

**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
KÖZGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR**

GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI ISKOLA

Deutsch Nikolett

**A TECHNOLÓGIAI RENDSZEREK
INNOVÁCIÓJA**

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

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Témavezető: Dr. Kiss Tibor
Egyetemi docens

Pécs, 2011

TARTALOMJEGYZÉK

A TÉMAVÁLASZTÁS HÁTTERE ÉS A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI	3
A DISSZERTÁCIÓ FELÉPÍTÉSE	10
A KUTATÁS MÓDSZERTANA	14
A KUTATÁS LEGFONTOSABB EREDMÉNYEI, A HIPOTÉZISEK VERIFIKÁLÁSA	14
AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK, FOLYTATOTT KUTATÁSOK	25
A TÉZISEKBEN HIVATKOZOTT IRODALMAK	27

A TÉMAVÁLASZTÁS HÁTTERE ÉS A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

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 általa. 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.

Ugyanakkor, a villamosenergia-ellátás és fogyasztás uralkodó rendszere számos kedvezőtlen környezeti, gazdasági és társadalmi hatással, jellemzővel bír, melyek az alábbiak szerint összesíthetők:

- A globális **villamosenergia-rendszer óriási mértékben függ - az egyes előrejelzések** (pl. OECD – IEA, 2003) **szert továbbra is függni fog - a különböző fosszilis energiahordozók rendelkezésre állásától.**
- A fosszilis energiahordozó készletek *földrajzi eloszlása egyenlőtlen, korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, ráadásul nem tudjuk pontosan meghatározni, mennyi ideig elegendők a meglévő készletek a kereslet fedezésére.*
- A kőolaj-, a szén-, és a földgáz-termelői és fogyasztói övezetek egybeesésének marginális volta jelentős kockázatokat hordoz, a kitermelt energiahordozók készletezése és tárolása, mind a földgáz, mind a kőolaj esetében költséges és korlátozott lehetőséget képvisel, vezetékes szállításuk érzékeny, sérülékeny.
- A fosszilis energiahordozókkal nem, vagy korlátozottan rendelkező országok, térségek kialakult, és várhatóan növekvő importfüggősége fontos *geopolitikai problémákat* vet fel, érzékennyé és kiszolgáltatottá teszi energiarendszerüket más, fosszilis energiahordozókkal bíró országok, térségek, szervezetek árszabási és általános stratégiáival szemben. Mindezen jellemzők az **energiabiztonság** témakörére hívják fel a figyelmet.
- 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, azaz nagymértékben járulnak a **globális felmelegedéshez, klímaváltozáshoz**¹ (IPCC, 2001),
- A világ lakosságának megközelítőleg egyharmada nem kapcsolódik a villamos hálózathoz (EREC, 2007, 17. o.), az iparilag fejlett országok, melyek a Föld lakosságának kevesebb, mint egynegyedét teszik ki, az összes villamos energia háromnegyedét fogyasztják el, azaz a világ eltérő gazdasági fejlettségű régiói között **a fajlagos villamosenergia-felhasználás tekintetében óriási szakadék tátong.**

¹ A problémát elsősorban nem a klímaváltozás jelensége, hanem az emberi tevékenység miatti gyorsulása jelenti.

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 háttérében 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 Jövönk” c. kiadványában úgy határozta meg a fenntarthatóságot, mint „egy 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 megemlíteni, hogy a fenntartható fejlődés általánosan elfogadott definíciója ezidáig nem került kidolgozásra. 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 tűrőképéségen belüli tartásával, a természeti környezet visszafordíthatatlan károsításának elkerülésével, miközben segíti inter- és intragenerációs egyenlőtlenség, a szegénység és kirekesztettség elleni küzdelmet.

A központosított villamosenergia-rendszerrel összefüggésbe hozható, fent bemutatott problémák rávilágítottak arra, hogy a ***fenntartható fejlődés eléréséhez elkerülhetetlen a rendszer változtatása, a kérdés csak az, 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 veszik².

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 összetételében, struktúrájában**. A **megtartó innovációk** esetében tehát 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 architektúrális 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* (Berhouth, 2002). A rendszerinnovációs irodalmak tehát túllépnek a 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

² Hangsúlyozzák továbbá, hogy a technológiai változás a fő hajtóereje a globális energiarendszerek dekarbonizációjának.

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 csővégi és megtartó innovációk mellett olyan rendszerszintű változásokra van szükség, melyek a 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 rendszer, amelynek előbb említett elemei együttesen képesek egy speciális feladat, a villamosenergia-ellátás biztosítására. ***Annak érdekében tehát, hogy megértsük, hogyan mehet végbe a technológiai rendszer szakító innovációja, milyen szerepet tölthetnek be az egyes rendszerelemek a rendszerváltozás 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 korábbi innovációs elméleti irányzatnál tetten érhető. Az innovációs elméletek egyik közös vonása, hogy hangsúlyozzák, hogy 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 a technológiai rendszerek változásának természetét, a rendszer változással szembeni ellenállásának jelenségét, illetve a jelenség kialakulásának hátterében 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 kezdeti időszakában 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, értékesítették³. 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 technológiái* 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 *megújuló energiatechnológiák* alkalmazásának növelési szándéka, - mint a dekarbonizáció másik lehetséges módja, - nagyobb figyelmet kap az energiapolitikai célkitűzésekben, elméleti és gyakorlati kutatásokban⁴. Ám a globális energiarendszer jelenlegi fejlődési trendjei is azt mutatják, hogy mind az energiahatékonyság fokozása, mind a megújuló terjedése túl lassú ütemben halad ahhoz, hogy a fenntarthatóság irányába való elmozdulást ösztönözzék. 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

³ Edison például az izzók száma alapján határozta meg a szolgáltatási díjat.

⁴ Az EU például célul tűzte ki, hogy 2010-re az energiafogyasztás 12%-át, a villamosenergia-termelés 22,1%-át kell megújuló energiahordozókból kell fedezni. A 2006/32/EC energiahatékonyságra és energiafogyasztásra vonatkozó direktívája, valamint a 2005-ben elkészített Energiahatékonysági Zöld Könyve kiemelten foglalkozik az energiahatékonyság fejlesztésével. A 2020-ra vonatkozó ún. „20-20-20” ambiciózus törekvésének sarkalatos pontjait az energiahatékonyság 20%-os fokozása, a megújuló teljes energiafogyasztáshoz való hozzájárulásának 20%-ra való emelése, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának 20%-kal való csökkentése képezik.

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, miközben önállóan, vagy az elosztó hálózatra kapcsolva is működtethetők.

A villamosenergia-rendszer fenntartható pályára állításának kérdésével foglalkozó innovációs, 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 tekintik a szakító stratégia fontos elemének.

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 Unió 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. Másodsor, 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 színvonalelemzésére,* mely ezen elméleti megállapításokat, gyakorlati kezdeményezéseket alátámaszthatná. Harmadsor, *habár a rendszerinnovációs megközelítést alapul vevő, fent említett irodalmi források fenntartható rendszerinnovációs lehetőségként tekintenek az elosztott termelési egységekre, nem kellő részletettséggel vizsgálják a különböző villamosenergia-termelési technológiák gazdasági, társadalmi és környezeti értelemben vett fenntarthatósági hatásait, és nem elemzik az elosztott termelési egységek rendszerváltoztatási képességét.* A fenti kérdések nyitottsága azonban *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, és ebből következően nincs egyhangúan elfogadott elemzési keretrendszer a megújuló és elosztott termelési technológiák fenntarthatóságához való hozzájárulásának, rendszerváltoztatási képességének igazolására, vagy elvetésére, 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. *Kutatásom célja egyrészt, hogy feltárjam a technológiai rendszerek innovációjának jellemzőit, és ennek segítségével megfelelő keretbe foglaljam a szakító innovációk rendszerinnovációs potenciáljának elemzését, másrészt felfedjem az elosztott villamosenergia-termelési egységek alkalmazásában rejlő lehetőségeket, valamint a központosított villamosenergia-rendszer jellemzőire gyakorolt hatásait.* Dolgozatomban az alábbi négy fő hipotézis vizsgálatára vállalkozom:

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 egy egységes váz húzódik meg.* A dolgozatban a különböző konfigurációk azonos elmeinek 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 architekturális módosulásai.*

A DISSZERTÁCIÓ FELÉPÍTÉSE

Az értekezés alapvetően három fő részre tagolható. A **dolgozat első részében** szakirodalmi kutatást végzek a technológiai rendszerek innovációjának témakörében. Ennek során kiemelt figyelmet szentelek a technológiai rendszer fogalmának lehatárolására, valamint a fenntartható fejlődés és a rendszerinnovációk kapcsolatának bemutatására.

A technológiai rendszer dolgozatban alkalmazni kívánt fogalmát a „technológia” kifejezés eltérő értelmezéseiből levezetett technológia definícióira, valamint a technológiai rendszerek Ellul (1980), Hughes (1987) és a különböző szintű innovációs rendszerekkel foglalkozó irodalmak (Malerba, 1999; Carlsson- Stankiewicz, 1991) definícióira alapozom. 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.

Ezt követően elsősorban Jabareen (2008) munkájára építve szemléltetem a fenntartható fejlődés ismert definíciói és koncepció közötti eltérések fő forrásait. 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. Rámutatok ugyanakkor arra is, hogy a fenntarthatóság elérésének módjait vizsgáló hazai és nemzetközi szakirodalmak elemzésének középpontjában álló fő aspektusok megfeleltethetők a technológiai rendszer egyes elemeinek, és megkülönböztetem egymástól a technológia, a vállalatok, a fogyasztók, valamint az állam szerepvállalását előtérbe állító kutatásokat.

A fenntartható fejlődés és az innováció kapcsolatrendszerének bemutatását az innováció fogalmának, típusainak vizsgálatával indítom. Huber (1995) modelljére alapozva rávilágítok arra, hogy a fenntartható fejlődés eltérő koncepciói mind fontos szerepet tulajdonítanak az innovációnak, bár más-más típusok fontosságát hangsúlyozzák. A környezeti és fenntartható innovációk definiálása után a különböző szintű és mértékű újítást hordozó technológiai innovációk szerepvállalására térek ki. 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 nem csupán a jelenlegi struktúra és kapcsolatrendszer együttes gazdasági, társadalmi és környezeti hatékonyságának fokozását, hanem annak új alapokra történő helyezését teszik lehetővé. Ezt a megközelítést képviseli az ún. rendszerinnovációs elmélet (Berkhout, 2002; Geels, 2004; Elzen et al, 2004; Tukker – Tischner, 2006; Könnöla, 2007; Kemp, 2008) is, 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. 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 ökohatékonyágának fokozásán túl a rendszer nem technológiai jellemzőiben változását előidézni, illetve, hogy hogyan azonosítható ezen technológiai újítások rendszerinnovációs potenciálja. Következésképpen, a dolgozat következő fejezetében a technológiai rendszerek innovációjának eltérő szakirodalmi megközelítéseivel, és arra építve a rendszerinnovációk lehetséges vizsgálati modelljének meghatározásával foglalkozom.

Az evolúciós közgazdaságtan (Nelson-Winter, 1982), a hosszú hullámok (Freeman – Perez,), az innovációs rendszerek (nemzeti, ágazati, technológiai innovációs rendszerek), a nagy technológiai rendszerek (Hughes, 1987), a társadalmi konstruktivizmus (Pinch-Bijker, ; Bijker, 1995), a techno-gazdasági hálózatok (Callon et al, 1992), a kvázi evolúciós (Kemp et al, 1998, Geels, 2004; Elzen et al, 2004;) elméletek tanulmányozása révén arra keresem a választ, *hogyan is vélekednek ezek az elméleti irányzatok a technológiai rendszerek változásának folyamatáról és természetéről*. Ennek keretein belül mutatom be, hogy milyen kifejezéseket alkalmaznak az egyes elméletek a technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállását előidéző komplexum leírására. *Az egyes irányzatok vizsgálata során feltárt közös vonásokra alapozva a komplexum elnevezésére bevezetem a technológiai rezsim fogalmát*.

Ezt követően Arthur (1994), Unruh (2000), Foxon (2003), Geels (2004), van den Bergh - Kemp (2006) munkái alapján összegzem milyen tényezők, hatások vezethetnek el a technológiai és intézményi bezáródáshoz, azaz a technológiai rezsim kialakulásához. Rávilágítok arra is, hogyan vélekednek a techno-intézményi bezáródás felszámolásának nehézségeit hangsúlyozó legújabb evolúciós és kvázi evolúciós alapokra épülő elméletek (Háromrétegű elmélet (Butter, 2002); Integrált állam beavatkozás modellje (Ashford, 1999, 2002), stratégiai résmenedzsment és átmenet menedzsment elmélet (Kemp et al, 1998; Kemp - Loorbach, 2003, Elzen et al, 2004; Geels, 2005); valamint a fejlődési ablakok elmélete (Sartorius – Zundel, 2005; Nill – Kemp, 2009) az állami szerepvállalás technológiai rendszerek fenntartható pályára állításában betöltött szerepéről.

Végül, a technológiai rendszerek szakirodalomban alkalmazott, a rendszerszereplők, a rendszerfunkciók, illetve a rendszerdimenziók elsősorban leíró elemzést támogató elemzési modelljei, valamint a különböző innovációs elméletek vizsgálati eredményeire építve javaslatot teszek a szakító innováció rendszerinnovációs potenciáljának felmérését, - azaz az

uralkodó rezsimek és a szakító innováció kölcsönkapcsolatának analízisét - segítő keretrendszerre. A rendszerinnovációs potenciál elemzésének dolgozatban alkalmazott dimenzionális keretrendszerét (lásd 1. táblázat) a technológiai rezsimek összehasonlítását segítő Hadjilambrinos-féle modellből (1998) vezetem le.

1. táblázat: Az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsimek kapcsolatának vizsgálati modellje

Dimenzió	Uralkodó rezsimek jellemzői	Vizsgálati lehetőségek
Fizikai dimenzió	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	Minőségi, mennyiségi
	Munkaerő-intenzitás	Mennyiségi
	Munkaerő képzettségének megkívánt szintje, típusa	Minőségi
	Tőkeigény	Mennyiségi
Piaci dimenzió	Tőkeintenzitás	Mennyiségi
	Piaci struktúra, szereplői csoportok	Minőségi, mennyiségi
Szervezeti dimenzió	Piaci koncentráció	Mennyiségi, minőségi
	Stratégia, fő menedzsment területek	Minőségi
	Szervezeti mérete és struktúra	Minőségi
Jogi dimenzió	Tulajdonosi viszonyok	Minőségi
	Szabályok, előírások, törvények	Minőségi
Politikai dimenzió	Ideológiai alapok	Minőségi
	A rezsimek informális intézményei	Minőségi
	Döntéshozatali folyamat és irányítás	Minőségi, Mennyiségi
	Előnyök és hátrányok megosztása	Minőségi

Forrás: saját szerkesztés

A dolgozat **második nagyobb egységében** a központosított villamosenergia-rezsimek fenntartható pályára állításának kérdéskörét tanulmányozom. A villamosenergia-ellátás történeti fejlődésének, a villamosenergia-rezsimek technológiai rendszerként való értelmezésének, valamint a villamosenergia-rezsimek és a fenntartható fejlődés kapcsolatának ismertetését követően, a rendszer pályafüggőségével, és ezen pályára elhagyásának technológiai lehetőségeivel foglalkozom. A „csövégi”, megtartó és szakító innovációs megoldások közül a továbbiakban a szakirodalmi forrásokban a fenntartható szakító technológiai innovációk közé sorolt elosztott termelési egységekkel foglalkozom. Egyrészt a domináns-termék elméletek javaslatára építve a különböző villamosenergia-termelési technológiák csoportosítása révén azt kívánom feltárni, hogy az új technológiai megoldásoknak tekintett elosztott villamosenergia-termelési technológiák nemcsak elhelyezkedésük és méretük, hanem gazdasági, műszaki, környezeti és társadalmi hatásaik alapján is elkülönülnek-e az uralkodó villamosenergia-rezsimek domináns technológiáinak tekintett központosított fosszilis és nukleáris erőművektől. A villamosenergia-termelési technológiák homogén csoportokba sorolását, klaszteranalízisét az SPSS 18.0 statisztika elemző program segítségével készítem el. Ezt követően arra keresem a választ, hogy az uralkodó rezsimek fő technológiai megoldásaival szemben képesek-e az elosztott termelési egységek az új funkció, azaz a fenntartható fejlődés

elveinek érvényesítésére. A fenntarthatósági-színvonelemzés elkészítése érdekében, a fenntartható villamosenergia-rendszer általam meghatározott fogalmára, valamint Tzeng et al (1992), Afgan et al (1998, 2007), Madlener – Stagl (2005), PSI (2006), Begič - Afgan (2007), Burton - Hubacek (2007), NEEDS (2008), Evans et al (2009), valamint Deutsch (2009) által, a villamosenergia-termelési technológiák relatív fenntarthatósági értékelésére kidolgozott indikátor-rendszereire alapozva kidolgozom a dolgozatban alkalmazni kívánt relatív fenntarthatósági mutatószám-rendszeremet. Az egyes villamosenergia-termelési technológiák társadalmi, gazdasági, környezeti és műszaki értelemben vett fenntarthatósági színvonalát egy Excel-alapú többszempontú döntési modell segítségével vizsgálom.

A **dolgozat harmadik fő szerkezeti egységében** az elosztott termelési egységek és a központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatát veszem górcső alá, az elemzés fókuszát az Európai Unióra szűkítve.). Vizsgálatom során alapvetően arra keresem a választ, hogy az elosztott villamosenergia-termelési egységek képesek-e az uralkodó rezsim egyes dimenzióiban további innovációkat előidézni, illetve az ott megjelenő innovációkkal összekapcsolódnak. Ennek érdekében az elméleti fejezetben bemutatott, módosított dimenzionális elemzési keretrendszerrel hívom segítségül, mely révén az elosztott termelési egységeknek a központosított villamosenergia-rendszer fizikai, szervezeti, piaci, jogi és politikai dimenzióra gyakorolt hatásainak, valamint a központosított villamosenergia-rendszer elosztott termelési egységekkel szemben támasztott akadályainak feltárására tesztek kísérletet. 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 egységek és a központosított rendszer szállítási-elosztási alrendszerének, valamint az elosztott egységek tárolási technológiák iránti igényének vizsgálata segítheti megérteni, milyen infrastrukturális hatásai, igényei és akadályai lehetnek a kisteljesítményű termelési technológiák terjedésének. Az elosztott termelési egységeknek a központosított villamosenergia-rezsim piaci struktúrájára, szereplőinek összetételére, és kapcsolatrendszerére gyakorolt hatásait a **szerkezeti 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, nekik tulajdonítható hátrányok megoszlását tanulmányozhassuk (**politikai dimenzió**).

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

A KUTATÁS MÓDSZERTANA

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 klaszteranalízisét az SPSS 18.0 statisztikai elemző program segítségével, a villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági színvonalelemzését pedig többszemponútú döntési modell alkalmazásával, végeztem el. Mind a klaszteranalízis, mind a fenntarthatósági színvonalelemzés adattábláját a különböző villamosenergia-termelési technológiák releváns szakirodalomban fellelhető adatai alapján állítottam össze. Fontos megjegyezni, hogy az egyes technológiai kategóriák adott szempont szerinti jellemző értéktartományán belüli eloszlásról nem áll rendelkezésünkre információ, sőt, sok esetben a szakirodalom is csak átlagos értékeket tüntet fel. Következésképp, a vizsgálatokat az átlagos jellemzők figyelembe vételével készítettem el (A vizsgálatok adattábláját a dolgozat 6/a,b,c,d. melléklete tartalmazza).

A KUTATÁS LEGFONTOSABB EREDMÉNYEI, A HIPOTÉZISEK VERIFIKÁLÁSA

Értekezésemben 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.

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 egy egységes váz húzódik meg.

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 sorolhatók, és a technológiai rendszerek változásának eltérő szakaszait veszik részletesebb vizsgálat alá, a rendszerváltozást előidéző szakító innovációk kérdésével kapcsolatosan mindannyian hangot adnak véleményüknek. Az egyes elméleti irányzatok rendszerinnovációval kapcsolatos megállapításait a 2. táblázat szerint összesítettem.

2. táblázat: Szakító innovációk és a technológiai rendszerek kapcsolata

Irányzat	Rendszer- elemek	Stabilitás koncepciója, rendszer-fejlődés	Szakító innovációkkal szembeni ellenállás	Elemzés szintje, rendszerváltozás 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 rezsim, 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 elmélet, Techno-gazdasági hálózat elmélet	Heterogén elemek (techno-gazdasági hálózatok)	Fokozatos innovációk, elemek között kialakuló kölcsön-kapcsolat a technológia megjelenésétől a hálózat folyamatos fejlődésével, Szakító innovációk helyettesítés révén, tovagyűrűző 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 konstruktív izmus	Heterogén elemek (társadalmi-technológiai egységek)	Fokozatos innovációk: optimalizáció, adaptáció révén elemek között kialakuló szoros kapcsolat, záródás elve Szakító innovációk: teljes /részleges kirekesztettség	Technológiai keret (elképzhető 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 rezsim, társadalmi-technológiai rezsim (intézmények, heurisztikák, interakciók, szerepe)	Mikro, mezo, makro szint, és kapcsolataik, Szakító innovációk megjelenése, Új rendszerre való átállás

Forrás: saját szerkesztés

Ahogy az a táblázat is mutatja, az egyes elméletek azonosítják a technológiai rendszerek szakító innovációkkal szembeni ellenállást, mely ellenállás megnevezésére a technológiai paradigma, technológiai rezsim, techno-gazdasági paradigma, technológiai keret, belső lendület, illetve társadalmi-technológiai rezsim 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, dinamikusan 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. Ahhoz tehát, hogy egy, a rendszerváltozást előidéző szakító innováció teret nyerhessen, a technológiai rendszerek fejlődése során megjelenő és megerősödő, az egyes szereplők magatartását és választását is irányító konfigurációval kell, hogy versenybe szálljon. A jelenség elnevezésére a *technológiai rezsím kifejezést alkalmazom, mely nem más, mint a mérnöki gyakorlatok, a fogyasztói igények és gyakorlatok, 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 az egyes elméleti irányzatok alapján tehát olyan technológiai rezsimekbe ágyazódnak be, melyek speciális társadalmi feladatokat látnak el, társadalmi szolgáltatásokat biztosítanak, miközben arra tesznek kísérletet, hogy saját érdekeiket is kielégítsék, céljaikat megvalósítsák. Mindezen felismerések alapján **első hipotézisemet elfogadom.** A technológiai rezsím kialakulását és megerősödését tápláló források vizsgálatával, valamint felszámolási nehézségükkel foglalkozó szakirodalmi források elemzése azt is világossá tette, hogy a technológiai rezsimek a technológiai, társadalmi, intézményi, és pénzügyi forrásokból táplálkozó útfüggőség és techno-intézményi bezáródás eredményeként születnek meg, mely tényezők együttesen gátolják a szakító innovációk diffúzióját. Mindezt figyelembe véve első hipotézisem mentén az alábbi két megállapítás tehető:

1/a. tézis: 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.

1/b. tézis: 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.

A villamosenergia-termelés és ellátás uralkodó rendszere több szempontból is kapcsolódik a fenntartható fejlődés gazdasági, társadalmi és környezeti dimenzióihoz. Az áram nélkülözhetetlen a gazdasági és társadalmi szereplők mindennapjaihoz, 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 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, dolgozatom második, harmadik és negyedik hipotézise az elosztott termelési egységek jellemzőinek és alkalmazásukban rejlő lehetőségeknek a feltárásával kapcsolatosak.

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.

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 alpra építve, az egyes villamosenergia-termelési technológiákat gazdasági, műszaki, társadalmi és környezeti jellemzőik alapján, az SPSS 18.0. statisztikai elemzőprogram segítségével próbáltam homogén csoportokba sorolni. A technológiák csoportosítását hierarchikus és K-közepű klaszteranalízis segítségével is elkészítettem. Ahogyan azt a dolgozat 3.5.3. fejezetében részletesen bemutatott vizsgálatok eredményei mutatják, az ún. „Legtávolabbi szomszéd” eljárás alapján készített analízis a különböző termelési technológiákat két csoportra bontotta. Az első klaszterbe a megújuló és elosztott egységek, a második klaszterbe a központosított fosszilis és nukleáris technológiák sorolódtak. A vizsgálat finomítása érdekében a hierarchikus klaszteranalízist a „Within-Groups” eljárás segítségével is elkészítettem, melynek eredményeként bár négy technológiai klaszter született, a fosszilis (szén-, kőolaj-, és földgáz-égetéses rendszerek) és nukleáris erőművek önálló csoportot alkottak. Kíváncsi voltam továbbá arra is, mit mutat a technológiák K-közepű klaszteranalízise, melynél a döntéshozó határozhatja meg a képezendő csoportok számát. Az így elkészült elemzés esetében is az előző eljárásokkal azonos eredményt kaptam, azaz a fosszilis és nukleáris termelési technológiák az elosztott egységektől jól elkülöníthető csoportba kerültek. A statisztikai elemzéseim alapján **elfogadom második hipotézisemet**, mely az alábbi megállapításhoz vezet:

2. tézis: 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.

H3. A villamosenergia-termelési technológiák egymáshoz viszonyított – relatív – fenntarthatósági sorrendjében az elosztott termelési technológiák megelőzik a központosított fosszilis és nukleáris termelési technológiákat.

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 többszemponútú 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-rendszerem (ld. 3.5.2. fejezet) adta, az egyes indikátorok súlyait pedig szakértői megkérdezés alapján, a Guilford-féle páros összehasonlítás módszerére építve határoztam meg.

A többszemponútú döntési modell alapján (3.5.4. fejezet), a fenntartható fejlődés definíciójának megfelelő esetben, azaz **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 vezetnek, 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 különböző biomassza égetéses rendszerek. A legkevésbé elfogadható technológiák közé sorolódtak 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 nélkülözhetetlenné 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 „elhanyagolhatóknak tekintett” környezeti hatásokkal is járhatnak. ***Ennek megfelelően harmadik hipotézisem az alkalmazott mutatószám-rendszer és indikátor-súlyok esetén, valamint a „jelenlegi ismereteink” közbeiktatásával fogadható el.*** Ez alapján a dolgozat negyedik megállapítása a következőképpen írható le:

3. tézis: *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.*

H4. *Az elosztott villamosenergia-termelési technológiák rendszerinnovációs potenciállal rendelkeznek, azaz felismerhetők, azonosíthatók az általuk előidézett és hozzájuk közvetlenül kapcsolódó uralkodó technológiai rendszer architekturális módosulásai.*

Negyedik és egyben utolsó hipotézisem vizsgálatát, - az elméleti rész eredményeinek felhasználásával-, az elosztott termelési egységek és az uralkodó központosított villamosenergia-rezsim kapcsolatrendszerének rezsimdimenziók mentén folytatott leíró elemzése révén tettem meg, a vizsgálat fókuszát az Európai Unióra szűkítve. A 3. 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 uralkodó rezsim **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 termelési 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 technológiák 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 termelési 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.

3. táblázat: Az elosztott termelési egységek rendszerinnovációs potenciálja

Dimenzió	Központosított rezsím 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, sérülékenységek 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, technológiáknak változó alpanyagigény, 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, költségsökkentés igénye
Jogi dimenzió	Monopol piac→ Piaci liberalizáció (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 hígítása
Szervezeti dimenzió	Nagyvállalati dominancia változatlanága Vállalati stratégia szerepének felértékelődése, árverseny 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, önállóság, energiahatékonyság, profitszerzés lehetősége Szereplők együttműködésének lehetősége Egyedi igények és lehetőségek figyelembe vétele, demokratizálódás, függetlenség és önállóság/önirányítás lehetősége

Forrás: saját szerkesztés

Harmadrészt, fontos megemlíteni, hogy a villamosenergia-tárolás megoldatlan volta a villamosenergia-ellátással összefüggésbe hozható egyik legfontosabb műszaki problémának tekinthető, melynek feloldása megkönnyítheti az uralkodó rezsim rendszerirányítási és rendszerszabályozási feladatait, javíthatja az ellátás-biztonsági és ellátás-minőségi jellemzőit. Ugyanakkor, az elosztott (különösen a szakaszos termelési profillal jellemezhető) termelési egységek alkalmazásának, szigetelvé 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. 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.

Ahogy 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 miniergetikai 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 rezsim **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 piacnyitásnak 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) felmérései is tanúskodnak fontos

akadályt jelent az elméletileg lehetséges és a gyakorlatban megjelenő, a megújuló forrásokból származó áram iránti fizetési hajlandósság 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 egységek uralkodó rezsimre 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 (**politikai dimenzió**).

Következésképpen, az elosztott termelési egységek, mint a villamosenergia-termelés új technológiai 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 eredmények alapján elfogadom **negyedik hipotézisemet**, tézisként pedig megfogalmazható:

4. tézis: Az elosztott villamosenergia-termelési egységek az uralkodó központosított villamosenergia-rezsim egymással szoros kapcsolatban álló fizikai, jogi, piaci, szervezeti és politikai alapjaiban és azok összefüggésrendszerében szimultán és szekvenciális, új logikákra, elvekre és eszközökre épülő változásokat idéznek elő.

Ugyanakkor, nem szabad megfeledkeznünk 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(bb) rendszerre jellemző tulajdonságok megjelenését, térnyerését kell segíteniük. Következésképpen, a dolgozatban bemutatott állami szerepvállalás evolúciós és kvázi evolúciós alapokra épülő modelljeivel egyetértve úgy vélem, hogy mielőtt az elosztott egységek akadályainak felszámolásával kapcsolatos intézkedési javaslatokat fogalmazhatnánk meg, mindenképpen szükséges a fenntartható fejlődés, és a fenntartható villamosenergia-rendszer fogalmának és jellemzőinek egyértelműbb meghatározása, tisztázása. 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, 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 irodalmi források 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 színvonelemzése,
- 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, így 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 tanúbizonyságot.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK, FOLYTATOTT KUTATÁSOK

Folyóirat-cikkek, tanulmányok

Deutsch Nikolett (2011): A vertikálisan integrált vállalatok stratégiai lehetőségei az Európai Unió liberalizált villamos energia piacain, *Vezetéstudomány*, Vol. 42, No. 7-8., 69. – 77.o.

Deutsch Nikolett (2010): Az energetikai rendszerek versenyképességét meghatározó tényezők In: Somogyvári, M. (szerk): *Verseny és szabályozás az árampiacon*, GVH kutatási jelentés, p. 30.

Deutsch Nikolett – Rideg András – Torjai László (2009): Háztartási hasznosítású napkollektoros és hőszivattyús beruházás többszemponú értékelése, *Magyar Épületgépészet*, LVIII. évf. 7-8. szám, 6-10. o.

Deutsch Nikolett – Rideg András – Torjai László (2009): Biogáz üzem telepítésének többszemponú értékelése, *Energiagazdálkodás*, 50. évf. 3. szám, 26-29. o.

Deutsch Nikolett (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.

Pintér, Éva- Deutsch, Nikolett (2007): Note on the Relationship between Sustainable Development and Marketing in the Banking Sector, *Marketing&Management*, 6. sz. 85. o.

Deutsch Nikolett (2006): Innovációk a fenntarthatóság szolgálatában, A biomassza mint fenntartható rendszerinnováció, *Vezetéstudomány*, Vol. 37., No. 7-8, 50-56. o.

Konferencia-előadások, konferencia-kiadványban megjelent publikációk

Deutsch Nikolett (2011): Környezeti beszámoló az EU domináns villamos energia vállalatainál, IV. Számvetési Konferencia, Pécs, 2011.10.25-26

Deutsch Nikolett (2011): Villamosenergia-termelési technológiák fenntarthatósági színvonal-elemzése, II. Környezet és Energia Konferencia, Konferencia Kiadvány, 30-36.o., ISBN:978-963-7064-27-2

Deutsch, Nikolett – Pintér, Éva – Pintér, Tibor (2011): The Effects of Liberalisation in Former Regulated Sectors in the European Union – The case of power and financial industries, Symposium on European Peripheries, Pécs, 2010.07.15-16., In Press

Deutsch Nikolett (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 Nikolett – Pintér Éva (2010): A megújuló villamosenergia-termelési technológiák versenyképességének tényezői, Doktori Iskolák Találkozója Félidőben Konferencia, Pécs, 2010.10.08., Konferencia Kötet, 251-262. o. ISSN:1588-5348

Deutsch Nikolett (2010): A megújuló villamosenergia-termelési technológiák versenyképességének vizsgálata, Via Futuri Konferencia, 2010.11.18-19. Konferencia Kiadvány, Megjelenés alatt

Deutsch Nikolett – Rideg András – Torjai László (2009): Energia-előállítási technológiák többszemponútú értékelése, XII. Biomassza Konferencia, Sopron, 2009.02.26.

Deutsch Nikolett – Rideg András – Torjai László (2009): Biomassza tüzelésű energetikai beruházások többszemponútú értékelése, XII. Biomassza Konferencia, Sopron, 2009.02.26.

Deutsch Nikolett – Pintér Éva (2009): Fenntartható fejlődés és green banking, II. Számviteli Konferencia, Pécs, 2009.10.27-28

Deutsch, Nikolett – Pintér, Éva – Ottmár, Zoltán (2006): New Direction Line of Sustainable Development and Marketing in Green Banking, IMP Conference Milan, Italy, 2006.09.07-09., Konferencia CD, p. 10.

Deutsch, Nikolett (2006): 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, p.14.

Deutsch, Nikolett (2005): The Role of Technological Innovation and Technology Transfer in the Field of Sustainable Development, I. International Summer School on European Peripheries, Tampere, Finland, 2005.08.01-10, Konferencia CD, p. 15.

Deutsch, Nikolett –Pintér, Éva (2005): Sustainable development and the greening of financial institutions, MendelNet 2005 Sborník abstraktú z konference studentú doktorského studia, Brno 2005, 2005.11.29, Konferencia CD, ISBN: 80-7302-107-2

Deutsch Nikolett (2005): Innovations for Sustainability, MendelNet 2005 Sborník abstraktú z konference studentú doktorského studia, Brno, 2005.11.29, Konferencia CD, ISBN: 80-7302-107-2

Deutsch Nikolett – Turzó Barbara Éva (2005): Innováció, tudásmenedzsment és a fenntartható fejlődés, Környezetvédelem, regionális versenyképesség, fenntartható fejlődés Konferencia kötet, Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola, Pécsi Tudományegyetem, Pécs, 245-256.o. ISBN: 1588-5348

Deutsch Nikolett – Turzó Barbara Éva (2004): Innováció és tudásmenedzsment az Európai Unió fenntartható fejlődési irányelveinek szolgálatában, In: Perényi, Á. (szerk.): A globalizáció hatása a hazai és a nemzetközi társadalmi-gazdasági folyamatokra, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 183-191.o. ISBN: 963-420-824-x

Deutsch Nikolett (2004): Az információs társadalom és a fenntartható fejlődés, Fialat Regionalisták IV. országos konferenciája, Konferencia CD, Győr, ISBN: 963 9052 43 4

A témakörben folytatott kutatási pályázatok

2011-től TÁMOP-pályázat: Korszerű építészeti és energiahasznosítási megoldások gazdaságossági vizsgálata

2010-2011: IPA-CHEE Project: Energy efficiency in public buildings

2010: GVH-kutatás: Verseny és szabályozás az árampiacon

2007-2009: Kozma László Kutatási Program: Minienergetikai hálózatok a fenntarthatóság szolgálatában

2005-2006: NKFP Biomassza Kutatási Projekt

A TÉZISEKBEN HIVATKOZOTT IRODALMAK

- Abernathy, W. J. - Clark, K. B. (1985): Innovation: Mapping the winds of creative destruction, *Research Policy*, Vol. 14, 3-22. 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.
- 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.
- Begiç, 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.
- Berkhout, F. (2002): Technological regimes, path dependency and the environment, *Global Environmental Change*, Vol. 12, No. 1, 1-4.o.
- Bijker, W. E. (1995): *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Towards a Theory of Sociotechnical Change*, MIT Press, Cambridge
- 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.
- 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.
- Carlsson, B. – Stankiewicz, R. (1991): On the nature, function and composition of technological systems. *Evolutionary Economics*, Vol. 1, No. 2, 93–118.o.
- 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.
- Dincer, I. (2000): Renewable energy and sustainable development: a crucial review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 4, 157-175. o.
- EC (2006): Attitudes towards Energy, Special Eurobarometer, 247, Wave 64.2, TNS Opinion & Social, <http://europa.eu>, Letöltés ideje: 2010.07.09.
- 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 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Grübler, A. (1998): *Technology and Global Change*, Cambridge University Press, Cambridge
- Hadjilambros, C. (1998): Technological regimes: an analytical framework for the evaluation of technological systems, *Technology in Society*, Vol. 20, 179-194. o.
- Huber, J. (1995): *Nachhaltige Entwicklung. Strategien für eine ökologische und soziale Erdpolitik*, Sigma, Berlin
- 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.
- IPCC (2001): *Climate Change 2001: A Synthesis Report*, Cambridge University Press, Cambridge
- Jabareen, Y. (2008): A new conceptual framework for sustainable development, *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 10, No.2, 179-192.o.
- 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.
- 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.
- Lund, H. (2007): Renewable energy strategies for sustainable development, *Energy*, Vol. 32., 912–919. o.
- Madlener, R. – Stagl, S. (2005): Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation, *Ecological Economics* Vol. 53, 147– 167. o.
- Malerba, F. (1999): Sectoral systems of innovation and production, DRUID Conference on: National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy, Rebuild, June 9-12, 1999., <http://www.druid.dk>, Letöltés ideje: 2008.05.14.
- 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.
- 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.
- Nelson, R. R. - Winter, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge
- Nill, J. - Kemp, R. (2009): Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: From niche to paradigm?, *Research Policy*, Vol. 38., 668-680. o.
- OECD – IEA (2003): *World Energy Outlook*, Paris
- 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.
- Reményi, K. (2009): Az energiastatégia sarokpontjai, *Magyar Tudomány*, Vol. 170, No. 3, 323-333. o.
- 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.
- Sartorius, C. – Zundel, S. (2005): *Time Strategies, Innovation and Environmental Policy*, Edward Elgar, Cheltenham
- Tukker, A. - Tischner, U. (2006). *New Business for Old Europe. Product Services, Sustainability and Competitiveness*. Sheffield, UK, Greenleaf Publishing Ltd.
- Teng, 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.
- 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.
- 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.
- WCED (1987): *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford