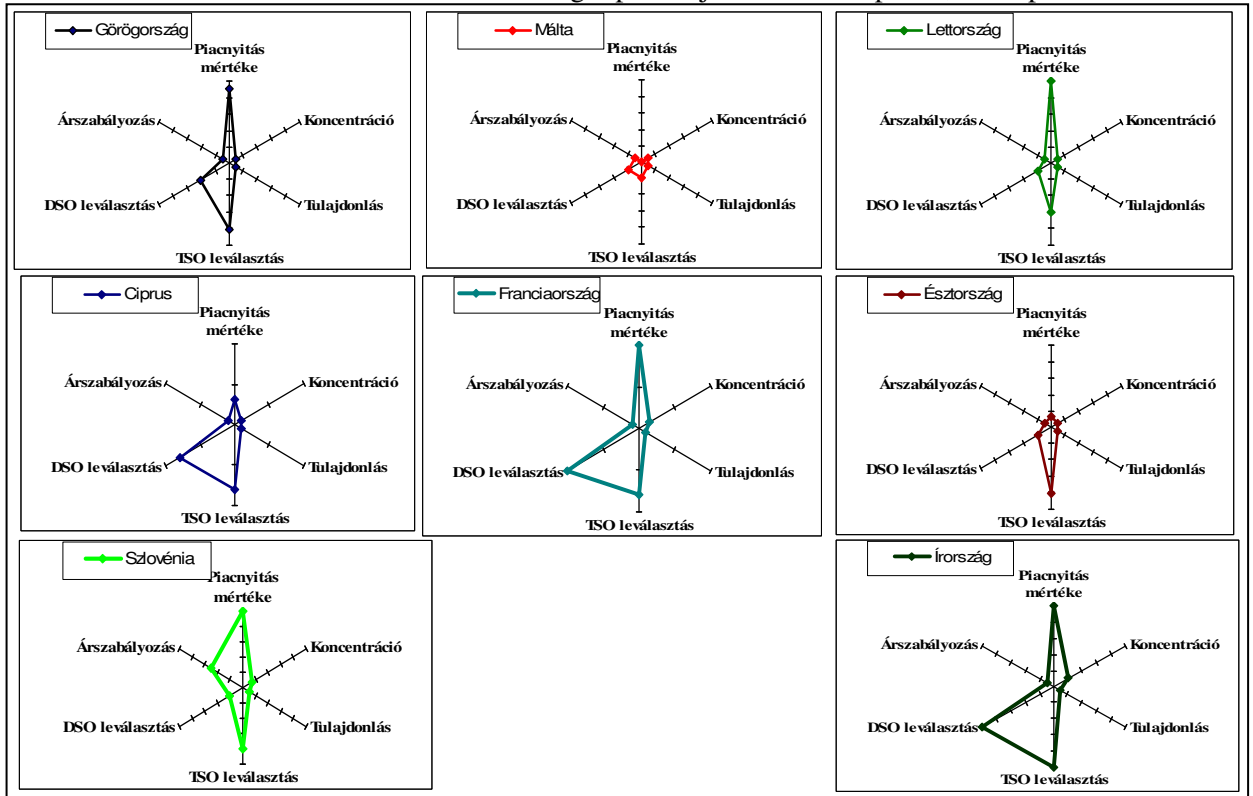
Termelési alrendszer		Szállítási és elosztási alrendszer		Fogyasztói alrendszer	
Előny	Jellege	Előny	Jellege	Előny	Jellege
Teljesítmény-egyensúly tartása, valós idejű bekapcsolás	A termelés kereslethez való igazításának költségei, illetve a megújulóknak növekvő használata miatt erre a célra lekötött hagyományos erőművek kiváltása, költségek csökkentése	Szállítási torlódások megoldása, Képes a RES által termelt energiát tárolni, és leadni, amint a szállítási kapacitás rendelkezésre áll	Lokális alkalmazásnál jelentős megújuló kapacitás 20-50%	Kereslet-oldali menedzsment támogatása, Kereslet időbeli eltolása, Elosztott termelési egység outputjának tárolása	Magas csúcsidőszaki költségek elkerülése, kedvező időszaki értékesítés biztosítása (árak függvénye)
Szabályozási feladatok átvállalása a hagyományos fosszilis erőművektől, illetve biztosítása a megújuló és az elosztott egységek számára	Megújuló energiahordozó hasznosítására épülő rendszerek, hálózatok stabilitása szempontjából nélkülözhetetlen	Szállítási, elosztási alrendszer fejlesztésével, bővítésével kapcsolatos beruházások késleltetése	1-5 éves késleltetés révén nyerhető megtakarítások	Megbízhatóság fokozása	Leállásokkal, kiesésekkel kapcsolatos költségek, veszteségek elkerülése
Tartalékkapacitás	Hagyományos erőművek	Feszültség-támogatás	További elemzéseket igényel	Megújuló, szakaszos energiatermelési egységek használatának támogatása	Megújuló energiahordozókra épülő, és elosztott termelési egységek alkalmazásával összefüggő előnyök (pl. megtakarítás, környezetszennyezés)
Napi, napon belüli termelésingadozás egyensúlyozása,	Megújuló termelésének tárolása a csúcsidőszaki fosszilis kiváltására, illetve saját termelési kiesésük fedezésére	Megbízhatóság fokozása	Leállások, kiesések miatti veszteségek (helytől, időtartamtól, fogyasztóktól függ) csökkenése, elkerülése		
Heti és szezonális termelés kiegyenlítése	Hétfélig termelés tárolása hétköznapi felhasználásra, szezonális energiahordozók tárolása csúcsidőszaki felhasználásra				

Forrás: EAC (2008) alapján

- 1) EAC (2008): Bottling Electricity: Storage as a Strategic Tool for Managing Variability and Capacity Concerns in the Modern Grid, <http://www.oe.energy.gov/eac.htm>, Letöltés ideje: 2010.04.27.

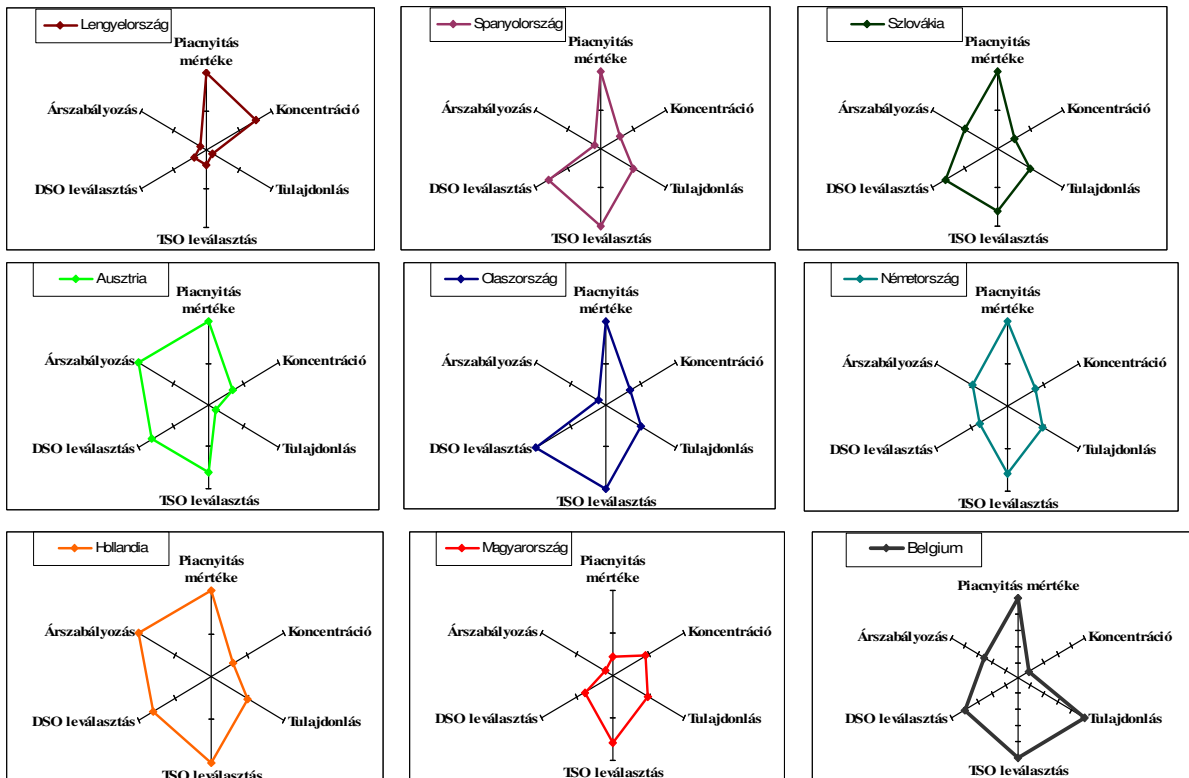
18. Melléklet: Az EU-s tagállamok villamosenergia-piacainak liberalizáltsága

18/a melléklet: A nemzeti villamosenergia-piacok jellemzői Európában, 1. csoport



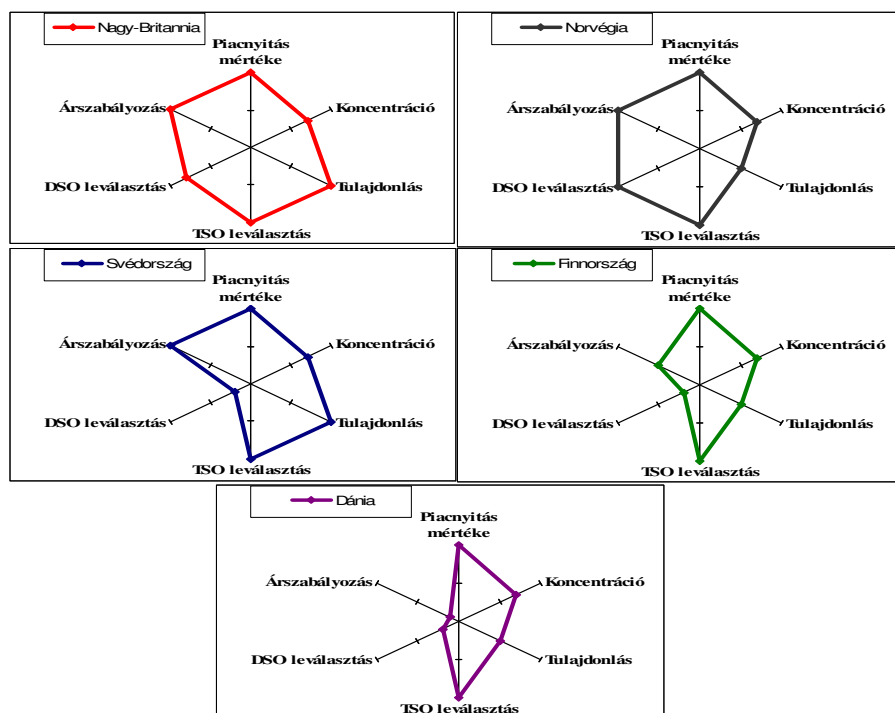
Forrás: EC (2009/b) adatai alapján saját szerkesztés

18/b melléklet: A nemzeti villamosenergia-piacok jellemzői Európában, 2. csoport



Forrás: EC (2009/b) adatai alapján saját szerkesztés

18/c melléklet: A nemzeti villamosenergia-piacok jellemzői Európában, 3. csoport



Forrás: EC (2009/b) adatai alapján saját szerkesztés

- 1) EC (2009/b): Report on Progress in Creating the Internal Gas and Electricity Market, European Commission, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2009.11.23.

19. Melléklet: Hálózati szabályozás az EU tagállamaiban

Hálózat szabályozás és az elosztott termelési egységek az EU-ban

Tagállam	Hálózati tevékenységek gazdasági szabályozása	Hálózat-fejlesztés ösztönzése	Hálózati csatlakozás díja	Hálózat-használati díj az elosztottaknak
Ausztria	Bevétel plafon szabályozás	Garantált hozzáférés	Sekély	Elosztott egységek is fizetnek
Belgium	n.a.	Garantált hozzáférés, engedélyezési eljárással	Hálózattól való távolság határozza meg	Igen, az elosztott egységek is fizetik
Bulgária	Bevételi plafon szabályozás +CAPEX	n.a.	Sekély	Nem fizetnek
Csehország	Bevételi plafon szabályozás +CAPEX+OPEX	n.a.	Mély	Nem fizetnek
Dánia	Bevétel plafon ösztönzés; Ösztönző szabályozás +CAPEX+OPEX	Garantált hozzáférés	Sekély	Nem fizetnek
Finnország	n.a.	Garantált hozzáférés, DSO által megszabott műszaki feltételekkel	Vegyes	Igen, bizonyos esetben 0, vagy negatív (szállító használat igénybe vételének kikerülési díja)
Litvánia	Ár plafon szabályozás +CAPEX	n.a.	Mély	Nem fizetnek
Hollandia	Mérföldkő szabályozás	Garantált hozzáférés	Mély (10MVA alatt) és sekély (10MVA felett)	Nem fizetnek
Luxemburg	n.a.	Megállapodásos hozzáférés, engedélyezési eljárással	Kisfeszültségű hálózaton sekély, közepes feszültségnél mély	n.a.
Portugália	n.a.	Garantált hozzáférés	Helyi sekély	n.a.
Spanyolország	Bevétel plafon szabályozás	Garantált hozzáférés	Mély	Nem fizetnek
Lengyelország	Bevétel plafon szabályozás	n.a.	Sekély	Nem fizetnek
Franciaország	Költség-plusz szabályozás +CAPEX+OPEX	Garantált hozzáférés	Nincs a közepes és kisfeszültségű hálózaton, de néhány költség áthárítható	Nincs
Egyesült Királyság	Ár plafon szabályozás +CAPEX+OPEX	Garantált hozzáférés	Sekélyszerű	Elosztottak is fizetnek
Írország	n.a.	Garantált hozzáférés	Mély	n.a.
Szlovákia	Ár plafon szabályozás	n.a.	Mély	Elosztottak is fizetnek
Szlovénia	Ár plafon szabályozás	n.a.	Sekély	Nem fizetnek
Magyarország	Ösztönző szabályozás +CAPEX+OPEX	n.a.	Sekély	Nem fizetnek
Görögország	n.a.	n.a.	n.a.	Csak a fogyasztók
Olaszország	n.a.	DSO szabja meg a szabályozó hatóság jóváhagyásával	Felek közötti megállapodás alapján, de a kisteljesítményűek hálózati beruházást nem fizetnek	n.a.
Románia	Ár-plafon szabályozás	n.a.	Mély	Elosztott egységek is fizetnek
Németország	Bevételi plafon szabályozás	Garantált hozzáférés	Sekély	Elosztott egységek nem fizetnek

Forrás: saját szerkesztés, Cossent et al (2008), Gómez et al (2007), Ropenus et al (2009); Nieuwenhout et al (2010/a) alapján

- 1) Cossent, R et al. (2008): Current state of and recommendations for improvement of the network regulations for large-scale integration of DER into the European electricity market, SOLID-DER Project, Work Package I – Phase II, <http://www.solid-der.org>, Letöltés ideje: 2010.03.23.
- 2) Gómez, T. et al (2007): Guidelines for improvement on the short term of electricity distribution network regulation for enhancing the share of DG, DG-GRID, Report D12/D13, http://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/DG-GRID/Results/WP4/d12_gomez_guidelines-distribution-network-regulation-for-enhancing-the-share-of-dg.pdf, Letöltés ideje: 2010.04.30.
- 3) Ropenus, S. et al (2009): Assessment of interactions between the economics of distributed generators, distribution system operators and markets, IMPROGRES Project, WP2, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje: 2010.03.24.
- 4) Nieuwenhout, F. et al (2010/a): Market and regulatory incentives for cost efficient integration of DG in the electricity system, IMPROGRES project, Final Report, <http://www.improgres.org>, Letöltés ideje: 2010.07.09.

20. Melléklet: A villamosenergia-piacok koncentrációjának alternatív mutatói

A piaci koncentráció vizsgálatára általában véve a Herfindhal – Herschmann Indexet (HHI), illetve a Koncentrációs Indexeket (Cr(n)) alkalmazzák. Ezen hagyományos mutatók adott termék – piaci kombinációk vizsgálatára szolgálnak, és azzal a feltételezéssel élnek, hogy a piaci erő, illetve az azzal való visszaélés lehetősége nagymértékben függ a vállalatok piaci részesedésének nagyságától.

A koncentrációs ráta (Cr(n)) az adott piac első, „n” számú, legnagyobb piaci részesedéssel bíró vállalat összkapacitásának, vagy összes outputjának; illetve az adott piacon jelen lévő összes vállalat összkapacitásának, illetve összes outputjának hányadosaként határozható meg, azaz:

$$Cr_{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^N C_i}, \text{ ahol } i=1,2,3,\dots,n; \text{ és } n < N$$

Általában véve megállapítható, hogy amennyiben a Cr(1) (azaz a legnagyobb vállalat piaci részesedésének) értéke meghaladja a 40%-ot, illetve a Cr(3) (azaz a három legnagyobb vállalat piaci részesedésének) értéke meghaladja az 50%-ot, koncentrált piacról beszélhetünk.

A HHI mutató a piacon lévő vállalatok piaci részesedésének négyzetösszegével számítható ki, azaz:

$$HHI = \sum_{i=1}^N (C_i)^2, \quad \text{ahol } i = 1, 2, 3, \dots, N$$

Amennyiben a számítás eredményeként kapott érték 1000 alatt van nem koncentrált, ha 1000 és 1800 között van közepesen koncentrált; amennyiben, 1800 felett van magasan koncentrált piacokról beszélhetünk (London Economics, 2007).

A London Economics (2007) a villamosenergia-piacok strukturális vizsgálatának speciális mutatószámait, a Kulcsfontosságú Szolgáltató és a Nélkülözhetetlen Szolgáltató Indexeket (PSI, és RSI). Ezek a mutatók arra tesznek kísérletet, hogy a megragadják mennyire nélkülözhetetlenek a vizsgált vállalatok az aktuálisan, adott órában jelentkező kereslet kielégítése szempontjából.

A PSI mutató arra kíván választ adni, mennyire szükséges a vállalat óránkénti kapacitása az aktuális kereslet kielégítésére. Ha azt adott órában a piacon rendelkezésre álló összes termelési kapacitás és a vizsgált vállalat adott órabeli rendelkezésre álló termelési kapacitásának különbözete nem éri el az adott órában jelentkező keresletet, akkor a vállalat termelési kapacitására is szükség van annak kielégítéséhez, így a PSI mutató 1 (ellenkező esetben 0) értéket vesz fel. Amennyiben a vizsgált időszak alatt a vállalat PSI mutatója az esetek több mint 20%-ban 1 értéket kap, akkor a vállalat kulcsfontosságúnak minősíthető az adott piacon¹⁷¹ (London Economics, 2007, 76.). Az RSI mutató pedig megfelel az adott órában a vizsgált vállalat rendelkezésre álló kapacitásával csökkentett teljes piaci rendelkezésre álló kapacitás és a piaci terhelés hányadosával. Amennyiben az így kapott

¹⁷¹ Irányadó érték a FERC meghatározása szerint (London Economics, 2007)

mutató értéke a vizsgált időszak több mint 5%-a esetén kevesebb, mint 110%, a vállalat nélkülözhetetlen pozícióban van¹⁷² (London Economics, 2007, 74.o.).

20.1. táblázat: RSI értékek az EU néhány tagállamának villamosenergia-termelési piacán tevékenykedő nagyvállalataira

Ország	Vállalat kódja	Azon órák aránya, amikor az RSI 110% alatt maradt
Belgium	0513-S-BE	100.0%
	1469-S-BE	5.0%
Németország	0436-S-DE	47.7%
	0569-S-DE	4.6%
	1338-S-DE	77.1%
	1681-S-DE	3.8%
Spanyolország	0577-S-ES	41.1%
	0850-S-ES	0.0%
	0875-S-ES	49.2%
	1646-S-ES	0.6%
Franciaország	0340-S-FR	0.5%
	0472-S-FR	100.0%
	1449-S-FR	0.0%
Hollandia	0439-S-NL	3.5%
	0511-S-NL	32.8%
	0712-S-NL	44.6%
	1193-S-NL	22.7%
Nagy-Britannia	0242-S-GB	1.2%
	0453-S-GB	1.7%
	1340-S-GB	1.2%
	1477-S-GB	2.3%

Forrás: London Economics (2007, 27. o.)

Az Európai Unió hat tagállamát, illetve azok legnagyobb villamosenergia-termelő vállalatait vizsgálva megállapítható, hogy az RSI értékek nemcsak az országok között, hanem országon belül, a vállalatok között is nagy eltéréseket mutatnak (ld. 21.1. táblázat). Míg Nagy-Britanniában, vagy Hollandiában egyik nagyvállalat sincs meghatározó helyzetben, addig Franciaország és Belgium esetében bizonyos vállalatok kapacitása minden órában nélkülözhetetlen. Érdemes megjegyezni továbbá, hogy Németországban és Spanyolországban a top 4 vállalat közül két cég kapacitása szignifikáns (London Economics, 2007, 26. o.).

Ahhoz azonban, hogy igazolni lehessen, hogy a nélkülözhetetlen, kulcsfontosságú vállalatok rendelkeznek piaci erővel, szükséges a piaci teljesítmény értékelésére szolgáló mutatószámok meghatározása, valamint a strukturális és teljesítmény mutatók között fennálló kapcsolatok vizsgálata. A piaci teljesítmény értékelésére szolgáló Lerner Index (LI) és az Ár-Költség Haszonkulcs (Price-Cost Mark-Up) mutatók, az árak és költségek különbözetének meghatározása révén segíthetik annak eldöntését mennyire versenyképesek az egyes piacok. A Lerner Index az árak és a költségek különbözetét viszonyítja a piaci árhoz, míg az Ár-Költség Haszonkulcs mutató az árak és a határköltségek különbözetét viszonyítja a határköltségekhez. A mutatók tökéletes verseny

¹⁷² Irányadó érték a CAISO meghatározása szerint (London Economics, 2007)

esetén nulla értéket vesznek fel, hiszen ebben az esetben az ár meg kell, hogy egyezzen a határköltséggel (London Economics, 2007, 78-79. o.).

A 21.2. táblázat az ár-költség rések eltérő értékeit mutatja a vizsgálatba vont tagállamok piacaira vonatkozóan. A vizsgált időszak átlagát tekintve, a legalacsonyabb különbséget Nagy-Britanniában és Hollandiában tapasztalható, míg a legmagasabb értékekkel Németország és Spanyolország rendelkezik¹⁷³. Ezek az eredmények alátámasztják a koncentrációs mutatók alapján megfogalmazott megállapításokat.

20.2. táblázat: Ár – költség rések*

Vizsgált időszak	2003-05	2003	2004	2005 ^a	2005 ^b
Németország	27%	59%	22%	72%	15%
Spanyolország	21%	26%	5%	66%	28%
Hollandia	6%	33%	-2%	13%	-5%
Nagy-Britannia	11%	-	4%	42%	13%

*Megjegyzés: A GED SMC & tőzsdei árak súlyozott átlagaira alapozva

a : CO₂ költségek nélkül

b: CO₂ költségek figyelembe vételével

Forrás: London Economics (2007, 18. o.)

Ugyanakkor érdemes megfigyelni, milyen hatást gyakorol a kereskedhető kvótarendszer bevezetése a 2005-ös árrekekre. Amennyiben ugyanis a CO₂ kibocsátás költségeit is figyelembe vesszük, az egyébként magas árrekek csökkennek. Hollandiában az árrekek akkor sem jelentősek, ha a CO₂ költségeket teljes egészében beépítik az árakba. A CO₂ kibocsátás költségei az országok rangsorát is átrendezte, ha ugyanis a CO₂ kibocsátás költségeit nem vesszük figyelembe Németország rendelkezik a legmagasabb árreccel, míg a CO₂ kibocsátás költségeit is figyelembe véve, Spanyolország estében beszélhetünk a legmagasabb árrekekről.

20.3. táblázat: Az árrekek és a piaci struktúra kapcsolata néhány nagyvállalat esetében

Vállalat-Ország	Koefficiens	Std. Hiba	t -próba	R ²
0577-S-ES	-1,242	0,010	-120,0	35,6%
0875-S-ES	-1,385	0,012	-118,5	35,1%
0453-S-GB	-0,90	0,015	-58,8	20,8%
1340-S-GB	-0,87	0,015	-58,4	20,6%
1477-S-GB	-0,87	0,015	-56,4	19,5%
0436-S-DE	-2,36	0,034	-69,1	15,4%
0569-S-DE	-2,00	0,030	-66,7	14,5%
1338-S-DE	-2,43	0,042	-57,5	11,2%
1681-S-DE	-1,92	0,029	-67,0	14,6%
0511-S-NL	-1,22	0,021	-57,2	11,1%
0712-S-NL	-1,22	0,021	-57,2	11,1%

Forrás: London Economics (2007, 30. o.)

A szerzők a piaci struktúra és a teljesítmény közötti kapcsolatot is tesztelték, a 21.3. táblázat szemlélteti az eredményeket. Az RSI 1 közeli értéket vesz fel, ha a szolgáltató nélkülözhetetlen. Így a -1 koefficiens azt jelenti, hogy az RSI 1%-os változása az árres 1%-

¹⁷³ Hollandia esetében a negatív árrekek nagy valószínűséggel annak köszönhetők, hogy a CHP és más hőtermelő egységek a valóságban többet termeltek, mint amit a termelők által rendelkezésre bocsátott adatok mutatnak. Hasonló módon, 2005-ben Nagy-Britanniában az árrekeket túlbecsülték, mely annak volt köszönhető, hogy a magas gázárak miatt a termelők inkább értékesítették a gázt, ahelyett, hogy villamos energiát termeltek volna. Az ilyen értékesítések alternatív költségeit nem építették be a modellbe (London Economics, 2007, 59. o.).

os változásához vezethet. A várt előjel negatív, mivel a nagyobb kapacitás kevésbé koncentrált piacot feltételez, így az RSI növekedésével az árak csökkenésére lehet számítani. A t-értékek a regressziós koefficiensre statisztikai tesztelésre szolgálnak. A t-próba eredményei statisztikailag szignifikánsak minden RSI koefficiensre, vállalatra és országra egyaránt. Az R^2 értékek 11% és 35% között mozognak, ami megfelelő illeszkedést mutat ezen típusú regresszió esetén. Az RSI értékek így az árak alakulásának magyarázó tényezőjének tekinthetők. A szerzők továbbá a részletesebb, többféle magyarázó tényezőt magában foglaló elemzéseket is elvégezték, melyek talán egyik legfontosabb megállapítása, hogy a vizsgálat alá vont nagykereskedelmi piacokon az árak bizonyos termelő vállalatok nélkülözhetetlensége miatt emelkedtek (London Economics, 2007, 30-34. o.).

London Economics (2007): Structure and Performance of Six European Wholesale Electricity Markets in 2003, 2004 and 2005, <http://www.londoneconomics.org>; Letöltés ideje: 2009.10.29.

21. Melléklet: A domináns piaci részesedéssel bíró villamosenergia-vállalatok adatai

21/a. melléklet: Horizontális integráció

Vállalat	Értékesítési árbevétel (Mrd€)	Villamos árbevétel (%)	Gáz, egyéb energia árbevétel (%)	Egyéb árbevétel (%)	Ingatlan árbevétel (%)	Kommunikációs árbevétel (%)	Horizontális integráció
CEZ_2001	56597CZK	0,942	0,060	0,00			0,11
CEZ_2008	183958	0,910	0,067	0,02			0,17
DONG_2001	12,7	0,000	0,990	0,00			0,02
DONG_2008	60,7DKK	0,320	0,480	0,20			0,63
EDF-2001	40,7	0,990	0,010				0,02
EDF-2008	64,3	0,830	0,120	0,05			0,29
EDP_2001	5,5	0,927	0,017	0,0627			0,14
EDP_2008	13,9	0,970	0,129				0,04
ENEL_2001	29,8	0,750	0,143	0,11			0,41
ENEL_2008	61,2	0,874	0,054	0,07			0,23
EON-2001	79,6	0,231	0,338	0,22	0,21	0,007	0,74
EON-2008	86,7	0,542	0,408	0,05			0,54
EVN_2001	1,1	0,500	0,370	0,03	0,02	0,080	0,61
EVN_2008	2,4	0,523	0,360	0,04	0,07692		0,59
Fortum_2001	10,4						0,27*
Fortum_2008	5,6	0,75	0,17	0,08			0,40
Iberdrola_2004	10,27	0,857	0,006	0,04	0,04	0,002	0,26
Iberdrola_2008	25,2	0,780	0,121	0,03	0,05	0,009	0,37
PPC_2001	3,09	0,987	0,013				0,03
PPC_2008	5,83	0,931	0,069				0,13
RWE_2001	50,4	0,379	0,073	0,55			0,55
RWE_2008	48,9	0,314	0,138	0,55			0,58
Statkraft_2004	10,3						0,19*
Statkraft_2008	25,06	0,978	0,153	0,01			0,02
Vattenfall_2001	69003sek	0,890	0,070	0,04			0,20
Vattenfall_2008	15	0,884	0,047	0,07			0,21
Verbund_2001	1,68	0,966	0,034				0,07
Verbund_2008	3,74	0,989	0,011				0,02

Megjegyzés: * jelölt cellák Finon – Midttun (2004, 275. o.) alapján

Forrás: saját szerkesztés a vállalatok 2001-re és 2008-ra vonatkozó éves beszámolóik alapján

21/b. melléklet: Vertikális integráció

Vállalat	Termelt VE (TWh)	Értékesített VE (TWh)	Beszerzett VE (TWh)	Vertikális integráció
CEZ_2001	52,162	0,386	3,972	0,01
CEZ_2008	67,595	41,230	12,716	0,61
DONG_2001				1,50*
DONG_2008	18,536	10,482		0,57
EDF-2001	476,80	507,3		1,06
EDF-2008	609,9	606,6		0,99
EDP_2001	28,282	35,505		1,26
EDP_2008	48,907	20,145		0,41
ENEL_2001	169,1	270,4	140,3	1,60
ENEL_2008	253,2	158,8	20,9	0,63
EON-2001	141,8	318	168,3	2,24
EON-2008	317,6	394,1	317,9	1,24
EVN_2001	3,7949	6,284	5,1738	1,66
EVN_2008	3,477	19,541		5,62
Fortum_2001				0,60*
Fortum_2008	64,2	36,6	13,8	0,57
Iberdrola_2004	82,81	114,7		1,39
Iberdrola_2008	141,3	181,8		1,29
PPC_2001	48,054	44500		0,93
PPC_2008	52,4	56,9	3,4	1,09
RWE_2001	156,5	209,4	77,8	1,34
RWE_2008	224,1	159,4	110,1	0,71
Statkraft_2004	34,3	15		0,44
Statkraft_2008	53,4	11,4		0,21
Vattenfall_2001	169,3	123	34,8	0,73
Vattenfall_2008	163,1	189,3	54	1,16
Verbund_2001	25,43	3,3	29,97	0,13
Verbund_2008	28,08	8,9	63,8	0,32

Megjegyzés:* jelölt cellák Finon – Midttun (2004, 275. o.) alapján

Forrás: saját szerkesztés a vállalatok 2001-re és 2008-ra vonatkozó éves beszámolóik alapján

21/c. melléklet: Megújuló részaránya a kapacitásbővülésben

Vállalat	Kapacitás (MW)	Fosszilis (%)	Atom (%)	Megújuló (%)	Megújuló/kapacitásbővülés (%)
CEZ_2001	10146	0,69	0,280	0,03	
CEZ_2008	14288	0,4868	0,489	0,02	0,011
DONG_2001					
DONG_2008	5620	0,86	0,000	0,14	0,140
EDF-2001	118,725	0,240	0,640	0,16	
EDF-2008	127,1	0,29	0,520	0,19	0,615
EDP_2001	7565	0,46	0,000	0,54	
EDP_2008	18589	0,410	0,010	0,58	0,605
ENEL_2001	50448	0,759	0,000	0,24	
ENEL_2008	83300	0,5424	0,035	0,42	0,702
EON-2001	33638	0,448	0,450	0,10	
EON-2008	74366	0,66	0,240	0,10	0,098
EVN_2001		0,30	0,000	0,70	
EVN_2008	1829	0,80	0,000	0,20	n.a.
Fortum_2001	10223	0,59	0,207	0,20	
Fortum_2008	13573	0,39	0,228	0,38	0,929
Iberdrola_2004	25237	0,38	0,132	0,49	
Iberdrola_2008	43311	0,48	0,077	0,44	-0,165
PPC_2001	11158	0,72	0,000	0,28	
PPC_2008	12842	0,71	0,000	0,29	0,372
RWE_2001	27713	0,78	0,185	0,04	
RWE_2008	44533	0,70	0,220	0,08	0,146
Statkraft_2004	10698	0,01	0,000	0,99	
Statkraft_2008	15478	0,07	0,000	0,93	0,796
Vattenfall_2001	27713	0,31	0,410	0,28	
Vattenfall_2008	34572	0,46	0,283	0,26	0,162
Verbund_2001	6069	0,12	0,000	0,88	
Verbund_2008	8086	0,12	0,000	0,88	0,892

Forrás: saját szerkesztés a vállalatok 2001-re és 2008-ra vonatkozó éves beszámolóik alapján

Vállalati beszámolók forrása:

www.cez.cz

www.dongenergy.com

www.enel.it

www.edf.com

www.edp.pt

www.eon.com

www.evn.at

www.gdfsuez.com

www.dei.gr

www.iberdrola.com

www.rwe.com

www.verbund.com

www.vattenfall.com

www.fortum.com

www.statkraft.com

*-gal jelölt adatok forrása:

Finon, D. – Midttun, A. (2004): Reshaping European Gas and Electricity Industries, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Ltd., Oxford.