

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Csapi Vivien

Pécs, 2013

**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
KÖZGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR**

GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI ISKOLA

Csapi Vivien

**Stratégiai beruházások a villamosenergia-
szektorban**

A reálopció-elmélet alkalmazásának lehetőségei és korlátai a liberalizált villamosenergia-szektor egyedi és összetétel-szintű optimalizálási döntéshozatala során

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Témavezető : Dr. Bélyácz Iván
egyetemi tanár

Pécs, 2013

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	I
ÁBRAJEGYZÉK.....	IV
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	VI
KÉPLETEK JEGYZÉKE	VIII
1. BEVEZETÉS	1
1.1 A villamos-energia szektor	2
1.1.1 A szektort alapjaiban (át)alakító trendek	2
1.1.2 A villamos-energia szektor felépítése, m ködése és szerepl i	3
1.2. Villamos-energia termelési technológiák	7
1.2.1. A villamos-energia termelési technológiák jövő je.....	8
1.3. A környezeti (társadalmi) dimenzió a villamos-energia szektorban.....	9
1.4. A szabályalkotók, a politika szerepe a villamos-energia szektorban.....	12
1.5. A disszertáció vizsgálati területe	13
1.6. A disszertáció korlátai	17
2. A BERUHÁZÁSI DÖNTÉSEK SPECIALITÁSAI A VILLAMOS-ENERGIA SZEKTORBAN	21
2.1. A szabályozott- és liberalizált piaci beruházási környezet	22
2.2. A beruházási döntések elemz i perspektívái	25
2.3. A villamos-energia-termelési technológia beruházások általános jellemz i.....	26
2.4.1. A bizonytalansági tényez k csoportosítása.....	29
2.4.2. A bizonytalansági tényez k jellemz i.....	34
2.4.2.1. A technológiai bizonytalanság.....	34
2.4.2.2.1. A piaci bizonytalanság.....	36
2.4.2.2.2. A pénzügyi bizonytalanság.....	42
2.4.2.2.3. Költség bizonytalanság.....	42
2.4.2.3. Szabályozási bizonytalanság	45
3. KAPACITÁS TERVEZÉS A VILLAMOS-ENERGIA SZEKTORBAN.....	47
3.1. Kapacitás tervezés: 1960 el tt	49
3.2. Kapacitás tervezés: 1960-1970	49
3.2.1. A diszkontált pénzáram (DCF) módszerek	50
3.2.2. A teljes életciklus költség módszer	52
3.2.3. A Screening Curve (sz r -görbe) elemzés.....	55
3.3. Kapacitás tervezés: 1970-1980	56
3.4. Kapacitás tervezés: 1990-2000	58
3.4.1. A bizonytalanság beépítése a beruházási döntéshozatalba	59
3.4.1.1. A determinisztikus egyenértékes eljárás.....	60
3.4.1.2. A robusztusság vizsgálat	61
3.4.1.3. A diszkontált pénzáram módszereket kiegészít i technikák	63
3.5. Kapacitás tervezés: 2000-	64
3.5.1. Optimalitás a villamos-energia-szektorban.....	64
3.5.2. Optimalitási kritériumok	65

3.5.3. Diverzitás	67
3.5.4. A portfólió-elmélet alkalmazásának alapjai	69
3.5.4.1. A portfólió-elmélet alkalmazása a villamos-energia-szektorban	70
3.5.4.2. Portfólió-hozam és kockázat a villamos-energia-szektorban	71
3.5.4.3. A portfólió-elmélet pro és kontra	77
4. A REÁLOPCIÓ-ELMÉLET	80
4.1. A reálopció-elmélet alkalmazási területei	82
4.2. A stratégiai reálopció-menedzsment	84
4.2.1. A meglév reálopciók azonosítása	84
4.2.2. Az új reálopciók feltárása	90
4.2.2.1. Bizonytalanság és irreverzibilitás	91
4.2.2.2. A rugalmasság szerepe	92
4.2.2.3. Kedvez lehet ségek portfóliója	95
4.2.3. A reálopciók értékelése	96
4.2.3.1. Analitikus eljárások	97
4.2.3.1.1. A Black-Scholes modell	98
4.2.3.2. Numerikus eljárások	98
4.2.3.2.1. A binomiális eljárás	99
4.2.3.2.2. Binomiális eljárás kiterjesztése	99
4.3. A reálopciók hatékony menedzselése	101
4.4. A reálopció-elmélet kiterjesztése	105
4.5. Kapcsolat a portfólió elmélet és a reálopciók teória között	107
4.6. A reáleszközök portfólió-elmélete	108
4.6.1. Kiindulási keretrendszer	109
4.6.2. Diverzifikációs hatás	111
4.6.3. Közvetlen kvalitatív kölcsönhatások	112
4.6.4. Indirekt kvalitatív kölcsönhatás	113
4.6.5. Az opciók közötti kölcsönhatások	113
4.6.6. A reálopciók közötti korreláció	115
4.7. Reálopciók a villamos-energia szektorban	115
4.7.1. Korai reálopciók alkalmazások az energia szektorban	116
4.7.2. Reálopciók a villamos-energia-szektorban	118
4.7.2.1. A technológiai bizonytalanság kezelése reálopciókkal	118
4.7.2.2. A szabályozási bizonytalanság kezelése reálopciókkal	121
4.7.2.4. A rövid távú bizonytalanság kezelése reálopciókkal	124
4.7.3. A reálopció-elmélet alkalmazási lehet sége a kapacitás tervezés során	124
4.7. A reálopciók módszertan alkalmazásának el nyei és hátrányai	125
4.8.1. Pénzügyi opciók vs. reálopciók	125
5. AZ EMPIRIKUS KUTATÁS EREDMÉNYEI.....	128
5.1. A teljes életciklus költség eljárás gyakorlati alkalmazása	128
5.1.1. A számítások technikai paraméterei	130
5.1.1.1. Id tényez k	130
5.1.1.2. Terhelési tényez	132
5.1.1.3. Hatékonysági ráta	134

5.1.2. Pénzügyi-gazdasági paraméterek	135
5.1.2.1. Tervezési-beszerzési-építési (EPC) költségek.....	135
5.1.2.2. M ködési és karbantartási költség (állandó és változó)	137
5.1.2.3. F t anyag költség.....	138
5.1.2.4. A diszkontráta.....	139
5.1.3. A teljes életciklus költség számítása	140
5.1.4. A teljes életciklus költség paramétereinek érzékenységvizsgálata	147
5.2. A sz r -görbe elemzés gyakorlati alkalmazása.....	149
5.3. A determinisztikus egyenértékes eljárás gyakorlati alkalmazása	154
5.4. A portfólió-elmélet gyakorlati alkalmazása.....	161
5.4.1. A portfólió-kockázat számszer sítése.....	162
5.4.2. A portfóliók lehetséges halmazának azonosítása	173
5.5. A reálopciók gyakorlati alkalmazása	176
5.5.1. Az egyedi reálopciók árazása	176
5.5.2. A reálopció-értékelés paraméterei.....	179
5.5.3. A reálopció értékelés folyamata	188
5.5.3.1. Halasztási reálopció	189
5.5.3.2. Elvetési reálopció	191
5.5.3.3. B vítés reálopció	192
5.5.4. A reálopció-elmélet alkalmazási lehet ségei villamos-energia kapacitás tervezés során	197
6. ÖSSZEFOGLALÁS	202
IRODALOMJEGYZÉK	217
MELLÉKLETEK.....	237
JEGYZETEK.....	271

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra	A disszertáció alapfogalmainak kapcsolatrendszere	1
2. ábra	A villamosenergia-rendszer fő szereplői az átstrukturált piaci designban	5
3. ábra	A villamosenergia-termelés és felhasználás teljes életciklusa	7
4. ábra	A villamosenergia-szektor érdekeltjeinek kapcsolatrendszere	9
5. ábra	A világ villamosenergia-termelése energiaforrásonként.....	10
6. ábra	A disszertáció teoretikus pillérei	17
6. ábra	A beruházási döntések komplex keretrendszer	21
7. ábra	A villamosenergia-szektor bizonytalanságainak csoportosítása (biz.=bizonytalanság)	31
8. ábra	A beruházási költségek általános tanulási görbéje	34
9. ábra	A világ villamosenergia-termelése energiaforrásonként (1971-2009; az adatok TWh-ban)	37
10. ábra	A fő energiahordozók világpiaci áralakulása 1990-2012.....	38
11. ábra	Magyarország (bruttó) villamosenergia-termelése az elállítására felhasznált energiahordozók szerint 2010	38
12. ábra	A villamos-energia nagykereskedelmi és végfelhasználói átlagára Magyarországon 2000-2007.....	40
13. ábra	Magyarország nettó villamos-energia fogyasztása 1960-2010	41
14. ábra	A villamosenergia-kereslet növekedési üteme Magyarországon 1970-2010....	41
15. ábra	Lehetetlenségi spirál.....	46
16. ábra	A teljes termelési költséget befolyásoló tényezők	53
17. ábra	Szűr-görbe a disszertációban vizsgált 18 technológia esetében.....	56
18. ábra	Az erőmű-beruházások kockázatkezelése.....	58
19. ábra	A hagyományos technológiák költségszerkezete az átlagos forgatókönyv esetében	74
20. ábra	Hatékony határfelület, valamint véletlen portfólió-halmaz egy két technológiából álló portfólió esetében	75
21. ábra	A stratégiai reálopció menedzsment folyamatábrája	84
22. ábra	A bizonytalanság, irreverzibilitás, rugalmasság három dimenziós ábrája	95
23. ábra	Az opcióértékelési eljárások osztályozása	97
24. ábra	A quadrantiális fa ábrázolása	100
25. ábra	A hatékony reálopció menedzsment folyamata	101
26. ábra	A reálopciók érték-determinánsainak kölcsönhatása	102
27. ábra	A reálopciók paradicsomos kertje	103
28. ábra	Az opció-elmélet fejlődése.....	105
29. ábra	18 technológia kivitelezési idejének és hasznos élettartamának összevetése .	131
30. ábra	A hagyományos és megújuló technológiák fajlagos beruházási költségei (\$/KW)	137
31. ábra	A hagyományos és megújuló technológiák állandó és változó működési és karbantartási költségei.....	138
32. ábra	Teljes életciklus költség három feltételezett forgatókönyvre*	143
33. ábra	A teljes életciklus költség belső összetétele*	144
34. ábra	Az LCOE érzékenysége a különböző befolyásoló tényezők +/-10%-os változásra*	147
35. ábra	Szűr-görbe a vizsgált 18 technológia esetében	150
36. ábra	Szűrített szűr-görbe I.	151
37. ábra	Szűrített szűr-görbe II.	152
38. ábra	Erőmű-összetétel meghatározás szűr-görbék segítségével.....	153

39. ábra	Az LP modell első futtatásának eredménye	156
40. ábra	Az aktuális 2010. évi hazai villamos-energia-összetételre felírt LP modell futtatásának eredménye	157
41. ábra	Az importfüggőség csökkentése érdekében eszközrendezés kapacitásbővítés	158
42. ábra	A kapacitásbővítés figyelembe vétele a költségminimalizálás során.....	159
43. ábra	A minimális karbon költség villamosenergia-összetétel.....	159
44. ábra	A minimális beruházási költség villamosenergia-összetétel.....	160
45. ábra	A hagyományos technológiák költségszerkezete az átlagos forgatókönyv esetében	163
46. ábra	Az erőforrások szórása*	171
47. ábra	Az egyes technológiák kockázat - "megtérülés" (LCOE) karakterisztikája*..	172
48. ábra	Minimális varianciájú portfólió összetétel a megújuló technológiákra vonatkozó korlát nélkül, valamint 13%-os korláttal	175
49. ábra	A 10 elemű portfólió véletlen portfólió halmaza	175
50. ábra	A projekt-hozamok eloszlás-függvénye két bizonytalansági tényező szimulációját követően.....	187
51. ábra	A projekt-hozamok eloszlás-függvénye egyetlen bizonytalansági tényező szimulációját követően.....	188
52. ábra	A reálopciók stratégiai értékteremtésének hatása a villamosenergia-összetételre	199
53. ábra	A jelenlegi magyar villamosenergia-összetétel kockázat-hozam karakterisztikája	200
54. ábra	Optimalitási kritériumok a villamosenergia-szektorban	204
55. ábra	Az LP modellek eredményei	207

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat	A vizsgálatba bevont villamos-energia előállítás technológiák	8
2. táblázat	A szabályozott- és liberalizált villamos-energia piaci karakterisztikák összevetése.....	24
3. táblázat	A bizonytalanság különböző szintjei az ellátási láncokban.....	28
4. táblázat	A bizonytalanság a monopol- és versenypiacokon.....	33
5. táblázat	A diszkontált pénzáram módszerek hátrányainak összefoglalása (Feltevések vs. Valóság)	51
6. táblázat	A beruházás-értékelési módszerek evolúciója.....	57
7. táblázat	Projektekre értelmezett versus projektekben foglalt reálopciók.....	105
8. táblázat	Szakaszos reálopciók a villamosenergia-termelés kitermelési fázisában....	117
9. táblázat	Bizonytalanság és reálopciók a villamosenergia-szektorban	119
10. táblázat	A teljes életciklus költség paramétereinek magyarázata	128
11. táblázat	A teljes életciklus költség befolyásoló tényezők csoportosítása.....	130
12. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák kivitelezési ideje, valamint hasznos élettartama	131
13. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák terhelési tényezője	132
14. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák hatékonysága	134
15. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák beruházási költségei.....	136
16. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák működési és karbantartási költségei (\$/KW; \$/MWh)	137
17. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák földtanyag költségei (\$/KW; \$/MWh).....	138
18. táblázat	A hagyományos és megújuló technológiák diszkont-tényezője.....	140
19. táblázat	Teljes életciklus költség három feltételezett forgatókönyvre*	142
20. táblázat	Érdemességi sorrend a karbon költségeket mellőző teljes életciklus költségek alapján.....	145
21. táblázat	Teljes életciklus költség karbon költségekkel*.....	146
22. táblázat	Érdemességi sorrend a karbon költségek figyelembe vételével kalkulált teljes életciklus költségek alapján.....	146
23. táblázat	A költség-portfóliók kockázat-számszerűsítésének input adatai	165
24. táblázat	A költség-portfóliók portfólió súlya*	165
25. táblázat	Hosszú lejáratú kötvényhozamok 1926 és 2009 között.....	166
26. táblázat	S&P 500-as index hozam és szórás alakulása 1950-2012	167
27. táblázat	Beruházási költség kockázat (%) a szakirodalomban.....	167
28. táblázat	Beruházási költségkockázat a portfólióba bevonandó technológiák esetében.....	168
29. táblázat	Földtanyag költségkockázat.....	168
30. táblázat	A fosszilis energiahordozó áralakulás korrelációja 1980-2011	169
31. táblázat	Az egyes költségkomponensek közötti korrelációs koefficiensek	170
32. táblázat	A portfólióba potenciálisan bevonható technológiák invertált költségparamétereit	174
33. táblázat	Reálopció elemzés 1./a lépése - A villamosenergia termelési technológiák NPV és IRR adatai	179
34. táblázat	Reálopció elemzés 1./b lépése - A villamosenergia termelési technológiák NPV és IRR adatai 3,6TWh-s fogyasztást feltételezve	180
35. táblázat	Összetételbe vonási sorrend (érdemességi sorrend) a hagyományos projektértékelési eljárások alapján.....	181

36. táblázat	A pótlási láncok felrajzolásának eredménye, illetve az új érdemességi sorrend	181
37. táblázat	A Monte Carlo szimuláció során felhasznált szórás értékek	185
38. táblázat	A reálopciók binomiális árazásának input paraméterei	189
39. táblázat	A halasztási reálopció értéke (adatok m\$-ban).....	190
40. táblázat	A halasztási reálopció érték eredményeként létrejöv projektértékek rangsora.....	191
41. táblázat	Az elvetési reálopció értéke (adatok m\$-ban)	192
42. táblázat	A b vitési reálopció értéke (adatok m\$-ban).....	193
43. táblázat	A reálopciók binomiális árazásának input paraméterei három bizonytalansági tényez t feltételezve	194
44. táblázat	A halasztási reálopció érték eredményeként létrejöv projektértékek rangsora három bizonytalansági tényez figyelembe vételét követ en...	195
45. táblázat	Az elvetési reálopciók értéke három bizonytalansági tényez t figyelembe véve	195
46. táblázat	A b vitési reálopció értéke három bizonytalansági tényez figyelembe vételével (adatok m\$-ban).....	196
47. táblázat	Az egyes technológiák kockázat-hozam karakterisztikája a stratégiai érték tükrében	197
48. táblázat	LCOE érdemességi sorrend	205
49. táblázat	Az egyes eljárások optimalitási kritériumoknak megfelelési képessége .	215

KÉPLETEK JEGYZÉKE

1. képlet	A rugalmasság mér számai az opció-elméletben	94
2. képlet	A teljes életciklus költség számítása karbon költségek nélkül	128
3. képlet	H -fogyasztás	134
4. képlet	Termálhatékonyság	134
5. képlet	A villamosenergia-termelési technológia beruházási költsége	141
6. képlet	A villamosenergia-termelési technológia m kódési és karbantartási költsége	141
7. képlet	A villamosenergia-termelési technológia f t anyag költsége	141
8. képlet	A villamos-energia kibocsátás mennyisége	142
9. képlet	A villamosenergia-termelés költségminimalizálásra irányuló LP modellje .	155
10. képlet	Az LP modell korlátai	155
11. képlet	Az LP modell új korlátai	157
12. képlet	A 3. számú LP modell korlátai	158
13. képlet	Egy adott technológia költség-varianciájának számszer sítése.....	164
14. képlet	A villamosenergia-portfólió variancia	173
15. képlet	A jöv beni szabad pénzáramok jelenértéke összege	185
16. képlet	Projekt jelenérték	185
17. képlet	A projekt-hozam eloszlásának becslési függvénye I.	186
18. képlet	A projekt-hozam eloszlásának becslési függvénye II.	186

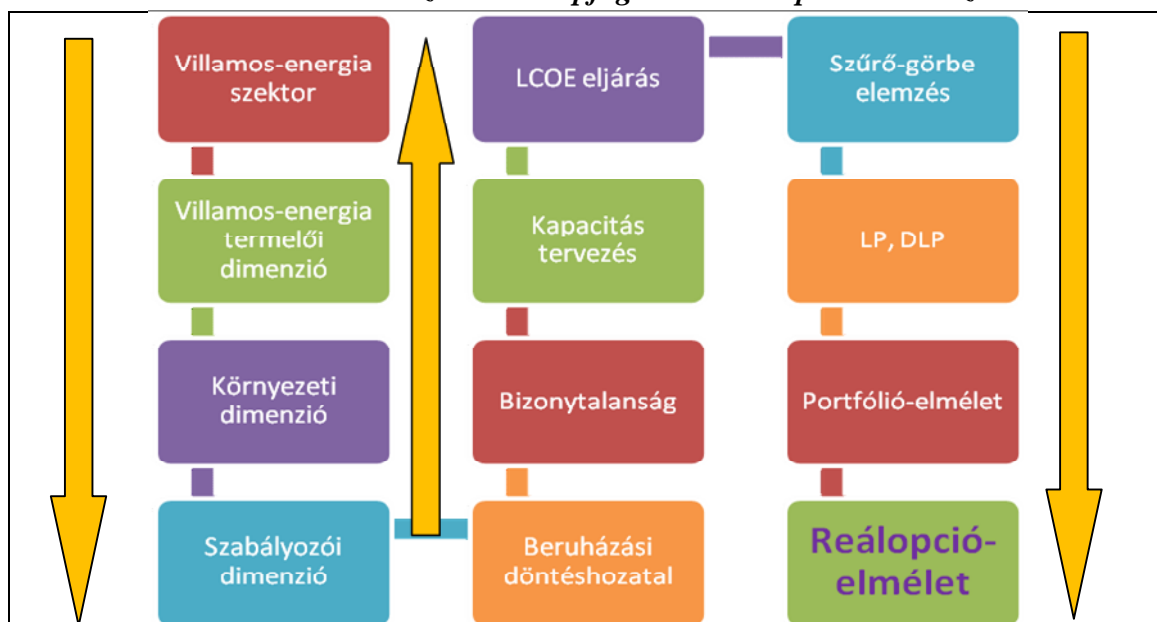
MELLÉKLETEK

1. számú melléklet	KÉRD ÍV Kockázatok az energiaszektorban	237
2. számú melléklet	Reálopciók az energia-szektorban (irodalom-kutatás)	240
2. számú melléklet	Reálopciók az energia-szektorban (irodalom-kutatás)	240
3. számú melléklet	A villamosenergia termelési technológiák adatbázisokból elérhet input adatainak minimuma, maximuma, átlag- és szórásértéke	241
4. számú melléklet	A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 5%-ös t kekötség, átlagos forgatókönyv esetében	243
5. számú melléklet	A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 10%-ös t kekötség, átlagos forgatókönyv esetében	245
6. számú melléklet	A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 5%-ös t kekötség, optimista forgatókönyv esetében	247
7. számú melléklet	A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 10%-ös t kekötség, optimista forgatókönyv esetében	249
8. számú melléklet	A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 5%-ös t kekötség, pesszimista forgatókönyv esetében.....	251
9. számú melléklet	A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 10%-ös t kekötség, pesszimista forgatókönyv esetében.....	253
10. számú melléklet	A MATLAB portfólió-súly szimuláció, a portfólió várható érték, valamint a portfólió szórás értékek összefoglaló táblázata	255
11. számú melléklet	Nettó jelenérték számítás illusztráció	266
12. számú melléklet	Halasztási reálopció binomiális árazása (illusztráció).....	268
13. számú melléklet	B vitési reálopció binomiális árazása (illusztráció).....	269

1. BEVEZETÉS

Disszertációm célja egy dinamikus szektor, speciális beruházás-elméleti problémájának, az egymással kölcsönhatásban lévő, jelentős endogén és exogén bizonytalanság által sújtott, valamint szignifikáns flexibilitási potenciállal bíró beruházások összetételének vizsgálata. A speciális iparág, melynek beruházásait görcs alá veszem, melynek beruházásain keresztül a döntéshozók számára rendelkezésre álló értékelési módszerek közül, a különböző optimalizációs szempontok mentén megfogalmazott célok elérését legpontosabban támogató, az azonosított bizonytalansági források, a rugalmasságban rejlő potenciál együttes megragadását lehetővé tevő eljárásokat azonosítom, a villamosenergia-szektor. *Az olvasóban ezen a ponton felmerülhet a kérdés, hogy vajon a szektor választotta a problémát, vagy esetleg a probléma választotta a szektort? Melyek a villamosenergia-szektor, a szektort övező környezet, a szektor szereplőinek azon karakterisztikái, melyek ezeket egy beruházás-elméleti kutatómunka alkalmas alanyává teszik? Illetve létezik-e alkalmasabb iparág a bizonytalanság és rugalmasság minden határon túli figyelembevételének irányába mutató projektértékelési evolúció bemutatása számára.* A bevezetőben pontosan ezen két téma bemutatása, kutatásom elméleti keretrendszerének (1. számú ábra) megalapozása, a terület nyitott kérdéseinek, empirikus kutatásom vizsgálati területének és korlátainak, a disszertáció legfontosabb hipotéziseinek ismertetése kapott helyet.

1. ábra A disszertáció alapfogalmainak kapcsolatrendszere



LCOE=teljes életciklus költség; LP=lineáris programozás; DLP=dinamikus lineáris programozás

Forrás: Saját szerkesztés

1.1 A villamosenergia-szektor

1.1.1 A szektort alapjaiban (át)alakító trendek

Az utóbbi évtizedekben alapvetően *két társadalmi trend* mozgatja a villamosenergia-rendszerek hosszú távú alakulását. Az első a fogyasztók oldaláról érkező fokozott igény a *költséghatékonyság* iránt, mely számos deregulációs, valamint a liberalizáció irányába mutató intézkedést eredményezett a korábban szabályozott keretek között működő iparágban (*telekommunikáció, vasúti szolgáltatások, légi közlekedés, gáz-, illetve villamosenergia szolgáltatás*).

A *villamos-energia piaci liberalizáció* célja az volt, hogy a villamos-energia fogyasztók számára megbízhatóbb és olcsóbb szolgáltatást garantáljanak. Európában a legjelentősebb lépés a 1996 végén megalkotott Európai Bizottsági direktíva (EC, 1997), mely az Európai Unió tagországai számára előírta a villamos-energia piacok fokozatos nyitását, a legkésőbb 2010-ig elérendő teljesen kompetitív piacok realizálásának követelményével. A liberalizáció fontos következménye a tradicionális szabályozott szolgáltatók költségminimalizálási fókuszának eltolódása a profit maximalizálás irányába, működésüknek azon területén, ahol a verseny megjelent. **A bizonytalanság fontos szerepet kap e váltással, hiszen a sztochasztikus tényezők beépülnek a villamos-energia piac azonnali áraiba. Mindez ellentmond a szabályozott piaci körülményeknek, ahol a bizonytalanság szintén jelen volt, van, de az ritkán épült be a szabályozott tarifákba.**

A második trend szintén a társadalom oldaláról érkező felismerés a fokozott energia felhasználás *környeztkárosító hatásait* illetően, valamint e felismerés eredményeként tanúsított nyomás mind a szabályalkotók, mind a villamosenergia-termelők, de a mérnök társadalom irányába az új, tisztább villamos-energia előállítás technológiák kifejlesztése, támogatása, használata iránt.

A fenti két trendet összefoglalóan a **gazdasági hatékonyság**, valamint a **környezeti felelősségvállalás** fogalmával kapcsolhatjuk össze, mely trendek alapjaiban rengették meg a villamosenergia-szektor működési körülményeit. A környezeti felelősségvállalás első sorban a szabályokban tükröződik vissza, melyek célja a „szennyezés” villamosenergia-termelés visszaszorítása. A megújuló energiaforrás alapú termelés kereskedhet

tanúsítványai (certificate), a korlátok, kvóták és a károsanyag-kibocsátásra kivetett adó csak néhány példa az ilyen környezeti szabályokra.

1.1.2 A villamosenergia-szektor felépítése, működése és szereplői

A villamos-energia rendszerek komplex, integrált, többszereplős szaki rendszerek. A villamosenergia-szektor szereplőinek, működésének, felépítésének jellemzésekor számos speciális karakterisztikát kell figyelembe venni. Ezek egy része a villamos-energia mint áru speciális belső tulajdonsága, más része pedig a szektort alapjaiban alakító, fent ismertetett trendek következménye. A *villamos-energia mint termék speciális jellemzői* (Hensing et. al., 1998; Wietschel, 2000; Stoft, 2002): a villamos-energia szállítása fizikai kapcsolatot igényel (átviteli-elosztó hálózat); a villamos-energia nagy mennyiségben nem tárolható, ami a kereslet és kínálat folyamatos kiegyensúlyozását teszi szükségessé; a villamos-energia csak korlátozottan helyettesíthető; a villamos-energiára a szigorú szabályozások folytán jellemző a homogenitás; és végül a „visszavezethetlenség”, vagyis amint a villamos-energia a hálózatba került, az nem vezethető vissza közvetlenül az azt előállító termelőhöz.

A liberalizációt megelőzően *monopólium* jellemezte a teljes iparágat. A villamosenergia-szektor, egy vertikálisan integrált ellátási lánc mentén működött¹. Mindez olyan tagoltságot, szervezeti felépítést jelentett, ahol ugyanaz a vállalat birtokolta a terméket, vagy szolgáltatás gyártásához, eladásához, és szállításához kapcsolódó különböző feladatokat (Mavir, 2006). A villamosenergia-szolgáltatókat általános csatlakoztatási és ellátási kötelezettség terhelte, vagyis mindenkit csatlakoztatni kellett a villamosenergia-hálózathoz, majd ezt követően ket villamos-energiával ellátni. A villamos-energia iparágban ez annak a történelmileg kialakult általános felépítésnek felelt meg, ahol egy közmező vállalat birtokolta az erőforrásokat, az átviteli hálózatot és az elosztó hálózatot a villamos-energia szolgáltatáshoz kapcsolódó feladatok ellátásához. A villamos-energia szolgáltatásnak ezt a több, mint száz esztendősi gyakorlatát változtatta meg alapvetően az 1990-es évek elején kidolgozott új működési modell.

Az új, liberalizált rendszernek a lényege abban állt, hogy a korábban zárt, vertikális ellátási láncot felhasította három jól elkülönülő üzletágra, nevezetesen **a termelésre, az átvitelre és elosztásra, illetve kereskedelemre**. A liberalizációval és a kompetitív energia-piacok létrejöttével a villamosenergia-rendszerek működése és szervezése alapjaiban alakult át. **Míg a tradicionális villamosenergia-rendszerek működésére a magas fokú**

centralizáció volt a jellemző, a liberalizációval a saját profitjukat maximalizáló villamosenergia-szolgáltatók decentralizált döntései nyertek teret.

A villamosenergia-termelés és átvitel jelentős tevékenységi szakaszai az ellátási láncnak. A termelés beindításához, a szolgáltatás nyújtás megkezdéséhez szükséges hatalmas beruházások könnyen elriasztják az új belépőket a piacról, ezzel ellehetetlenítve a hatékony verseny létrejöttét. A kutatók és a szektor szakemberei jelenleg is komoly vitákat folytatnak arról, hogy milyen a liberalizált villamos-energia piac ideális szervezése, illetve milyen mértékű centralizált irányításra van szükség egy költséghatékony villamos-energia rendszer elérése érdekében az ellátásbiztonság veszélyeztetése nélkül. Fontos megjegyezni, hogy a centralizált irányítás/koordináció egy bizonyos mértékére mindig is szükség lesz a villamos-energia rendszerekben azok mérete és összekapcsolódásai, valamint a villamos-energia mint áru többek között azon speciális tulajdonsága folytán, mely szerint a megbízható villamosenergia-ellátás függvénye a privát-, köz- és gazdasági élet működése, vagyis a szolgáltatás szakadásai, a kimaradások, kiesések elkerülése érdekében a centralizáció bizonyos mértékű jelenléte elengedhetetlen.

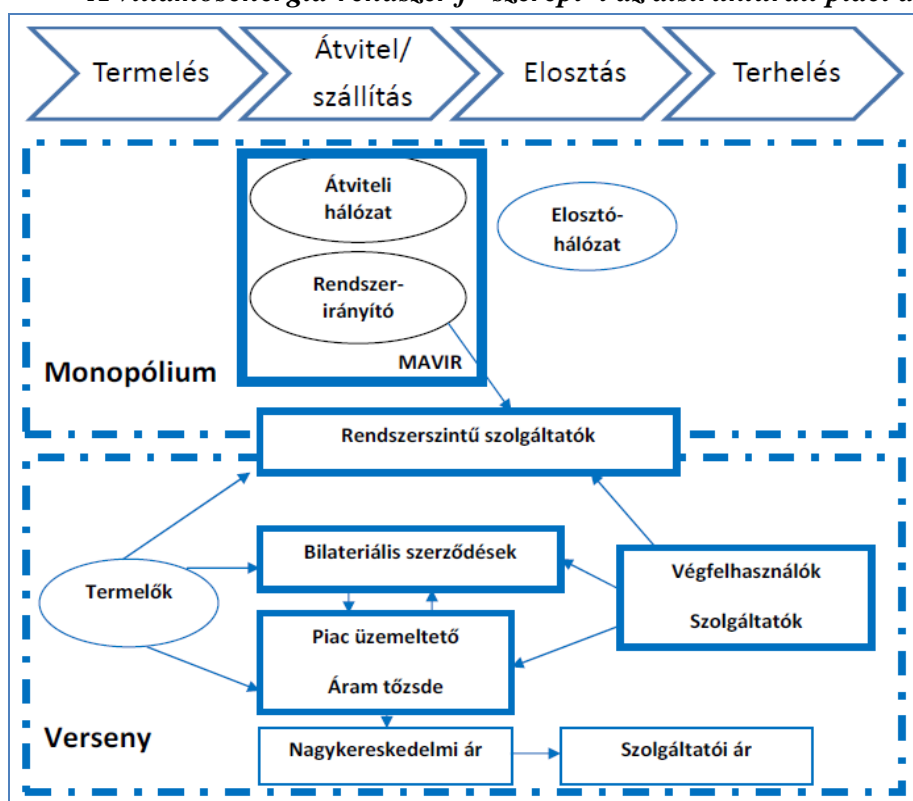
A mindenkori optimális struktúra függ a szóban forgó rendszer fizikai karakterisztikájától, valamint a különféle piaci szervezésektől. *A következőkben hangsúlyozottan nem arra kívánok kísérletet tenni, hogy a potenciális piaci modellekről teljes körű képet adjak, hanem hogy az átstrukturált villamosenergia-rendszer tervezésében és működésében tipikusan jelenlévő, illetve érintett legfontosabb szereplőket, valamint a közöttük lévő kapcsolatrendszerrel bemutassam.*

Általánosságban a villamosenergia-termelés és -szállítás folyamatát a **2. számú ábra** szemlélteti. A hagyományos ellátási lánc a villamosenergia-termelésével indul. Majd ezt követően az output az átviteli vállalatok vezetékeibe, hálózatába táplálódik, amelyek továbbítják azt az elosztó-vállalatok alacsonyabb rácsfeszültségű rendszerébe. Végül az elosztó-vállalatok kiszolgálják a végfogyasztókat. Az utóbbiak lehetnek mind termelő, mind lakossági fogyasztók.

A lenti ábra egy teljesen liberalizált villamos-energia rendszer résztvevői közötti kapcsolatrendszer leegyszerűsített képét mutatja a nagykereskedelmi és a szolgáltatói oldalon jelenlévő versennyel. A rendszer szervezését két, teljesen eltérő szabályozási körülmények között is meg lehetne vizsgálni. Az átvitel és elosztás szakaszai természetes

monopóliumok, és általában szigorú szabályozás tárgyai. Ebből következik, hogy az átviteli és elosztó hálózatok működésének költségei különféle tarifákon keresztül a végfelhasználókat terhelik. Másrészt a termelők és a végfelhasználók nyílt hozzáféréssel rendelkeznek a hálózathoz és verseny piacon végzik tevékenységüket. A villamos-energia nagykereskedelmi árát piaci mechanizmusok határozzák meg, mely a felhasználókhoz a szolgáltató által kiszabott árak formájában jut el. Ahhoz, hogy mindez zökken mentesen megvalósulhasson, a tradicionális szolgáltatókat le kell választani, vagyis a termelő és szolgáltató oldalt el kell választani az átviteli és elosztó szegmensről. A következőkben a villamosenergia-rendszer szereplőinek rövid ismertetése következik.

2. ábra A villamosenergia-rendszer szereplői az átstrukturált piaci designban



Forrás: Saját szerkesztés

Rendszerirányítás A rendszerirányító nagyon fontos szerepet tölt be a villamosenergia-rendszer koordinációjában és működésében, és felelős azért, hogy a kínálat minden pillanatban kielégítse a keresletet, vagyis felelős az ellátásbiztonságért. A villamosenergia-termelők és a felhasználók közötti, villamosenergia-piacokon keresztül végrehajtott kereskedelem megteremt a várható kínálat és kereslet közötti egyensúlyt. A rendszerirányító legfőbb feladata az átvitel árazása, valamint a villamosenergia-forgalom menedzselése² (Botterud, 2003).

Átviteli- és elosztó-hálózat A villamos-energia elosztása és szállítása különböző feszültség szinteken megy végbe, ennek függvényében beszélhetünk: alacsony-, közepes- és magasfeszültségű (szabadvezetékes és kábeles), közepesfeszültségű és alacsonyfeszültségű hálózatokról. Alaphálózatnak tekintjük mindazon hálózatokat, illetve a hálózatok azon vezeték szakaszait, melyek a villamos-energia rendszerben elsőrendűek: az alacsonyfeszültségűek az országban belüli vagy nemzetközi kooperációjára szolgálnak; az alacsonyfeszültségűek vagy a nemzetközi kooperáció csomópontjaiból a villamos energiának a magasfeszültségű hálózatok felé való átvitelére szolgálnak. Az elosztási alrendszer a közepes- és alacsonyfeszültségű fogyasztói elosztóhálózat, valamint a fogyasztói alrendszer, azaz a fogyasztóknál található villamos berendezések összessége (Büki, 2005).

Villamosenergia-termelők A villamosenergia-termelők felelősek azért, hogy elegendő villamos-energia kerüljön a hálózatokba. A nyílt hálózati hozzáférés következtében nagykereskedelmi verseny jött létre a különböző technológiával, különböző tulajdonosi formában villamos-energiát előállító termelők között. A termelők vagy bilaterális szerződéseken keresztül, vagy szervezett villamosenergia-piacokon keresztül (áramtörzsdén) juttatják el a megtermelt villamos-energiát a piacra.

Végfelhasználók A felhasználók általában a szolgáltatókon keresztül vannak jelen a piacon. A szolgáltatói oldalon megjelenő verseny biztosítja, hogy a felhasználók attól a szolgáltatótól vásároljanak villamos-energiát, amelyiktől csak akarnak. A nagyfogyasztók akár közvetlenül a nagybani piacokon is beszerezhetik a villamos-energiát az árampiacokon, vagy a termelők közvetlen megkeresésén keresztül.

Szolgáltatók A szolgáltatók lényegében a nagybani piac végfelhasználóinak tekinthetők. Árajánlataik a fogyasztói preferenciáikat tükrözik. Míg az elosztó-vállalatok gondoskodnak a villamos-energia fizikai szállításáról a végfelhasználók felé, addig a szolgáltató a végfelhasználó, valamint a termelők közötti pénzügyi tranzakció lebonyolításáért felelős.

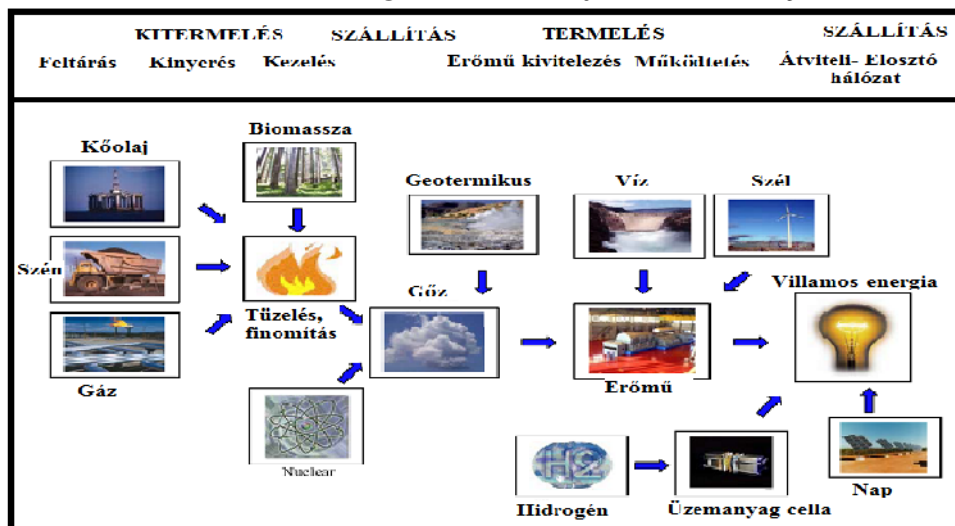
Rendszerszintű szolgáltatások A villamosenergia-szolgáltatáson túlmenően, a villamosenergia-rendszer biztonságos és megfelelő működéséhez szükséges, a rendszerirányító által minden rendszerhasználó számára egységesen biztosított szolgáltatás. A rendszerirányító a feszültség- és frekvencia-teljesítmény szabályozáshoz, az üzembiztonsági szolgáltatásokhoz és a kiegyenlítő szabályozáshoz szükséges eszközökre és tartalékokra vonatkozó tevékenység, melyet a szolgáltatáshoz jogosultsággal rendelkező piaci szereplők végezhetnek.

1.2. Villamosenergia-termelési technológiák

Ahogy az fent láttuk, a hagyományos ellátási lánc a villamosenergia-termeléssel indul, majd ezt követően az output az átviteli vállalatok vezetékeibe, hálózatába táplálódik, amelyek továbbítják azt az elosztó-vállalatok alacsonyabb rácsfeszültség rendszerébe.

A villamosenergia-életciklusa azonban nem itt kezdődik. A konvencionális villamosenergia-értéklánc átíveli a nyersanyag kinyerés, feltárás szakaszától kezdve a szállítási, tárolási, valamint termelési (erőműm ködtetési) tevékenységen keresztül a helyi villamosenergia-szolgáltatás folyamatát (lásd 3. számú ábra). Amikor a villamosenergia-termeléssel kapcsolatos döntéseket, a döntést befolyásoló tényezőket vizsgáljuk, fontos, hogy a teljes ellátási láncot érintő minden tényezővel tisztában legyünk.³

3. ábra A villamosenergia-termelés és felhasználás teljes életciklusa



Forrás: Saját szerkesztés

A technológiák ismertetése érdekében a következőkben a rendszer energiafejlesztéseire, vagyis az erőművekre koncentrálok. Az erőműveket csoportosíthatjuk cél alapján: közcélú vagy ipari (nem közcélú) erőművekre; kooperáció alapján: kooperációba bevont vagy kooperációba nem bevont erőművekre; kihasználás alapján: alapszemély- vagy csúcserőművekre⁴; a felhasznált tüzelőanyag fajta alapján: szén-, szénhidrogén- vagy nukleáris, valamint a megújuló energiaforrásokot (napenergia, szélenergia, geotermikus energia, vízenergia stb.) hasznosító erőművekre; kapcsolás alapján (a hagyományos hő- és atomerőművek): kondenzációs erőművekre, fűtőerőművekre vagy fűtőerőművekre (Bihari, 2002). **Kutatásom során a tüzelőanyag**

féleség alapján történő csoportosítást vettem alapul, és a vizsgált technológiákat hagyományos- és megújuló csoportra bontottam az 1. számú táblázatnak megfelelően.

1. táblázat A vizsgálatba bevont villamos-energia előállítás technológiák

	Technológia	Fűtőanyag	Technológia	Fűtőanyag
Hagyományos technológia	IGCC	szén	Hydro/vízi	megújuló
	Szén	szén	Biomassza	megújuló
	Kőolaj	kőolaj	Biomassza/szén	megújuló/szén
	CCGT	földgáz	CHP	
	Földgáz CHP	földgáz	Onshore szél	megújuló
	Gáz üzemanyagcella	földgáz	Offshore szél	megújuló
	Nukleáris LRW	uránium	Nap PV	megújuló
	Nukleáris fejlett	uránium	Nap termál CSP	megújuló
			Ár-apály	megújuló
			Hullámzás (wave)	megújuló
			Geotermikus	megújuló

Rövidítések: IGCC - integrált szénelgázosítás; CCGT - kombinált ciklusú gázturbinás erőmű; Földgáz CHP - kapcsolt hő- és villamos-energia erőmű; Nap PV - (fotovoltaikus) napelem, Nap termál CSP - szolár termál erőmű.

Forrás: Saját szerkesztés

1.2.1. A villamosenergia-termelési technológiák jövője

Jelenleg a világon előállított villamos-energia teljes termelésének közel 40%-a széntüzelésű kapacitásokból származik. A kőolaj alapú termelés részaránya folyamatosan csökken, a mai kapacitások elsősorban a fejlődő országokban találhatóak. A teljes villamosenergia-termelés 19%-a származik gáztüzelésű erőművekből és csak 16%-a nukleáris energiából. A 18%-os részarányt képviselő megújuló energia túlnyomó többségét a vízenergia nyújtja és mindössze 2% termelődik a szélerőművek, napelemek, geotermikus és ár-apály erőművek technológiáival.

A szén-dioxid leválasztás és –visszasajtolás (CCS) technológiáról⁵ bebizonyosodott, hogy csak a viszonylag nagy méretű és magas hatékonyságú erőművek esetében bizonyul gazdaságilag életképesnek. **A biomassza tüzelésű villamosenergia-kapacitás képes akár a szén-dioxid atmoszférából történő nettó kivonását eredményezni, azonban a biomassza mint fűtőanyag termelés számos országban természetes korlátokba ütközik.** Az átmenet egy kevésbé karbon intenzív energia-összetétel irányába igen nehéz folyamat, hiszen a műszaki szempontból legrugalmasabb vízenergiában rejlő potenciál szinte teljesen kiaknázott, s a megfelelő mennyiségű biomassza megszerzése is kérdéses. Míg az egyéb megújuló energiák továbbra is jelentős tőkekiadással járnak, vagy kevésbé

vonzóak alacsony terhelési tényezőjük folytán, a nukleáris energia lehet az alternatíva egy viszonylag karbonmentes jövőbeli energiatermelés számára.

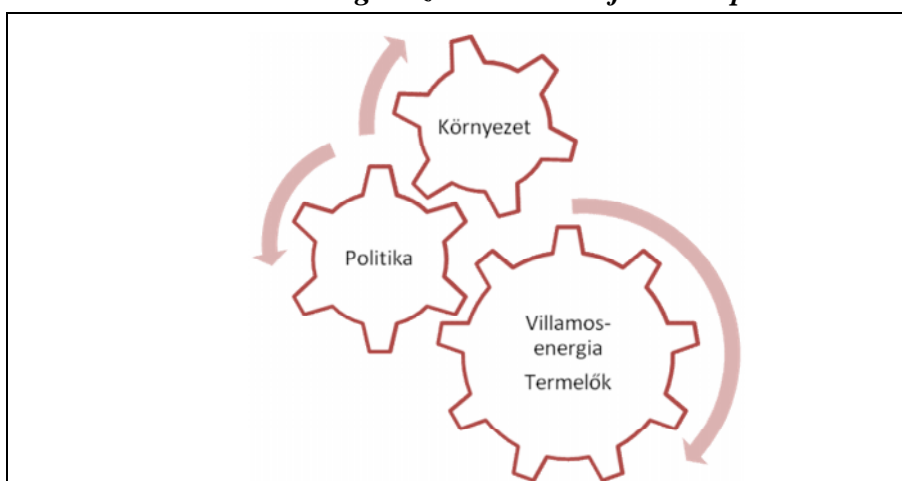
A termelő kapacitások jelenlegi összetétele és az egyedi technológiák jövőbeli potenciálja ismeretében fontos megjegyezni, hogy a fejlett országok **jelenleg meglévő erőműparkja előregedőben van, és a következő 10-20 évben legalább részleges cseréjük esedékessé válik. Helyenként szóba jöhet az erőművek élettartamának meghosszabbítása, azonban a növekvő villamosenergia-kereslet következtében a kapacitás-bővítés elkerülhetetlen.**

Az új kapacitásokba történő beruházási döntések a jövő villamosenergia-összetételének karbon-intenzitását, a fogyasztók terheit, a termelők profitját hosszú távon meghatározó stratégiai kérdések.

1.3. A környezeti (társadalmi) dimenzió a villamosenergia-szektorban

A villamosenergia-rendszer, valamint a piac egyéb szereplői, érdekelti csoportjai egy nagyon összetett, a kínálatnak, az átvitelnek, az elosztásnak, a végfogyasztásnak és a szabályozásoknak integrált struktúráját alkotják. A villamosenergia-szektor legfontosabb változásait az előző fejezet részben ismertetett kínálati oldalnak átalakulása, valamint a kormányzati, klímapolitikai szabályozások indukálják, melyeket az utóbbi időben jelentősen befolyásolnak az **éghajlatváltozás** jelenségével kapcsolatos megfontolások (4. számú ábra).

4. ábra A villamosenergia-szektor érdekeltjeinek kapcsolatrendszere



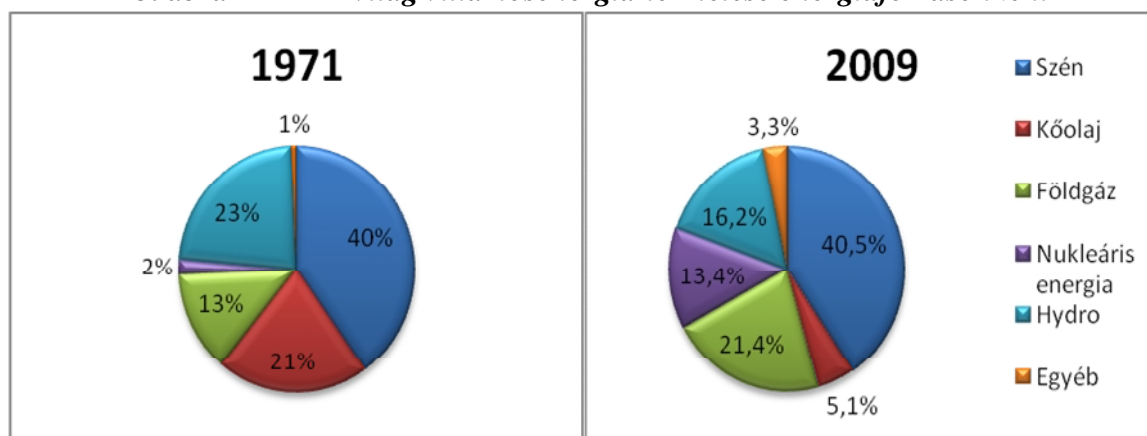
Forrás: Saját szerkesztés

Mielőtt az éghajlat-változás befolyásoló erejét részletezném, szükségesnek érzem magának a jelenségnek tisztázását. Az éghajlat változását az atmoszféra felmelegedése okozza. Az atmoszféra az ún. *üvegházhatás*⁶ következtében melegszik fel. Az emberi tevékenység hozzájárulásáról folytatott vita egyáltalán nem új keletű. Svéd kutatók már a 19. század végén megjósolták a globális felmelegedés mértékének növekedését a *fosszilis tüzelőanyagok fokozott égetésének következményeként* (Fuss, 2008).

„Az emberiség okozta éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek terjesztése, illetve a klímaváltozás elleni harchoz szükséges intézkedések alapjainak lefektetése érdekében tett erőfeszítéseinek” elismeréseként az ENSZ 2007-ben Nobel-békedíjjal kitüntetett Klímaváltozással Foglalkozó Kormányközi Bizottsága (IPCC) 2007. évi jelentésében cáfolhatatlan és immáron vitathatatlan bizonyítékkal szolgált az emberi tevékenység felelősségét illetően. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése, az erdőirtások és az intenzív mezőgazdasági művelés soha nem látott mértékű szén-dioxid kibocsátást és az üvegházhatású gázok körének és mennyiségének gyarapodását eredményezte. A légkörben található üvegházgáz-készletek az emberi tevékenység következményeként tehát folyamatosan növekednek (IPCC 2001)⁷.

Földünk villamosenergia-termelése máig erősen dominált a fosszilis energiahordozó alapú technológiák által. E túlzott mértékű függőség egyrészt aggályos életfeltételek okozta égetése által az atmoszférába kerülő jelentős mennyiségű szén-dioxid és egyéb káros anyag okán, másrészt a nyersanyag-készlet erősen korlátos voltából adódóan.

5. ábra A világ villamosenergia-termelése energiaforrásonként



Forrás: (OECD, 2011)

Az 5. számú ábra tanúsága szerint a szén alapú villamosenergia-termelés aránya az elmúlt 40 évben nem hogy csökkent, de kis mértékben növekedett az összes termelt villamos-

energia több mint 40%-át adva. Amennyiben figyelembe vesszük az egyéb fosszilis energiaforrásokat (k olaj, földgáz) némi részarány csökkenést tapasztalunk. Míg 1971-ben az összes villamosenergia-termelés közel 75%-át a fosszilis er forrásokra épül technológiákkal állították el , addig 2009-re ez az arány 67%-ra csökkent. Ahogyan azt a fenti ábra is szemlélteti mindez a k olaj felhasználás visszahúzóódásának, valamint a nukleáris energia alapú technológiák térnyerésének következménye.

Tehát kijelenthetjük, hogy **villamos-energia el állítók döntései hatással vannak a környezetre. A közvetett hatások mellett az alaposabb bizonyítékok felállítása sem maradhat el.** A környezeti dimenzió szoros gazdasági kapcsolódásának első hirdetője az 1950-es években Kuznets volt. Az általa megalkotott, *környezeti Kuznets-görbének* nevezett koncepció szerint a GDP szint emelkedése a környezetszennyezés mértékének növekedését eredményezi (Selden, 1994; Copeland – Taylor, 2003; De Groot, 2000; Smulders – Bretschger, 2000), de gyakran csökkenti is azt, egy bizonyos küszöbérték elérését követően. A koncepció lényege, hogy **amint elegendő jövedelemhez jut a társadalom, és alapszükségeit képes kielégíteni, változik a fogyasztók értékítélete a környezeti minőség javára.**

A probléma, hogy **még mindig nem vagyunk biztosak a környezeti küszöbök pontos mértékében, vagyis mi az a hatás, amelyet ha átlép az éghajlatváltozás, annak végzetes következményei is lehetnek.** A befektetők nem lesznek hajlandók befektetni az éghajlat-változás hatásait enyhítő eszközökbe és tisztább technológiákba, ha kiderül, hogy a környezeti küszöb nincs is annyira közel. Sok ember önszántából, aktívan választ relatíve drágább, bio-élelmiszer termékeket, valamint az üzemanyag fogyasztás szempontjából hatékony motorral felszerelt gépjárműveket, azok száma azonban máig elenyésző, akik szolgáltató váltással, vagy jelenlegi szolgáltatójuk egy ún. zöld-mix ajánlatával a zöld energiát preferálnák⁸.

A **megújuló energiaforrás alapú villamosenergia-termelés**, bár az utóbbi évtizedekben elképesztő ütemben terjed, a teljes villamosenergia-termelésen belüli részaránya ezen technológiáknak, a vízenergia kivételével leszámítva, oly mértékben alacsony, hogy a közeljövőben aligha helyezhető kilátásba az egyéb megújuló technológiák szignifikáns térnyerése (IEA, 2008). Bár 1997 és 2005 között a napenergia piac 33%-kal növekedett, a legfrissebb adatok szerint a napenergia alapú villamosenergia-termelés mindössze a teljes villamos-energia el állítás 0,02%-a (Hoffmann, 2006). Ennél is látványosabb a világ

széler m piacának növekedése (50%) 1971 és 2004 között, mégis a technológia az össztermelésnek mindössze 0,5%-át adja a maga 80 TWh felett el állított villamosenergiájával (IEA, 2007a).

A **növekv villamosenergia-kereslet** tovább mélyíti a problémát. A Nemzetközi Energiaügynökség adatai szerint a világ villamosenergia-kereslete átlag 3,6%-kal növekszik évente (IEA, 2011); becsléseik szerint amennyiben a jelenlegi szénfüggőség nem csökken, akkor csupán a fejlett országok széner m veinek üvegházhatású gáz kibocsátása 2030-ra nagyobb lesz, mint a teljes OECD villamosenergia-szektor káros anyag kibocsátása (IEA, 2004).

Tehát bár minden jel arra utal, hogy a környezetváltozás valós, a beruházók nagy része a mai napig az olcsóbb, piszkosabb technológiákba kíván befektetni. Mivel a villamosenergia-szektorba történ beruházások többsége irreverzibilis, következésképpen az adott kapacitásokat azok gazdasági élettartamának végéig használják, a következmény a folyamatosan felhalmozódó kibocsátás lesz. **Ezért a villamosenergia-termelők, valamint a társadalom, illetve környezeti dimenziók érdekeinek közelítése érdekében a kormánynak, a szabályalkotóknak kell az összekötő kapocs szerepét betölteni.**

1.4. A szabályalkotók és a politika szerepe a villamosenergia-szektorban

A kormányzat speciális szerepet kap a környezet és a villamosenergia-szektor közötti közvetítés formájában. **A villamosenergia-szektor befektetési csekély belülről fakadó motivációt éreznek a kizárólag környezetbarát technológiákba történ beruházásra.** A kormányok, szabályalkotók azonban képesek lehetnek a befektetési preferenciákat mozgatni elírások, adók kivetésével a fosszilis tüzelőanyagokra, vagy azok káros anyag kibocsátására; esetleg a megújuló energiahordozó alapú technológiákba irányuló beruházások támogatása vagy adókedvezmények által. **Szabályok, elírások nélkül a villamosenergia-termelési folyamat során keletkező szennyezés a vállalat beruházási és termelési döntése szempontjából externália** (Fuss, 2008).

A kormányzat oldaláról a beruházási érdekek befolyásolására rendelkezésre álló eszközök két csoportba sorolhatóak: egyik oldalról vannak azok az eszközök, amelyek büntetik a fosszilis üzemanyagok használatát, úgy mint a CO₂-adó, vagy a kvótakereskedelem. Másik oldalról létezik még azon befolyásoló tényezők csoportja, melyek a megújuló energiák alkalmazását és elterjedését támogatják, úgymint a támogatások és kötelező alkalmazások,

telepítések. Továbbá az egyes kormányzatok bevezették az ún. megújuló-energia alkalmazási kényszert, egy el írást, mely megköveteli, hogy az el állított villamos-energia egy minimum százalékát megújuló energia hordozókra épül technológiával kell el állítani. Egyéb példa a politikai eszközre az ún. *feed-in tarifa* rendszer, mely lényegében egy jogi garancia arra, hogy az adott termel által generált zöld villamos-energia egy el re meghatározott mennyiségét felvásárolják rögzített áron, így lehet vé téve a termel i költségek egy részének kvázi biztos fedezetét.

A villamos-energia el állítási technológiákba irányuló beruházási döntés tehát mára bonyolultabbá vált, mint valaha. A döntéshozóknak egyrészt a szerepl k sokaságának eltér preferenciái alapján, egy megváltozott piaci szerkezetb l adódóan fokozott bizonytalanság és energiakereslet mellett, a környezet-tudatosság, az energiahatékonyság, és az energiabiztonság szem el tt tartásával kell meghozniuk beruházási döntéseiket.

1.5. A disszertáció vizsgálati területe

Véleményem szerint az er m beruházások elemzését és értékelését érint források els sorban a termelési technológiák egyedi, egy-egy érdekelti néz pontból, a bizonytalansági tényez k korlátozott számának figyelembe vétele mellett, a komplex m szaki rendszerekben rejl rugalmasságok korlátozott kihasználásával végrehajtott vizsgálatára szorítkoznak. Vagyis elmarad a villamosenergia-összetételnek többcélú, a termel k jellemz en profitorientált, a fogyasztók vegyesen költség-centrikus és környezeti szempontú, valamint a szabályalkotóknak az ellátásbiztonság minden határon túli realizálására törekv , környezeti kérdéseket szem el tt tartó, az energiahatékonyság javulására irányuló szempontjainak együttes figyelembe vétele, illetve ezek az energia-összetétel eltolódását eredményez cserekapcsolatainak azonosítása.

A villamosenergia-szektoron fokozott a nyomás a fosszilis technológiák körének sz kítése, valamint az alacsony káros anyag kibocsátású villamosenergia-termelési eljárások körének b vítése iránt. Ezen átmenet kulcsát a források a fosszilis alapú villamosenergia-termelésr l való elmozdulásban, a fejlett nukleáris és megújuló energiaforrás alapú technológiák villamosenergia-összetételen belüli részarányának növekedésében, valamint a villamosenergia-felhasználás hatékonyságának javulásában látják. **Az elemzések a legtöbb esetben makroökonómiai szemléletben, els sorban a technológiák költségalapú összehasonlítására fókuszálva készülnek.**

A 20. század, jellemzően költségalapú kapacitás tervezési eljárásainak evolúciója véleményem szerint a bizonytalanság modellbe foglalásának törekvése mentén haladt. Sorra születtek az input paraméterek számosságának, azok pontosságának növelésével az adekvát költségbecslést célzó, ugyanakkor a beruházásokban rejlik lehetőségek, a menedzseri flexibilitást, valamint a vizsgált villamosenergia-termelési technológiák közötti kölcsönhatásokat figyelmen kívül hagyó modellek.

Véleményem szerint a mai dinamikus környezetben, a megváltozott piaci feltételek mellett a szektor beruházásainak mikro-ökonómiai perspektívájú értékelése legalább annyira, ha nem fontosabb, hiszen ezáltal nyerhetünk betekintést egy-egy technológia potenciális költségparamétereire mellett a beruházási magatartás megváltozásának irányába mutató ösztönzőkről, az egyes villamosenergia-termelési eljárások értékteremtési potenciáljáról. A mikro-szemlélet lehetővé teszi a kockázat elemzésbe foglalását, a bizonytalanság mellett hozott beruházási döntések elvárt hozamának számszerűsítését.

A bizonytalanság mellett hozott beruházási döntések kritikus pontja a bizonytalanság projektértékre kifejtett hatásának számszerűsítése. Az első paradigma mely megfelel ennek képes közelíteni az egyes bizonytalansági tényezők projektértékre kifejtett hatását véleményem szerint a reálopció-elmélet. **A reálopció-elmélet központi premisszája** szerint a menedzseri döntések fókuszában a flexibilitást növelő, a bizonytalanságot kezelő opciók létrehozatala, majd ezek lehívása (érvényesítése) vagy le nem hívása (nem érvényesítése) áll. A villamosenergia-szektorban a beruházásokat körülvevő jelentős mértékű bizonytalanságnak, valamint a magas elsüllyedt költségek és a beruházás időzítésének rugalmassága közötti interakció kombinálásában rejlik potenciálisan együttesen teszi különösen érdekes területté a reálopció-elmélet számára.

Dolgozatom célja nem egyszerűen a reálopció-elmélet villamosenergia-szektoron belüli alkalmazásában rejlik értékteremtési, valamint kockázat enyhítési potenciál illusztrálása, de a portfólió-szempontra reálopció elemzésbe foglalásával, a reálopció-elmélet villamosenergia-összetétel vizsgálatokhoz, az egyes technológiák kockázat-hozam karakterisztikája alapján hozott optimalizációs döntésekhez való hozzájárulásának azonosítása.

E cél elérése érdekében, illetve e cél eléréséhez vezető út mentén megfogalmazott hipotéziseim a következők:

Hipotézis I.

A standard kapacitás tervezési eljárások a méret-gazdaságosság elvéből adódóan a fejlett, elsősorban megújuló technológiákban rejlő stratégiai előnyök, megragadására, valamint valószínű piaci potenciáljuk kihasználásának elősegítésére képtelenségük folytán alapvetően a hagyományos (fosszilis, nukleáris) technológiák térnyerését szorgalmazzák.

Hipotézis II.

Az egyes technológiák közötti kölcsönhatások megragadásával a portfólió-elmélet képes az optimalitásnak magasabb fokán álló villamosenergia-összetétel azonosítására.

Hipotézis III.

A reálopció-elemzés lehetővé teszi a technológia-beruházások mind költség, mind bevétel oldali bizonytalanságának modellezését, a beruházás időzítésére illetve a működés alakíthatóságára vonatkozó flexibilitás értékelésével egy stratégiai érték azonosítását, ezzel az adekvátabb beruházási döntés-támogatás megvalósítását.

Hipotézis III./a

Az időzítési rugalmasság (halasztás és elvetés lehetősége) a legnagyobb stratégiai értéket a fejlett, megújuló energiaforrás alapú technológiák esetében eredményezi.

Hipotézis III./b

A működési rugalmasság (bővítés lehetősége) által teremtett stratégiai érték a tanulási hatásnak, valamint a hagyományos értékteremtés mértékének függvénye.

Hipotézis IV.

A reálopció-elemzés során azonosított stratégiai érték szignifikáns hatással bírhat a villamosenergia-összetétel optimalizálására irányuló befektetési döntéshozatalra.

Hipotézis IV./a

A reálopció-elmélet alkalmazása a kapacitás tervezési döntéshozatal során elősegítheti a fejlett technológiák villamosenergia-termelésen belüli térnyerését.

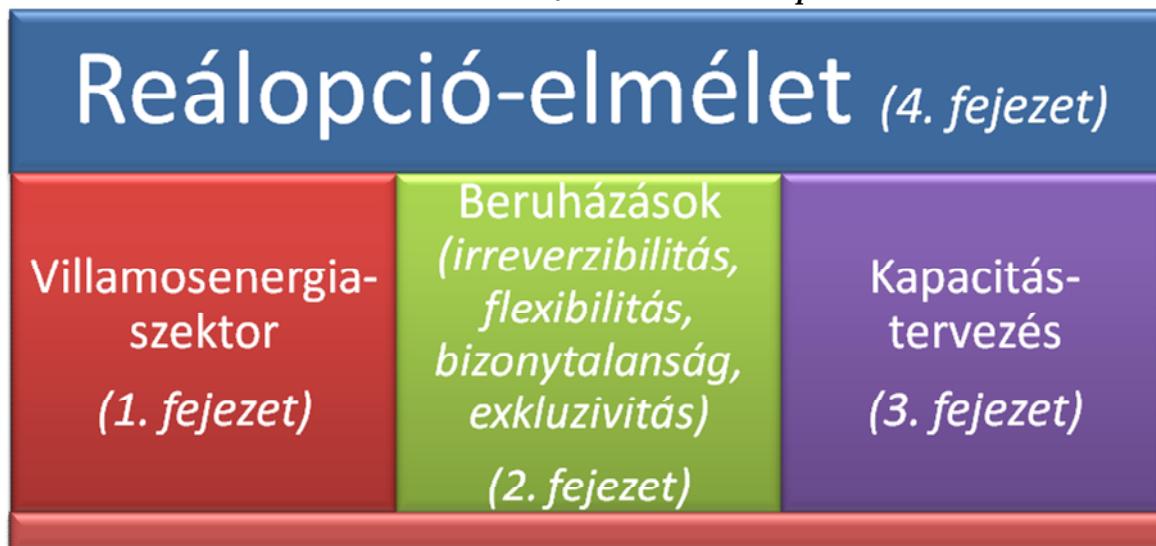
Dolgozatom a kapacitás tervezés játékterének, a villamosenergia-szektor leírásával, a szektor beruházási döntéseit alakító, arra közvetlen, vagy közvetett hatást kifejtő, kifejtési képes szereplőknek, illetve legfontosabb mozgatóknak elemzésével kezdtem **(1.1-1.4. fejezet)**. **Mielőtt rátérnék** a szektor beruházási döntéseit, a beruházási környezetet, a reálopciók alkalmazását lehetővé tevő beruházási karakterisztikák, valamint a beruházásokat övező bizonytalanság részletes vizsgálatára **(2. fejezet)**, fontosnak tartom még az első fejezetben a kutatásom korlátainak részletezését.

A disszertáció villamos-energia összetétel-elemzésre koncentráló harmadik pillére villamos-energia kapacitás tervezést támogató eljárások evolúciós összefoglalója, kiemelt fókusszal a komplex műszaki rendszerek hosszú távú beruházásainak összehangolását lehetővé tevő módszerekre. A történeti áttekintés célja a szektor megváltozott keretrendszerének projekt-értékelésre, összetétel tervezésre kifejtett hatásának szemléltetése, az új, hatékonyabb eljárás(ok) iránti szükséglet igazolása **(3. fejezet)**. Ebben a fejezetben ismertetem meg az olvasót azokkal a kapacitás tervezési eljárásokkal, melyek módszertanilag az ún. hagyományos beruházás (diszkontált pénzáram) értékelési módszerekre épül, azokat továbbfejlesztve, kifejezetten a villamosenergia-szektorra specializált eljárások. A harmadik fejezetben elsőként a további kapacitás tervezési modellek alapját képező ún. teljes életciklus költség, vagy más néven aktualizált költség eljárás, majd az ún. szór-görbe elemzés elméleti áttekintése, a használatukból eredő előnyöknek és hátrányoknak kritikai összefoglalója kapott helyet. A bizonytalansági tényezők számosságának következtében, illetve ezek következményeinek súlyosbodásával életre keltett kapacitás tervezési eljárások (determinisztikus eljárás, robosztusság vizsgálat, portfólió-elmélet) ismertetését megelőzően az optimalitás kérdéskörét járrom körbe, hiszen megközelít legelőször ezen eljárások megjelenésére datálható az optimalitási kritériumok súlypont eltolódása.

A dolgozat ötödik fejezete **(4. fejezet)** a reálopció-elmélet létrejöttét követően a stratégiai reálopció menedzsment szemszögéből járja körül a legfontosabb típusokat, jellemzőket, valamint a reálopció értékelési eljárásokat. A reálopció-elmélet összetétel-tervezés területén történő alkalmazása megköveteli az elmélet kiterjesztését, egy új értékelési szemlélet, a reálopciók portfóliójának vizsgálatát. Disszertációm készítése során kiemelt figyelmet szenteltem a reálopciók portfóliók kvalitatív és kvantitatív értékelési lehetőségeinek és korlátainak ismertetésére. A fejezetet a reálopció-elméletnek villamosenergia-szektoron belüli alkalmazási potenciáljának, az egyes bizonytalansági

tényezők mentén felépített hasznosulási lehetőségeinek elemzés bemutatásával, valamint a reálopció-elméletnek villamos-energia kapacitás tervezésen belüli vizsgálatával, a hozzáadott-érték teremtési rések azonosításával zárom.

6. ábra A disszertáció teoretikus pillérei



Forrás: Saját szerkesztés

A dolgozat empirikus fejezete a bemutatott kapacitás tervezési eljárások gyakorlati alkalmazásának, a villamosenergia-összetétel jellemzésén Magyarországon is elérhető, de sok esetben 18 termelési technológiára végrehajtott optimalizációjának folyamatát, illetve annak eredményeit mutatja be. A disszertáció ezen gyakorlati fejezetének felépítése követi az elméleti áttekinthető belső felépítését, vagyis az egyes módszereket megjelenésük kronologikus sorrendjében alkalmaztam, kifejezetten az egyes állomások hozzáadott értékére koncentrálva (5. fejezet). A fejezetet a reálopció-elmélet összetétel-optimalizálási modellbe foglalásának kísérletével, illetve az eredményül kapott összetételbe vonási sorrendek értékelésével zárom.

A dolgozatot megfogalmazott hipotéziseim vizsgálatával, az egyes kapacitás tervezési eljárások összefoglaló értékelésével, további kutatási lehetőségek azonosításával zárom (6. fejezet).

1.6. A disszertáció korlátai

A liberalizált villamos-energia rendszerek döntéseinek vizsgálata több szempontból összetett feladat. A **komplexitás forrása** lehet a rendszer mind endogén (a villamos-energia mint áru speciális karakterisztikája), mind exogén (liberalizáció; dereguláció;

környezeti kihívások) tulajdonsága. Az ezekb l adódó kihívások természetesen nem vizsgálhatóak teljes kör en. **Az els egyszer sítés, amivel élek, hogy a dereguláció eredményeként létrejöv villamosenergia-rendszernek mindössze versenypiaci szegmensére, azon belül is az er m vekre fókuszálok. Milyen el nyei és hátrányai lehetnek ennek az egyszer sítésnek?** Egyesek érvelhetnek azzal, hogy amennyiben csupán az er m vekre koncentrálnunk akkor eltekintünk olyan, a teljes értékláncot jelent sen befolyásoló hatások vizsgálatától, mint például az ellátási lánc utolsó szakaszaiban m köd vállalatokra kivetett szabályok, el írások.

Véleményem szerint azonban például egy szabályozás, mely el írja az elosztó-vállalatok számára bizonyos százaléku megújuló energiahordozó alapú villamos-energia megvásárlását, eredményezheti a megújuló technológiák keresletének, és ezzel az áraknak emelkedését, következésképpen a termel k megújuló energiahordozó alapú technológiák választására ösztönzését. Bár ez nem azonos a közvetlen, a termel kre vonatkoztatott szabályokkal, végeredményében a hatás itt is lecsapódik. Az egyszer sítéssel tehát a szabályozók kínálati oldalra kifejtett hatásainak elemzése szempontjából semmi sem veszik el, ugyanakkor többet nyerünk a probléma komplexitásának csökkentése és az átláthatóság növelése terén.

A továbbiakban figyelmemet tehát **a termelésre koncentrálok az átvitel, az elosztás és fogyasztás helyett**, és bár az el bbiek sok helyen közvetetten megjelennek a kés bbiekben, a fogyasztói oldalt munkám jelent s részében egyáltalán nem veszem figyelembe. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy véleményem szerint a fogyasztási oldal nincs hatással a vizsgálati területre. Épp ellenkez leg, a fogyasztói attit dök „zöldülése” járult hozzá több más tényez mellett a politikai intézkedések élénküléséhez, a társadalmi összefogás fokozódásához, valamint ezek már említett termel i oldalra kifejtett hatásainak, sok esetben terheinek növekedéséhez.

Dolgozatom jelent s részében **csupán az új er m vek létesítésére irányuló beruházásokat vizsgálom**. A meglév létesítmények b vítésének, azok termelésének ideiglenes leállítására, felfüggesztésére, visszahúzására, illetve kiterjesztésére vonatkozó aspektusokat csupán a reálopciók módszertan segítségével elemzem.

Munkám során a hagyományos projektértékelést l eltér en egy **speciális elemz i perspektívát**, a bizonytalan környezetben, rugalmas menedzseri beavatkozási lehet ségek mellett végrehajtott **beruházások összességét veszem alapul**. A villamos-energia

beruházások esetében csak kapacitás-tervezésnek nevezett néz pont elemzésére az évek során gazdag eszköztár jött létre, illetve e döntéshozatalt támogató metódusok a mai napig is napvilágot látnak. Dolgozatomban ezen eszköztár történeti b vülésének megfelelően ismertetem a különféle módszereket mind elméletben, mind a gyakorlatban. Ahogyan azt a korábbiakban jeleztem, dolgozatomban fókuszában többek között a szektort övez bizonytalansági tényezők állnak, így e történeti bemutatás célja els sorban annak a kérdésnek tisztázása, hogy *vajon e módszerek evolúciója képes volt-e az iparágat fenyeget kihívásoknak megfelelni, az iparág technológiai adottságaiban rejl lehet ségeket megragadni.*

A dolgozat célja tehát, hogy **matematikai modellezés** segítségével ismertesse a villamosenergia-szektorra jellemző beruházások összetett dinamizmusát. Olyan **költség- és hozamalapú modellek használók fel, illetve** hozok létre (a sztochasztikus szemlélet részleges figyelembe vételével), melyek képesek a fokozottan bizonytalan környezetben tevékenyked termelő vállalatok beruházási döntéshozatalának támogatására. A dolgozat nem titkolt célja *az optimális beruházási döntéstámogatás mellett a villamosenergia-termelési technológiák keresletének és kínálatának alakulását befolyásoló modell-output elemzés.*

A matematikai modellek számos **egyszer sít feltételezésre** épülnek. A modellek megalkotása során a bizonytalansági tényezők költségekre kifejtett hatásának azonosítását több esetben mell zni voltam kénytelen, a rendelkezésre álló adatok korlátossága folytán. A m köd er m vek leszerelésének beruházási pénzáramokra kifejtett hatásával expliciten nem foglalkozom, mindössze a kvalitatív elemzéskor érintem azt. Ahogyan azt már korábban jeleztem, a dolgozat egészében a termelő vállalatokra koncentrálok, így az átviteli- és elosztó hálózati vállalatok beruházási pénzáramokra kifejtett hatásai nem jelennek meg munkám során. Mindez a költségalapú modellek esetében kisebb, a hozamalapú modell esetében ugyanakkor jelent s elrugaszkodás a valóságtól, hiszen a villamos-energia ellátási lánc ezen szakaszai jelent s hatással lehetnek a villamos-energia árakra.

A reálopciók módszertan villamosenergia-szektorra adaptálása érdekében további **feltételezésekkel** kellett élnem **az er m vek létesítésére, m ködésére, m ködtetésére vonatkozóan.** Amikor egy vállalat, egy döntéshozó a villamosenergia-termelési technológiába irányuló beruházást fontolja, általában egy megvalósíthatósági tanulmányt

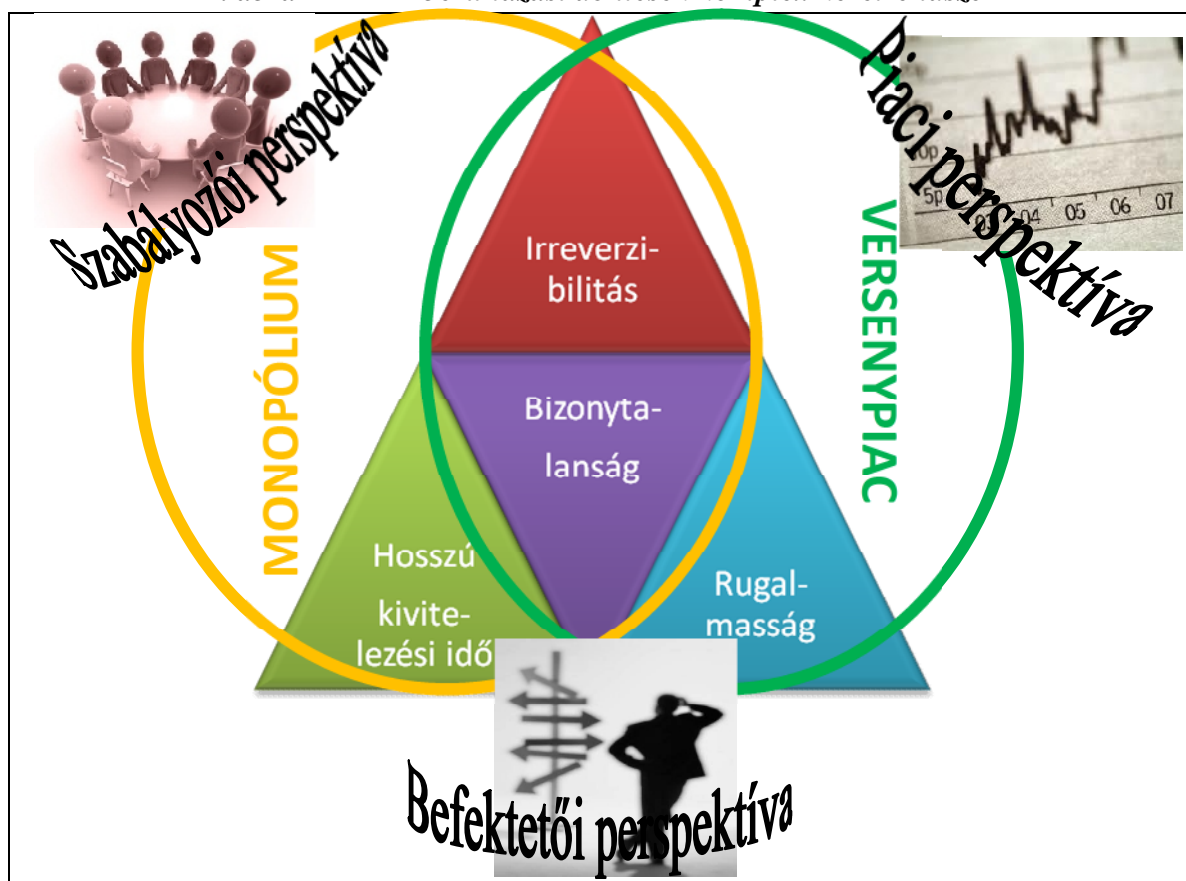
készít, melyben m szakai, pénzügyi szakemberek csoportjait, piaci elemz ket, ügyvédeket von be. Fontos kiemelnem, hogy dolgozatomnak nem célja egy ehhez hasonló, multidiszciplináris elemzés kivitelezése, sokkal inkább egy, az er m vek, az er m - összetétel értékét meghatározó els dleges tényez k figyelembe vétele mellett végzett pénzügyi elemzés prezentálása. Ezen egyszer sítés fontos egyrészt a pénzügytudományok területére korlátozódó szaktudásom, valamint modell-komplexitás szimplifikációja érdekében.

Feltételezésem szerint a transzmissziós és disztribúciós hálózat költségei a villamosenergia piaci árakban visszatükröz dnek; a villamos-energia piaci árak függetlenek a beruházó beruházási vagy nem beruházási döntéseit l, ezért a beruházás megvalósítását támogató döntés nem lesz hatással a piac által kommunikált árakra; a villamosenergia termelési technológia számára szabadon elérhet az alapjául szolgáló els dleges energiaforrás, melynek szállítási költségei a f t anyag költségekben visszatükröz dnek; a rendszerszint szolgáltatások nyújtásából potenciálisan szereshet bevételeket nem veszem figyelembe; az eredmények levezetése során az adóhatásoktól eltekintek.

2. A BERUHÁZÁSI DÖNTÉSEK SPECIALITÁSAI A VILLAMOSENERGIA-SZEKTORBAN

A beruházások mindenkori volumene képes az adott termelői szektor szerkezetét és hosszú távú termelői képességét befolyásolni. A következő 25 évben Földünk összes energia beruházásának (16 trillió dollár) 60%-a a villamosenergia-szektorban valósul meg. Ennek a közel tíz trillió dollárnak mintegy felét a villamosenergia-termelési technológiákba irányuló befektetések teszik ki (IEA, 2003). A szektor költség-megtakarítási lehetőségeinek jelentős része az új termelési-technológia beruházások allokációjának és összetételének hatékonyságához köthet. Egy termelői ágazat jövőbeli fejlődési irányának megértéséhez szükség van a *beruházások mozgatóinak, befolyásoló tényezőinek, logikai alapvetéseinek feltárására.*

7. ábra A beruházási döntések komplex keretrendszer



Forrás: Saját szerkesztés

A villamosenergia-szektor beruházási döntéshozatali folyamata a verseny megjelenésével drámaian átalakult. Megváltozott a döntéshozók és a döntést befolyásolók köre, illetve preferenciája; megsokszorozódtak és fenyegetőbbé váltak a

bizonytalansági tényezők, ellehetetlenült ezek (negatív) következményeinek áthárítása. Ebben a fejezetben ismertetem a beruházási folyamat két paradigma (*monopólium vs. versenypiac*) melletti karakterisztikáját, majd a megváltozott körülmények közötti beruházás-elemzés lehetséges perspektíváit (*piaci, befektetői, szabályozói perspektíva*) (2.2. fejezet); ezt követi a villamos-energia beruházások általános jellemzőinek (*bizonytalanság, hosszú kivitelezési idő, irreverzibilitás, rugalmasság*) (2.3. fejezet) ismertetése; végül a fejezetet a legkritikusabb karakterisztika, a bizonytalanság jelenségének elméleti és szektor-specifikus körülményeivel zárom (2.4. fejezet).

2.1. A szabályozott- és a liberalizált piaci beruházási környezet

A liberalizációt megelőzően **monopólium** jellemezte a teljes villamosenergia-szektor. A villamos-energia szolgáltatókat általános csatlakoztatási és ellátási kötelezettség terhelte, vagyis mindenkit csatlakoztatniuk kellett a villamos-energia hálózathoz, majd ezt követően a villamos-energiával ellátni. Ahhoz, hogy ezt a törvény által előírt ellátási feladatot teljesíteni tudják, a villamosenergia-szolgáltatók - többek között - erőmunkába voltak kénytelenek beruházni. A szolgáltatók számára csekély volt a nyomás a beruházási döntéseket elsősorban gazdasági kritériumok alapján meghozni, mindössze jogszabályi előírás kötelezte őket a kielégítő, biztonságos és árhatékony (*olcsó*) villamos-energia szolgáltatás nyújtására. **A villamosenergia-tervezés célja a megfelelő szintű termelési kapacitás, a termelési technológiák optimális összetételének, a beruházások optimális időzítésének, valamint a kapacitások optimális leszerelési idejének meghatározása volt, mely célkitűzés előterében a minimális költség mellett ellátásbiztonság állt** (Ku, 1995).

Az erőmunka-beruházási döntéseket elsősorban **technikai kritériumok alapján** hozták meg. A monopol-helyzetet a stabil és költségfedező output-árak jellemezték (Becker, 1992). A tervezett erőműépítésre, a munkaködsre és karbantartásra, valamint az erőműleállításra vonatkozóan szinte minden információ elérhető, vagy legalábbis beszerezhető volt. A villamos-energia kínálat tervezését tehát jelentős szabadságfok jellemezte. Az erőmunka-beruházások esetében mindez egy alacsony illetve korlátos, behatárolható kockázatot jelentett, hiszen a pénzáramok kvázi biztosak, nagyságuk előre jelezhető volt. Mindez az idegenteljesítő alacsony hozamkövetelményében és a hosszú finanszírozási időszakokban tükröződik vissza. Az alapterhelés területén többek között ezért építettek

magas t keintenzitású, hosszú amortizációs idej , hatalmas teljesítmény (1000 MW feletti) er m veket (pl.: atomer m) (Gaidosch, 2007).

A **liberalizációt** követ en megsz ntek a területi monopóliumok, és a végfogyasztók maguk választhatják meg energia-szolgáltatójukat. A létrejöv verseny a villamos-energia szolgáltatóknál er s költségnyomást idézett el , mellyel többek között racionalizálásra irányuló intézkedésekkel és a vállalkozások koncentrációjával vették fel a harcot. A vállalatok beruházási tevékenysége liberalizált piaci környezetben, nem a költségek által, hanem a piacon megszerezhet hozamok által dominált. A versenykörülmények között szervezett piacokon az árszint beruházási jelzéseket ad (IEA, 2005).

A liberalizációval az eddig biztos tervezési nagyságok bizonytalanná váltak, mely megváltoztatta a villamos-energia szolgáltatók információs politikáját. A versenyszempontból releváns információk, mint például a tervezett er m -beruházások, az átvizsgálások, felülvizsgálások id pontjai, a rendelkezésre álló tartalékkapacitás nagysága, vagy az er m vek leállítására vonatkozó információk már korlátozottan kerülnek a nyilvánosság elé.

Ma az er m vek er s versenyben állnak egymással. A villamos-energia nagykereskedelmi piacon keresztül a vállalkozások egyedi er m -beruházásaik tervezésekor bel- és külföldi vetélytársaikat is figyelembe kell, hogy vegyék. A mai er m vek nem egy adott területre es terhelés alapján rendez dnek, hanem az er m vek pillanatnyi határköltségének aktuális piaci árakhoz való viszonya alapján.

Elvben a villamos-energia piacra érvényes a *merit-order (továbbiakban érdemességi sorrend) elv*. Ez egy olyan sorrend, amely azt adja meg, hogy az egyes er m veket milyen sorrendben kell bekapcsolni a termelésbe. Ez a sorrend az er m vek növekményköltségén és ezzel együtt azon az energia mennyiségen alapul, melyet termelni fognak. Vagyis az er m vek üzembe hívása a határköltségnek megfelelő *érdemességi sorrend* alapján fog történni, a legalacsonyabb költség technológiával kezdve (Blyth, 2008).

Amennyiben a piaci árak egy meghatározott id tartamon keresztül az er m rövid távú határköltsége felett vannak, akkor gazdaságossági szempontból ésszer ebben az id pontban a villamosenergia-termelést leállítani az adott er m ben. Azonban amennyiben a piaci árak a rövid távú határköltség alatt vannak, akkor gazdaságilag kifizet d bb az er m vet bezárni és a villamos-energiát a piacról beszerezni. Mindezt persze csupán abban

az esetben feltételezhetjük, amennyiben az erőm technikailag alkalmas erre, illetve a piac elegendően likvid, valamint a leállítási és újraindítási költségeket is figyelembe véve hoztuk meg döntésünket.

A következő **(2. számú) táblázat** a szabályozott és liberalizált piaci jellemzőket foglalja össze.

2. táblázat A szabályozott- és liberalizált villamos-energia piaci karakterisztikák összevetése

SZEMPONT	MONOPÓLIUM	VERSENY
BERUHÁZÁSI DÖNTÉS ALAPJA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ költségminimalizálás ▪ ellátásbiztonság 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kockázat-hozam átváltás
BERUHÁZÁSI ID PONTJA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ azonnali kivitelezés a döntést követően 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ halasztás lehetősége a biztos hozam érdekében
KAPACITÁS TERVEZÉS, PIACI ÁRAK	<ul style="list-style-type: none"> ▪ a határköltségek alapján ▪ nincs piac 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Határköltség ▪ volatilis piaci árak
VILLAMOS ENERGIA KERESLET	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ismert fogyasztók ▪ rögzített piaci részesedések ▪ biztos kereslet-elrejelzés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ volatilis piaci részesedés ▪ bizonytalan kereslet-elrejelzés
INFORMÁCIÓK	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A szolgáltatók együttműködése ▪ bizalom az információk terén 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ korlátozott információ közlés ▪ kétely a nyilvánosságra hozott információk valódiságát illetően
SZERZŐDÉSEK ID TARTAMA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hosszú 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ rövid
TÁRSZERZŐDÉSI KÖLTSÉG (WACC)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alacsony, az alacsony kockázat következtében 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ magas, a megnövekedett kockázatnak megfelelően
ÖSSZEFOGLALÁS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tervezési biztonság ▪ alacsony beruházási kockázat 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bizonytalanság ▪ magas beruházási kockázat

Forrás: Saját szerkesztés Dyner – Larssen, 2001; Kadoya et. al., 2005 alapján

Összességében azt lehet mondani, hogy bár bizonyos (pl.: környezeti, profitmaximalizációs) szempontok alapvetően nem, vagy mindössze az utolsó időkben merültek fel a teljesen szabályozott, vertikálisan integrált monopol piacokon végrehajtott energia-tervezés során, a bizonytalanságnak ekkor is számos forrása jelen volt. **Míg monopol körülmények között az ezekből eredő költséghatásokat a termelői oldal korlát nélkül képes volt a végfogyasztókra hárítani (Dyner – Larsen, 2001), liberalizált piacokon a befektetők már nem képesek ezen költségek fogyasztókra, illetve adófizetőkre történő automatikus áthárítására.**

A legjobban a termelő vállalatokat érinti a változó keretrendszer, hiszen óriási és általában irreverzibilis beruházásaik révén a liberalizált energiapiacok kockázataival fokozottan kénytelenek szembesülni. A villamos-energia előállítására irányuló beruházásokat tehát egyre növekvő számosságú, a szektor szereplői számára fokozott terhet jelent bizonytalansági tényező fenyegeti (Weber, 2008). Ezekről bővebben a 2.4. fejezetben.

2.2. A beruházási döntések elemzése i perspektívái

A bizonytalanság mellett hozott beruházási döntések vizsgálata három összefüggésben történhet, *az egyéni befektető szemszögéből, a piac, valamint a szabályozók és politikaformálók perspektívájából.* A **mikroökonómiai alapvetés** szerint a döntési koncepció középpontjában az egyes technológiák értékét befolyásoló tényezők alakulásának bizonytalansága áll. Itt a mindenkori befektetői portfóliót, valamint az egyes technológiák kölcsönhatásait kell vizsgálni. Vállalkozói szinten vizsgálódva azonosíthatóvá válik az egyedi beruházási döntések diverzifikációs foka, valamint a döntések befektetői kockázati tartózkodási szinttel való függése. Az egyedi döntés értékelésével szemben a portfólió szemlélettel kvantifikálhatóvá válik a diverzifikáció hatékonysága.

A **piaci perspektíva** szempontjából érdemes vizsgálni, hogy liberalizált piacon, ideális körülmények között, az azonnali piaci árak információin keresztül, hogyan állítható elő egyensúlyi helyzet az erőforrások fel- és leszerelésével, bővítésével, vagy új erőforrások építésével. Ehhez szükséges elemezni az egyensúlyi helyzet piaci ártól való függését, valamint a befektetői tevékenységét. Továbbá érdemes lehet elemezni, hogy a piaci szereplők árakra vonatkozó kockázati tartózkodásának mértéke hogyan hat a potenciális erőforrás típusok hozam-eloszlására. Válaszra váró kérdés az azonnali árak tulajdonságainak fundamentális függése az alapul szolgáló erőforrásoktól, ahol a két oldal kölcsönösen hat egymásra. Itt szükséges azt is vizsgálni, hogy miként hat az új technológiák belépése (például a megújuló energia termelési módok térnyerése) a piaci árakra, s ezáltal a kereslet költség-eloszlására.

A **makrogazdasági szabályozói perspektíva** esetében felmerül a kérdés, hogy liberalizált piaci környezetben a rendelkezésre álló eszközökkel, intézkedésekkel és jogszabályokkal elérhető-e az energiapolitika alapvető céljai: *a környezettudatosság, az ellátásbiztonság és a gazdaságosság.* Az intézkedések hatásának feltérképezéséhez szükség van az egymással kölcsönhatásban lévő energia-politikai irányelvek, a beruházási döntések és a villamos-energia piac modellezésére és vizsgálatára. Vizsgálni szükséges a

regulációs eszközök hatását a különböző bizonytalansági tényezőkre és ezzel a beruházások hozamaira, s végül a befektetési csoportok beruházási döntéseire.

2.3. A villamosenergia-termelési technológia beruházások általános jellemzői

Ahhoz, hogy megértsük a befektetők viselkedését, valamint a villamosenergia-szektor aggregált beruházásainak következményeit, fontos, hogy tisztában legyünk a beruházások alapvető karakterisztikáival. A következőkben bemutatom a termelési technológia (erőmű) létesítésére irányuló befektetések néhány *általános tulajdonságát* (Lundmark – Petterssen, 2007; Olsina, 2005).

Ezek a beruházások erősen **te-ke-intenzív**, jelentős pénzügyi elkötelezéssel járó befektetések, melyek részben, vagy egészben **irreverzibilisek**, vagyis amint a beruházási projektet megvalósították, annak teljes költségét elsüllyedt költségnek kell tekintenünk. Tulajdonképpen elenyészőnek tekinthető annak a valószínűsége, hogy egy erőművet más célokra is felhasználhatnánk, illetve nominál értékéhez képest szignifikáns veszteségek nélkül értékesíthetnénk a villamosenergia-termelés veszteségesse válását eredményező piaci körülmények között.

A beruházások kezdeti pénzáramainak jelentős részét akár több évvel az erőművek tényleges üzembe helyezését megelőzően kell eszközölni (**hosszú kivitelezési idő**). A létesített termelési technológia jellemzően hosszú, akár 40-50 évet meghaladó hasznos élettartalommal, ezen belül pedig a magas kezdeti pénzáramból adódóan **hosszú megtérülési idő**vel bír.

A **bizonytalanság** a jövőbeni hozamok és költségek kapcsán állandóan jelen van. A legfennyegetőbb jövőbeni bizonytalanság forrása a jövőbeni kereslet, a fűtőanyag költsége, valamint a villamos-energia ára, de például a lehetséges termelési technológiák körének bővülése újabb bizonytalansági forrást, a technológiai, innovációs kockázatot keltette életre. A megváltozott piaci struktúra kialakításért, illetve a környezeti szempontok érvényre juttatásáért felelős szabályozók volatilis intézkedéseik következtében szintén jelentős bizonytalanság okozói.

Következő tulajdonságként a beruházások **rugalmas időzítéssel** kell kiemelni. Ez azt jelenti, hogy a beruházás megvalósítható ma, abban az esetben, ha a belső származó

hozamok várhatóan elegendőek lesznek a költségek fedezetére; illetve a beruházást el is halaszthatjuk egy későbbi, a bizonytalansági forrásokról szerzett jobb információ megszerzésének időpontjáig. A befektetők rendelkeznek egy adott időszakon keresztül a projektbe történő beruházás lehetőségével, de hangsúlyosan nem a kötelezettségével. **Az utóbbi jellemvonása teszi lehetővé a szektor beruházásainak pénzügyi opcióként elemezhetőségét.**

A bizonytalansági tényezők a beruházási lehetőségek flexibilitási értékének számbavételét teszik szükségessé. A következőkben a villamosenergia-szektorban eszközölt termelési technológia beruházásokat kíséreljük meg, illetve övezet bizonytalansági tényezők kataszterének megalkotására, illetve az egyes faktorok ismertetésére teszünk kísérletet.

2.4. Bizonytalanság a villamosenergia-szektorban

Fontos azonosítani és felismerni a bizonytalansági tényezőket, különösen a jelentős bizonytalanság forrásait, mivel ezek potenciális negatív következményekkel járhatnak. Túl sok, vagy túl kevés kapacitás magasabb költségeket eredményez, hiszen a túlberuházás növeli a villamosenergia-árát, míg az alulberuházás kockáztatja a biztonságos ellátást. A jelenlegi információk alapján a vállalkozások ma inkább fektetnek a holnap alulteljesítő technológiákba az új üzemanyag szállítások és versenytechnológiák által gerjesztett változó körülményekből kifolyólag.

A bizonytalanság az oka annak, hogy a tervezés bonyolult folyamat, és amiért a tervek maguk nem optimálisak (Dowlatabadi - Toman, 1990). A bizonytalanság forrásai közötti összetett kölcsönhatások megértése multidiszciplináris megfontolásokat, nemcsak szakmai, környezeti, gazdasági és politikai átváltásokat követel meg (Berrie - McGlade, 1991, Merrill et. al., 1982).

Ahhoz, hogy tisztázzuk a bizonytalanság jelentését, bemutatom a forrásokban fellelhető definíciókat, illetve a bizonytalanság különböző típusait. Megkülönböztetjük a bizonytalanság típusait és területeit, mely párhuzamos Morgan és Henrion (1992) megkülönböztetésével. A bizonytalanság forrásai a változók azon területére utalnak, melyek ismeretlenek, vagy bizonytalanok⁹.

A bizonytalanság feltárásával egy vállalat képes lehet saját kockázatkitettségeinek csökkentésére, ugyanakkor az értékteremtésre egyaránt. Értékteremtés valósulhat meg akkor, ha egy vállalat megtalálja az alsó ági (negatív) kockázat (downside risk)

csökkentésének módját, a bizonytalanság kedvező (upside) hatásainak fenntartása mellett (Billington – Kuper, 2000).

A bizonytalanság elemzésével több szerző is foglalkozott (Knight 1921, Mises 1949, Shackle 1972, Loasby 1976, O’Driscoll és Rizzo 1985), azonban a legkiterjedtebb, a szakirodalom által leggyakrabban használt terminusokat adó okfejtéseket Langlois (1986) munkáiban találjuk.

3. táblázat A bizonytalanság különböző szintjei az ellátási láncokban

BIZONYOSSÁG		BIZONYTALANSÁG		
<p>„Egy széles mező közepén lebegünk, mindig bizonytalanul és határozatlanul, az egyik végtől a másik felé hanyódván. Mihelyt azt hisszük, hogy megkapaszkodhatunk és megállapodhatunk valami határponton, már el is mozdul, elhagy bennünket; ha pedig utánamegyünk, kicsusszan kezünk közül, tovasiklik, örökös szökésben menekül el lünnk. Semmi sem áll meg számunkra.” (Pascal, 1912)</p>				
Knighi dimenziók	Bizonyosság	Kockázat	Bizonytalanság	
Dosi és Egidi (Simon) dimenziói			Szubsztantív	Procedurális
Langlois-i dimenziók			Parametrikus	Strukturális Komplexitás

Forrás: Saját szerkesztés (Knight, 1921; Simon, 1978; Dosi – Egidi, 1991; Langlois, 1986; Kylläheiko, 1998; Kasanen et. al., 1993; Trkman – McCormack, 2009) alapján

Langlois a bizonytalanság két formáját különbözteti meg: a strukturális és a parametrikus bizonytalanságot. Az utóbbi esetben a döntéshozók nem tudják, hogy az összes lehetséges tevékenység-kimenet közül melyik fog bekövetkezni, de ismerik magukat a lehetséges tevékenységeket, a lehetséges kimeneteket, valamint a kimenetek bekövetkezésének valószínűségeit. Ilyen környezetben a döntéshozók az elttük álló probléma struktúrájáról (természetéről) tökéletes tudással rendelkeznek, azaz strukturális tudásuk tökéletes. Parametrikus tudásuk viszont tökéletlen, azaz a döntéshozók a probléma bizonyos paramétereit nem ismerik tökéletesen¹⁰. Dosi és Egidi szerint (1991) emellett a bizonytalanság két okból fakadhat: egyrészt az információk tökéletlenségéből, másrészt a tudás hiányos voltából, vagyis az aktorok korlátos kalkulációs és kognitív képességeiből.

Ezen a ponton fontos megjegyezni, hogy az energiaszektor kapcsán mindkét típusú bizonytalansági forrás jelen volt és a mai napig jelen van. A bizonytalanság jelenléte vitathatatlan mind a monopol-, mind a liberalizált piacokon. A projektek értékelését

érint lényeges különbség az információk tökéletlenségének, a kalkulációs és kognitív képességek korlátosságának mértékében tér el.

2.4.1. A bizonytalansági tényezők csoportosítása

Számos szerző kísérelte meg az utóbbi évtizedekben, elsősorban a liberalizációt követően a villamos-energia piaci kockázati taxonómia elméleti megalkotását (Pilipovic, 2007; Weber, 2005; Abbott, et. al., 2009; Burger et al., 2007), de ezek közül egyik sem nyújt teljes képet a lehetséges bizonytalansági tényezőkről. Ahhoz, hogy a villamos-energia szolgáltatókat fenyegető legfontosabb bizonytalansági csoportokat azonosítsák, a szektort fenyegető összes tényezőt számba vették. Ez a rendszerezés szükséges volt, hiszen a vállalatok maguk a saját kockázati csoport definíciójuk alapján különbözőképpen azonosítják kockázataikat. Például egyes vállalatok a villamos-energia árával, valamint az üzemanyag-árakkal kapcsolatos volatilitást pénzügyi kockázatként azonosítják, míg mások a kamatkockázatokat, valamint a pénzügyi piacokkal kapcsolatos fenyegetéseket tekintik pénzügyi kockázatnak.

A következőkben a legfrissebb, valamint a legtöbbet idézett munkák kockázat és/vagy bizonytalanság fajtáinak ismertetése következik.

- ❖ Joode és Boots (2005) beszél pénzügyi, működési, kivitelezési, piaci, makrogazdasági, valamint szabályozási kockázatról.
- ❖ Wiese et. al. (2008) megkülönböztet technikai, piaci, volumen, szabályozási, költség és szervezeti kockázatokat.
- ❖ Botterud (2003) amellett, hogy elkülönít hosszú távon és rövid távon jelen lévő bizonytalansági tényezőket, beszél a kereslet, a fűtőanyag árának kockázatáról, klíma kockázatról, beruházási költség kockázatról, valamint a költségek kockázatról.
- ❖ Weber (2008), aki a villamos-energia rendszer gazdasági aspektusaival kapcsolatos egyik legátfogóbb forrás szerzője a beruházási döntéshozatalt befolyásoló bizonytalansági tényezők közé sorolja az árbizonytalanságot, a terhelés bizonytalanságát, a technológiai fejlődés bizonytalanságát, a politikai bizonytalanságot, a versenytársak stratégiáját, valamint az erőforrásleállásból eredő bizonytalanságot.
- ❖ A Nemzetközi Energiaügynökség (2005) szintén elkészítette saját kockázati csoportjait, eszerint léteznek a vállalat által nem befolyásolható (exogén) kockázatok

(ide tartoznak a teljes gazdaságot átfogó, a politikai-, a szabályalkotói kockázatok; a piaci ár- és volumen kockázat; f t anyag ár-, illetve rendelkezésre állási kockázat); valamint a vállalat irányítása alatt lévő (endogén) kockázatok (befektetés méretéből, összetettségéből adódó bizonytalanság, technológiai bizonytalanság, kivitelezési- és működési bizonytalanság, a befektetés finanszírozásából eredő bizonytalanság).

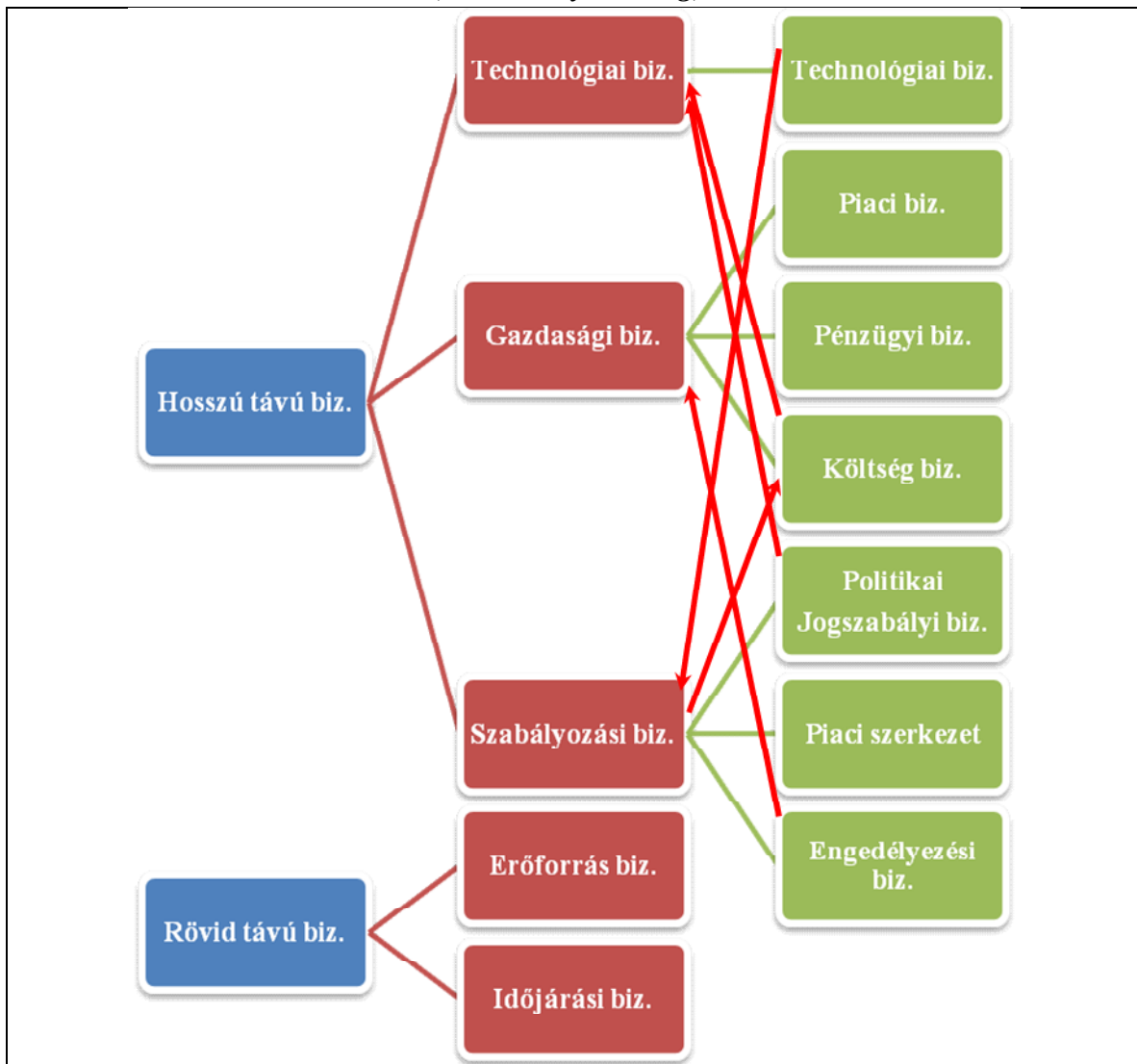
- ❖ A legfrissebb tipologizálást Jukan és társa (2011) végezték el, akik piaci, pénzügyi-, hitel-, likviditási-, partner-, működési-, politikai és szabályozási-, stratégiai-, hírnév- és üzleti kockázati csoportokat különítették el tanulmányukban.

A saját kockázat kataszter megalkotásakor az utóbbi, az általam legrészletesebbnek vélt elkülönítést vettem alapul, valamint a hazai erőforrások munkatársait hívtam segítségül ezek közül is a legrelevánsabb kategóriák azonosítása érdekében. A Magyar Energia Hivatal által közzétett termelési engedélyes, azaz 50 MW feletti teljesítménnyel rendelkező erőforrások (egy-egy vezető munkatársával kitöltetett kérdőív *(lásd 1. számú melléklet)*) keretében arra kértem a válaszadókat, hogy **rangsoroljanak tíz kockázati kategóriát, majd nyilatkozzanak ezek fenyegetésének intenzitásáról, valamint az általuk használt, ezek figyelembevételére alkalmas beruházás-értékelési metódusokról¹¹**.

A kapott eredmények alapján beruházási szempontból véleményem szerint elsősorban azon bizonytalanság tipologizálás a legcélszerűbb, mely képes az optimális beruházási döntést leginkább befolyásoló tényezőket azonosítására, illetve elkülönítésére. Helytállóan tartom Botterud (2003) **hosszú- és rövid távú bizonytalanság** csoportjait, ugyanis ezekkel azonosíthatóak a rugalmasság tulajdonságával is jellemezhető villamos-energia beruházások hagyományos érték kategóriáit mozgató tényezők mellett egy flexibilitási (opciós) érték legfőbb determinánsai. Az optimális beruházási döntés szempontjából a hosszú távú bizonytalansági tényezők a legfontosabbak, hiszen évenkénti korrelációjukból adódóan ezek hozzájárulnak a beruházási lehetőség opciós értékéhez.

Az első szintű bizonytalansági csoportosítást követően a bizonytalansági tényezőket három csoportra osztottam: gazdasági, technológiai és szabályozási bizonytalanságra *(lásd 7. számú ábra)*.

8. ábra A villamosenergia-szektor bizonytalanságainak csoportosítása
(biz.=bizonytalanság)



Forrás: Saját szerkesztés

A harmadik részletezési szint már a konkrét bizonytalansági forrásokat jelöli, melyek részletes jellemzésére a későbbiekben térünk ki. A 7. számú ábrával megkíséreltem illusztrálni azt a kapcsolatrendszert a bizonytalansági tényezők között, melyre véleményem szerint explicit módon a korábbi források nem tértek ki. Mégpedig azt, hogy **lényegében nincsenek „tiszta” egy-egy csoportba sorolható faktorok. Egy-egy bizonytalansági tényező újabb, más bizonytalansági csoportba tartozó tényezőkre lehet negatív vagy pozitív hatással.** (Ezt a hatást, illetve a hatás irányát az ábrán piros nyilakkal tüntettem fel.) E jelenségre tipikus példa lehet a szabályozási bizonytalanság, mely hatással lehet a technológiai csoportra egy-egy technológia promóciója révén; nem is beszélve a beruházási költség kiszámíthatatlanságát eredményező fenyegetésről, mely a promóció révén megvalósuló tanulási folyamatoknak lehet következménye.

A **rövid távú bizonytalansági** csoport szintén jelentős hatással lehet egy-egy erőpiaci beruházási döntésre, illetve az erőpiaci működésére különösen akkor, ha kockázatként befektetés szempontjából vizsgálódunk. Az utóbbi bizonytalanság akkor is fontos lehet, ha a villamos-energia-rendszerre kifejtett hatásokat vizsgáljuk, például az árstabilitás vagy a rendszer megbízhatóságának formájában. Mivel azonban a villamos-energia-termelési technológia beruházások jellemzően hosszú élettartamúak (20-40 év), a rövid távú bizonytalanság pénzáramokra kifejtett pozitív és negatív hatásai feltételezésem szerint hosszú távon kiegyenlítik egymást. Következésképpen ezen bizonytalansági tényezők esetében nem keletkezik érték a róluk beszerezhető további információkra várakozás által. A legtipikusabb rövid távú bizonytalansági tényezők egy jelentős megújuló energia alapú technológiai hányaddal rendelkező villamos-energia rendszer esetében az *extrém időjárási jelenségek*. A működési bizonytalanság csoportjába sorolhatóak a rendszer váratlan leállása (áramkimaradások) révén rövid távon szintén jelentős fenyegetést jelentő, **elsősorban a rendszerek, a folyamatok, az emberek hibáiból származó jelenségek**. Egyetlen berendezés meghibásodása az erőpiaci és az átviteli hálózat váratlan kimaradásához vezethet. Az ilyen kimaradások nem tervezett pénzügyi veszteségeket, (következésképpen a pénzáramok kiszámíthatatlanságát) eredményeznek. Bár ezen bizonytalansági tényezők nem járulnak hozzá egy beruházási lehetőség értékéhez, érdemes lehet azok kvalitatív figyelembe vétele a beruházási döntések optimális vizsgálata során.

Mielőtt rátérnék a dolgozat vizsgálati kerete szempontjából meghatározó hosszú távú bizonytalansági tényezők ismertetésére a **4. számú táblázatban** a bizonytalanság osztályozást egy speciális nézőpontból, a monopol- és versenypiaci jelenlét szempontjából mutatom be. Ahogyan azt a korábbi fejezetekben már láthattuk, a villamos-energia technológiai befektetéseket a liberalizációval növekvő számosságú, a szektor szereplői számára fokozott terhet jelentő bizonytalansági tényezők fenyegetik (Weber, 2008). A táblázat legfontosabb mondanivalója, **hogy a liberalizációt megelőzően, és a liberalizációt követően is közel ugyanazon bizonytalansági tényezők, más-más mértékben határozzák meg a beruházási döntéseket**; eltérés a bizonytalansági tényezők kezelésének módjában, illetve a menedzsment döntések háttérében meghúzódó mozgatórugók viszonylatában tapasztalható.

4. táblázat A bizonytalanság a monopol- és versenypiacokon

Bizonytalansági szint						
1. szint	2. szint	3. szint	4. szint	Monopólium	Verseny	
HOSSZÚ TÁVÚ BIZONYTALANSÁG	Technológiai bizonytalanság	Technológiai bizonytalanság	technológia elérhetősége, rendelkezésre állás	!	!	
			technológia élettartama	!	!	
			technológiai fejlődés	!	!	
			technológia társadalmi elismertsége	!	!	
	Gazdasági bizonytalanság	Piaci bizonytalanság	Piaci bizonytalanság	Ft anyag ár	!	!
				Villamos-energia ár	∅	!
		Pénzügyi bizonytalanság	Pénzügyi bizonytalanság	Terhelés változás; kereslet	∅	!
				Likviditás	∅	!
				Hitelezés	!	!
				Árfolyamváltozás	!	!
				Kamat	!	!
	Költség bizonytalanság	Költség bizonytalanság	beruházási költségek	!	!	
			változó m ködési költségek	∅	!	
			fix m ködési és karbantartási költségek	∅	!	
	Szabályozási bizonytalanság	Szabályozási bizonytalanság	Jogszabályi bizonytalanság	Környezeti elírások	∅	!
Piaci szerkezet			liberalizációs intézkedések	∅	!	
Engedélyezési bizonytalanság			Technológia bevezetés	!	!	
RÖVID TÁVÚ BIZONYTALANSÁG	Erforrás bizonytalanság	M ködési bizonytalanság	Termelésmenedzsment	!	!	
			Hiba, leállás, kiesés	!	!	
	Idjárás bizonytalanság	Extrém időjárás	Extrém időjárás	Extrém hőmérsékleti, csapadék viszonyok	!	!
				Természeti katasztrófák	Hurrikánok, áradások, földrengések	!

Forrás: Saját szerkesztés

2.4.2. A bizonytalansági tényezők jellemzése

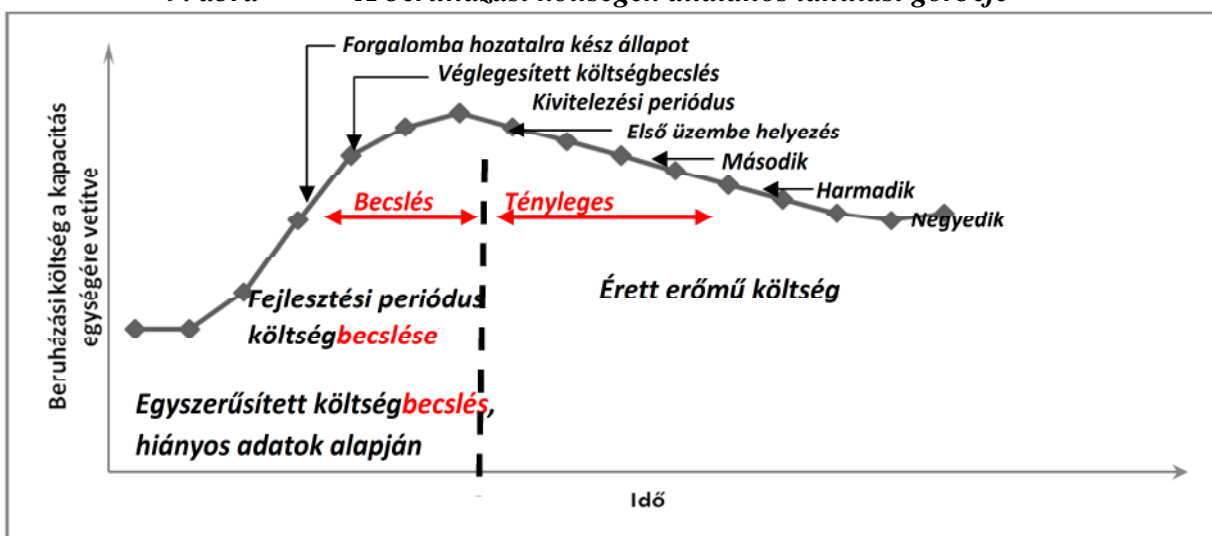
A továbbiakban a fenti csoportosítás mentén az egyes bizonytalansági tényezők elemzése következik.

2.4.2.1. A technológiai bizonytalanság

A technológiai fejlődés bizonytalansága hosszú távon a villamosenergia-szektor egyik meghatározó fenyegetése. A technológiai fejlődés bizonytalanságát a jövőbeli fejlődési kilátással, vagy a fejlődési iránnyal hozhatjuk összefüggésbe. A fejlődési trendek megismeréséhez segítségül adják a **tanulási görbék** (Wene et al. 2000), valamint a **fejlődési ráták** (Oxera, 2005), amelyek a valószínű fejlődési irány azonosítását, a bizonytalanság kvalitatív, illetve kvantitatív közelítését teszik lehetővé.

A tanulási görbék használata esetén jelentős bizonytalanság marad, ahogy azt a következő ábra is mutatja. A kevésbé érett technológiák meredekebb tanulási görbével rendelkeznek, és ezáltal jelentősebb költségcsökkenést helyeznek kilátásba, mint az érettebb társaik. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a tanulási görbék alapján történő költség-elrejelzést jelentős bizonytalanság kíséri, különösen a gyorsan fejlődő technológiák esetében. Továbbá a tanulási görbe alapján történő költség-elrejelzések szignifikáns érzékenységet mutatnak a technológia elterjedésének mértékére, vagyis a technológia alkalmazási arányára, mely rátát, különösen a megújuló technológiák esetében jelentősen befolyásolnak szintén kiszámíthatatlan globális, illetve lokális szabályozói, politikai keretek.

9. ábra A beruházási költségek általános tanulási görbéje



Forrás: (EPRI, 2011)

Az ábra alapján vázolt költség modell szerint a villamosenergia-termelési technológiák költségbecslése először jelentős emelkedést mutat, tükrözve a kialakítás és műszaki tulajdonságok, valamint a szükséges alkatrészek, alapanyagok, emberi erőforrás, valamint finanszírozási költségek bizonytalanságát az életciklus ezen korai fázisában. A költségmodell egyértelműen mutatja azonban, hogy a költségek szignifikánsan csökkennek évről-évre az első műüzembe helyezésének, vagyis egy tanulási folyamat következtében. A technológiai változás maga eredendően bizonytalan folyamat. A meglévő fosszilis ásványi anyagokra támaszkodó technológiák az érettség életciklus-szakaszának inkább a végén járnak azokhoz a megújuló energiákhoz képest, melyek esetében még jelentős, viszonylag gyors ütemben jelentkező fejlődést helyezhetünk kilátásba. Léteznek tanulmányok, melyek bebizonyították ezt a hipotézist az ún. fejlődési ráták segítségével (Oxera, 2005; EWEA, 2004; Fuss - Szolgayová, 2009).

Az ún. **fejlődési ráta** (*progress ratio; a továbbiakban FR*) a technológiai fejlődést követően kialakuló beruházási költségeket viszonyítja a tanulást megelőzően érvényes beruházási költségekhez. *(Egy 90%-os fejlődési ráta szerint az output egységére vetített beruházási költségek a tanulás, technológiai fejlődés révén 10%-kal csökkennek. A szakirodalmi források tanulás, technológiai fejlődés alatt a kibocsátott output mennyiségének duplázódását értik. A fejlődési ráta (FR) és a tanulási ráta (TR) közötti kapcsolat: $FR=1-TR$.)*

A fejlődési ráták villamosenergia-termelési technológiák különböző életciklus-szakaszaiban eltérő értékeket mutathatnak. A földgáz alapú technológiák alacsonyabb FR értékekkel rendelkeznek a kutatás-fejlesztés fázisában, mint a piacra dobás fázisában, vagyis a költségek kisebb arányban csökkentek a kumulatív output minden duplázódásával, mint korábban (Oxera, 2005). Mindez a fejlődés lassulására utal a technológia érésével.

A zöld technológiák aktív promóciója felgyorsíthatja a tanulást, mely ezen technológiák gyorsabb költségcsökkenését, ezáltal adaptálását eredményezheti. Azonban a technológiai változás ezen megközelítései nem veszik figyelembe a technológiai változás beágyazottságát (Fuss – Szolgayová, 2009). Az Európai Szélenergia Egyesület relatíve alacsony (kedvező) FR értékeket is kilátásba helyezett a szárazföldi szélenergia beruházási költsége esetében (EWEA, 2004). Ugyanakkor fontos megjegyeznünk, hogy elrejtéseiket széles sávon mozgó „től-ig” tartomány formájában közölték, mely ékes

(kvantifikált) bizonyítéka a szektort fenyeget technológiai bizonytalanságnak (Junginger et. al., 2004). **Ezért bár a fosszilis tüzel anyag bázisú technológiák szerényebb technológiai kilátással, költségcsökkentési potenciállal rendelkeznek, azok legalább egy viszonylag el re jelezhet mértékben következnek be, mely ösztönz lehet a befektet k számára a technológia választásakor, még ha a megújuló energiahordozó alapú technológiák magasabb várható hozamot is ígérnek (a magasabb volatilitás mellett).**

Az eredend en bizonytalan technológiai fejl dés folyamatát a beruházási döntéshozatal során mindenképpen figyelembe kell vennünk. Még ha a tanulási és/vagy fejl dési ráta formájában el re jelzett költségcsökkenés mértékét képesek is vagyunk viszonylag pontosan becsülni, azt, hogy az a jöv mely id pontjában valósul meg, azt teljes bizonyossággal nem tudjuk meghatározni. Ezért a költségcsökkent innovációk megjelenését sztochasztikus folyamatnak kell tekintenünk. A technológiai bizonytalanság csökkentése általában a beruházások halasztását eredményezi, mivel a befektet k a biztosabb el nyök maximalizálására törekednek. A f t anyagárrakkal kapcsolatos bizonytalanság hatása pont ellentétes, mely el ny lehet a megújulók számára.

2.4.2.2. A gazdasági bizonytalanság

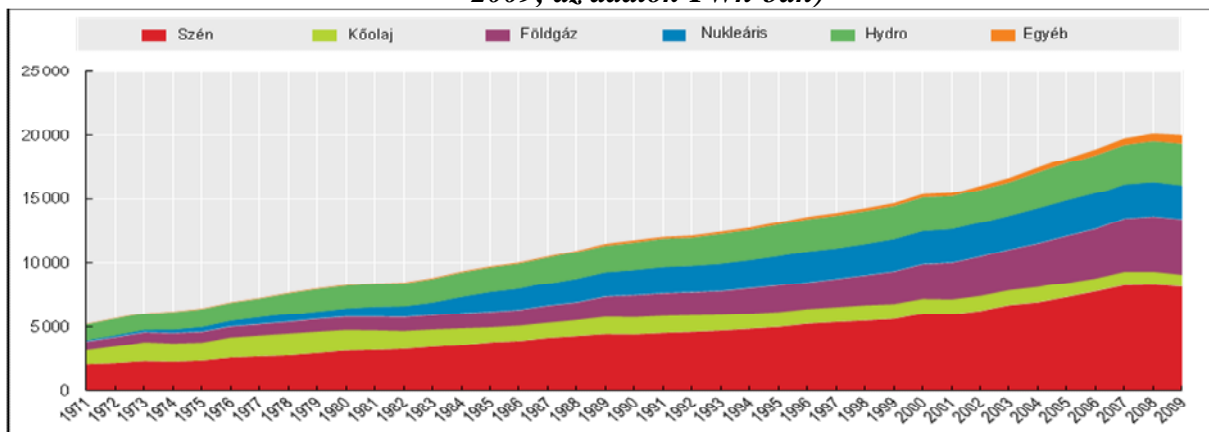
A gazdasági bizonytalanság egy szektor beruházási volumenének és dinamikájának meghatározó tényez je (Stein - Stone, 2012). Ahogyan azt a fenti irodalmi áttekintés során is jeleztem, nem létezik általánosan elfogadott bizonytalansági kataszter, így a gazdasági bizonytalanság egyes típusaira vonatkozóan sem találunk egyértelm besorolást. Disszertációmban Joode és Boots (2005), Wiese és társai (2008), Botterud (2003), Weber (2008), valamint a Nemzetközi Energiaügynökség (2005) egyes tipologizálása alapján a piaci bizonytalanságot, a pénzügyi bizonytalanságot, valamint a költségbizonytalanságot tekintem gazdasági bizonytalanságnak.

2.4.2.2.1. A piaci bizonytalanság

A piacialapú bizonytalanság az egyes piaci szerepl k által nem befolyásolható makroökonómiai tényez kb l ered (*f t anyag ár, villamos-energia piaci ár, kamat, árfolyam*). A piaci dereguláció eredményeként létrejött a villamos-energia forgalmazás azonnali piaca. A közgazdaságtan elméleti alapvetése szerint **az azonnali piacon folyó árazás a hatékony beruházási szint kialakulásának elégséges feltétele**. Caramanis et. al. (1982,1986) szerint az optimális azonnali árazás mindig magasabb gazdagságot

eredményez, mint a szabályozott árak, és a piaci mechanizmusok elégséges ösztönzők lehetnek a beruházások kiváltásához, ugyanakkor a piaci bizonytalanság negatívan is hathat a beruházás ösztönzésére (Caramanis et al. 1982, Neuhoff-deVries 2004).

10. ábra *A világ villamosenergia-termelése energiaforrásonként (1971-2009; az adatok TWh-ban)*

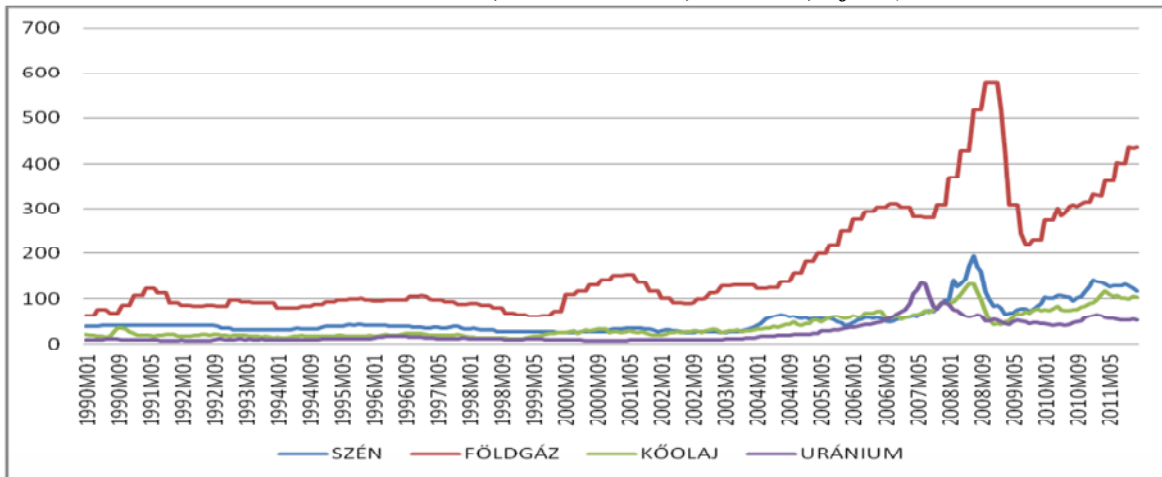


Forrás: (OECD, 2011)

Az els dleges energiaforrások piaci ár-volatilitása A világszerte el állított villamosenergia jelent s részét a szén, a k olaj, a földgáz, a víz, az uránium els dleges energiaforrások valamelyikéb l termelik (lásd 9. számú ábra). Ezek közül a nukleáris és vízenergia (tágabb értelemben a megújuló energiaforrások) esetében nem beszélhetünk nyilvános piacokról. A nukleáris f t anyag esetében ez a beruházás biztosítása érdekében szükséges hosszú távú szerz dések eredménye, a megújuló energiaforrások esetében els sorban a nem-szállíthatóság tulajdonság következtében a helyszínen történik a villamos-energiává transzformálás. Ezeknek az energia-hordozóknak nincs sem nemzeti, sem világpiaca. (Ugyanez érvényes a lignitre is.)

A piaci forgalomba kerül els dleges energiaforrások ára id nként és hosszú távon is jelent s ingadozást mutat. A szén kisebb a k olaj és földgáz ára nagyobb mértékben fluktuál.

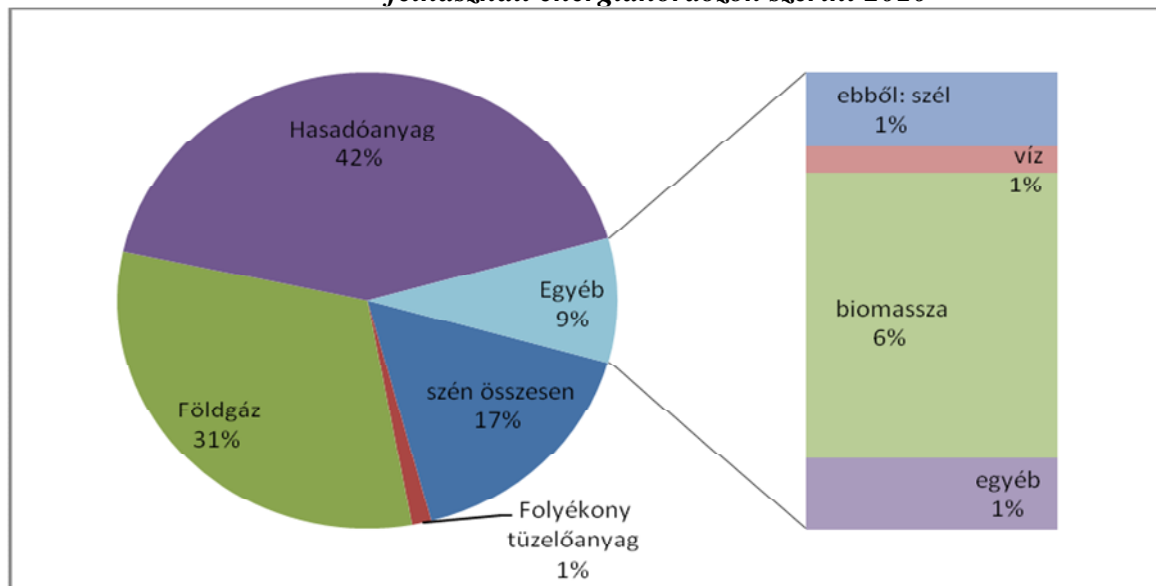
11. ábra A f energiahordozók világsi áralakulása 1990-2012 (adatok rendre \$/metrikus tonna; \$/millió BTU; \$/hordó;\$/font)



Forrás: *The World Bank Commodity Price Database*¹²

A megújuló energiák fosszilis energiahordozókkal szembeni egyik legnagyobb el nye, hogy viszonylag közömbösen reagálnak a fosszilis üzemanyag árak emelkedésére. Azonban a megújuló energiaforrás alapú technológiák sem tekinthet ek kockázatmentesnek. Számos piaci és nem piaci kockázat befolyásolja a megújuló energiák értékét a teljes energiaforrás-portfólió részeként.

12. ábra Magyarország (bruttó) villamosenergia-termelése az el állítására felhasznált energiahordozók szerint 2010



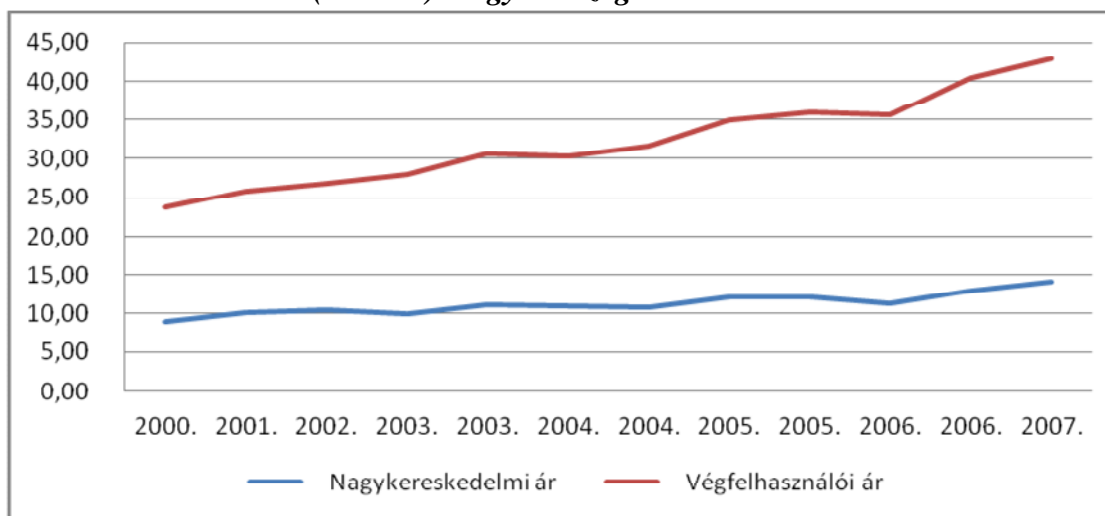
Forrás: (Mavir, 2011)

A **villamos-energia ár** A villamos-energia piaci árakkal kapcsolatosan a források általánosan igaznak¹³ fogadják el az alábbi megfigyeléseket (Johnson-Barz, 1999; Marrosy, 2011):

- ✓ A villamos-energia árak id sorában rendszerint találhatók **kiugró értékek**. Ez azt jelenti, hogy időnként jelentősen megnövekednek az árak. Jelentős növekménynek tekinthetjük az adott küszöböt túllépő árakat vagy az adott küszöböt elérő árváltozást (Weron, 2006).
- ✓ A villamos-energia árak id sora **magas autókorrelációt** mutat, vagyis a különböző termékek árai között kapcsolat mutatható ki.
- ✓ Az árak volatilitása időben változik, az id sor **heteroszkedasztikus**. A heteroszkedaszticitás nem más, mint a szórások különbözősége (Hunyadi, 2006).
- ✓ A villamos-energia árak id sora **szezonális vonásokat** mutat. Beszélhetünk éves, heti és napi szezonálisról.
- ✓ Az árak a normális eloszlás helyett gyakran mutatják a **vastag szél eloszlás** karaktereit, vagyis a megfigyelések szerint a szélsőséges (extrém) értékek valószínűsége lényegesen nagyobb, mint amit a normális eloszlás sejtet.
- ✓ Az árak a kiugró értékeket követően **átlaghoz visszahúzó** folyamatot követ, valamint bizonyos vélemények szerint a villamos-energia árak id sora **hosszú távú memóriával** rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy ha bekövetkezik egy pozitív sokk az árra, akkor olyan hatások lépnek fel, amelyek a folyamatot visszafordítják, és azt valamilyen hosszú távú átlagként értelmezhető érték felé terelik.

A villamos-energia nagykereskedelmi ára a villamos energia speciális fizikai tulajdonságaiból adódóan a többi tiszta kereskedett termékhez képest **jelentős volatilitást** mutat, melynek következtében a villamos-energia kereslet nagysága és az érkező pénzáramai bizonytalanná váltak. Pilipovic (1998) egyenesen a legnagyobb volatilitási kockázattal bíró piaci árucikknek nevezi a villamos-energiát.

13. ábra *A villamos-energia nagykereskedelmi és végfelhasználói átlagára (Ft/kWh) Magyarországon 2000-2007*



Forrás: Saját szerkesztés az Energia Hivatal adatai alapján¹⁴

Az értesítés teljes árfluktuáció elsődleges okaként a villamos-energia tárolhatatlanságát említi ki. A keresletnek minden időpillanatban le kell fednie a kínálatot, illetve az árak csúcsidőszakban is drasztikusan emelkedhetnek, különösen akkor, ha az esetleges elrejelezhetetlen erőművi kimaradások kapacitáshiányhoz vezetnek. Érdeemes megjegyezni, hogy a vízenergia alapú rendszerek (különösen az észak-európai villamos-energia piacok) kevésbé kitettek az ehhez hasonló rövid távú fluktuációnak. Habár a termelt villamos-energia maga természetesen ezen piacokon sem tárolható, a víz mint energiaforrás tárolhatóságának következtében a villamos-energia árak sokkal inkább viselkednek tárolható árucikkek áraként.

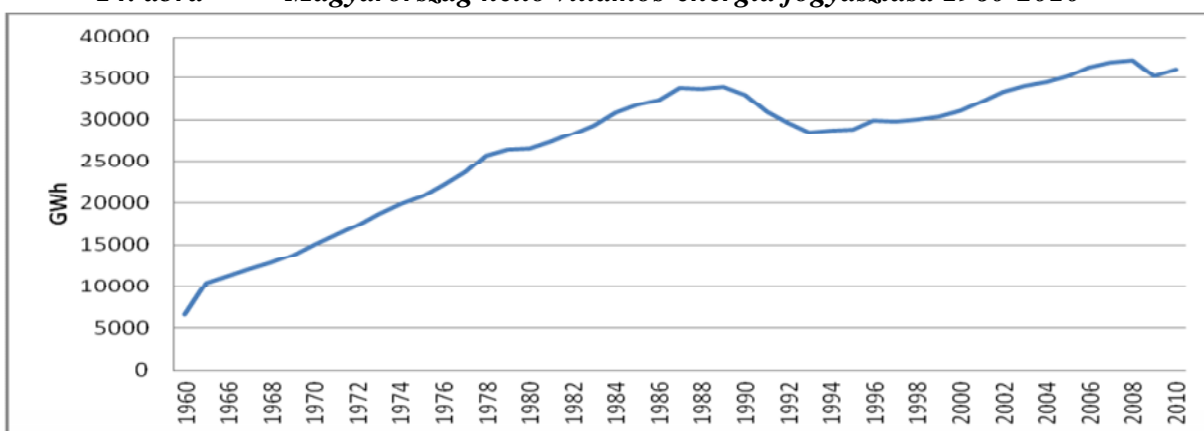
A piaci árak kínálatra kifejtett hatását széles körben vizsgálják az irodalomban. Green-Newberry (1992) a brit piacot, Borenstein et. al. (2000) a kaliforniai piacot, Garcia és társai (2000) a spanyol piacot elemezték. E tanulmányok általában a rövid távú kínálatra koncentrálnak, s érdeklődésük nem foglalkozik a hosszú távú kínálati és árviszonyokkal. A rövid távú következményekre koncentrálnak, szerzők nem ismerik fel, hogy a kapacitás exogén változó és nem függ a vállalati döntésektől. Fehr és társai (1997), valamint Castro-Rodriges et. al. (2001) a beruházások hosszú távú hatását elemezve modellezték a liberalizált piac hosszabb távú kimeneteleit. E tanulmányok következtetései egyértelműen igazolják az azonnali árazás fontosságát a villamos-energia piacokon. Fehr et. al. (1997) szerint a beruházási hajlandóság és így a beruházási szint is közvetlenül függ az árak meghatározásának módjától. *Általánosítva a fentieket az ár meghatározás és a piaci*

struktúra fontos változója mind a beruházási szintnek, mind a projektek id zítésének, valamint a technológia megválasztásának.

Terhelés változás A piaci kockázatok közé soroljuk az a volumen-kockázatot, mely a villamosenergia-szolgáltató vállalatok azon tulajdonságával kapcsolatos, hogy képes-e a mindenkori keresletet kielégíteni, valamint a villamos-energia rendszer stabilitását biztosítani.

Az elmúlt két évtizedben a villamos-energia iránti kereslet lassú növekedése figyelhet meg a fejlett országok többségében.

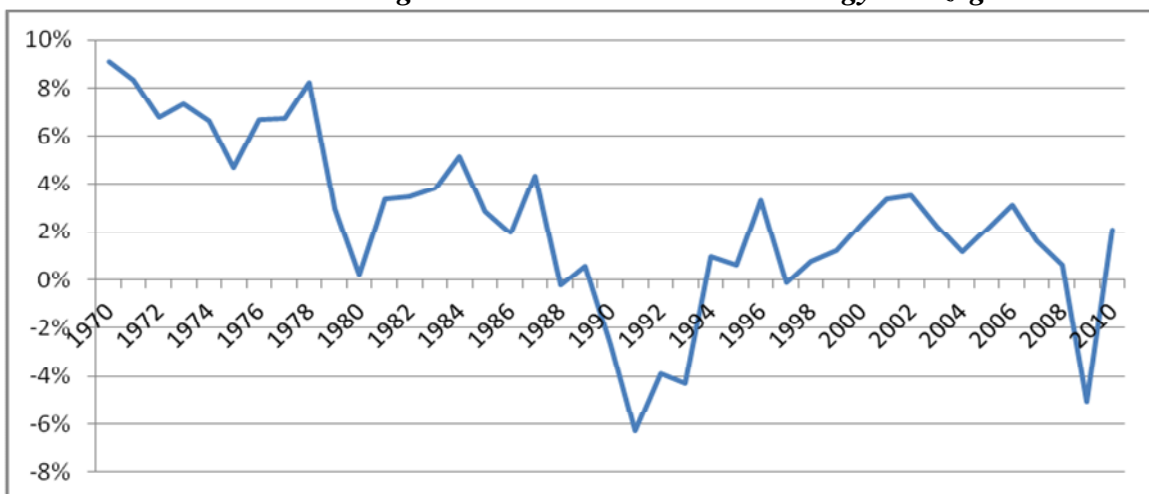
14. ábra Magyarország nettó villamos-energia fogyasztása 1960-2010



Forrás: Saját szerkesztés a KSH adatai alapján¹⁵

A következ ábra tanúsága szerint a növekedési arány jelent s sztochasztikus fluktuációnak van kitéve. Különösen hosszú távon kell számolni a villamos-energia kereslet növekedésének bizonytalanságával.

15. ábra A villamosenergia-kereslet növekedési üteme Magyarországon 1970-2010



Forrás: Saját szerkesztés a KSH adatai alapján¹⁶

2.4.2.2. A pénzügyi bizonytalanság

A **hitelezési kockázat** annak a rizikója, hogy a tranzakció egyik résztvevője nem képes eleget tenni hiteltörlesztési kötelezettségeinek. Általában a váratlan hitelezési események valószínűsége és kiterjedése több tényezőtől, többek között a másik fél adósságtörlesztésétől és a tranzakció volumenétől is függ. Adott villamosenergia-szektorbeli csoportosulásban általában több résztvevő van, és mind hozzájárul adott mértékben a teljes piacot érintő hitelezési kockázatokhoz.

A **likviditási bizonytalanság** abban az esetben jelentkezik, ha egy adott tranzakció, az elégtelen piaci tevékenység következtében, végrehajthatatlanná válik az uralkodó piaci árak mellett, illetve amennyiben a kötelezettségek teljesítésének kényszere a beruházó eszközpozíciójának időbeli likvidálását követeli meg, vagyis a beruházó a papíron realizált veszteségét tényleges veszteséggé kénytelen transzformálni.

Az **átváltási ráta bizonytalanság** beruházásokra kifejtett negatív hatásaival számos forrás foglalkozott mind általános beruházás-elméleti (Goldberg, 1993; Darby et. al., 1999), mind villamosenergia-szektor (Fleten et. al., 2011) szinten. Az átváltási ráta bizonytalanság figyelembe vétele és vizsgálata, elsősorban abban az esetben szükséges, amennyiben a beruházás bevételei, a két különböző pénznemben történő kereskedés következtében, kitettek az átváltási ráta alakulásának. A tanulmányok egyértelműen rávilágítanak a bizonytalansági tényezők potenciálisan jelentős hosszú távú negatív következményeire. Az euró-korszak 1999. január 1-jei, valamint a tényleges forgalomba hozatal 2002. január 1-jei kezdete óta a bizonytalanság negatív hatásai számos tagállam esetében szignifikánsan csökkentek. Az európai, euró-övezeten kívüli tagállamok, illetve a nem tagállamok a villamos-energia export-import tevékenységük kapcsán továbbra is számolni kénytelenek ezen bizonytalansági tényező hatásaival. A disszertáció kapcsán megjegyezném, hogy mivel elsősorban költségalapú értékelési modelleket használok, az átváltási ráta bizonytalanságot mindössze a bevételeket is figyelembe vevő reálopciók módszer alkalmazásakor vizsgálom.

2.4.2.3. Költség bizonytalanság

Ahogy az a korábbiakban, a 7. számú ábra ismertetésekor is kiemeltem, a költségbizonytalanság az a bizonytalansági forrás, melyre számos egyéb bizonytalansági tényező hatással van, illetve mely önmagában további bizonytalansági tényezők forrása,

illetve sok esetben katalizátora. A villamosenergia-termelés költségének bizonytalanságát számos tényező befolyásolja. Ezek lehetnek a termelési költség paraméterek maguk, illetve egyéb külső tényezők, külső hatások. Amennyiben ezeket endogén és exogén bizonytalansági forrásoknak tekintjük, akkor az előbbibe a beruházási, (beleértve a kivitelezési, valamint a finanszírozási) költségeket, a fix és változó működési költségeket, a fűtőanyag költségeket, a karbon költségeket; míg az utóbbiba elsősorban a szabályozási, a politikai intézkedéseket, és ösztönzők hatását soroljuk.

Beruházási és finanszírozási költségek A beruházási költség bizonytalanság minden technológia esetében eltér, és általában az erőmű kivitelezés összetettségével és a kivitelezési periódus hosszával függ össze (Bacon et al., 1996; Awerbuch et al., 2005). A legtöbb villamosenergia-termelési technológia jelentős kockázatokkal jár, vagyis a kivitelezéskor felmerülő pénzáramok eredete, az úgynevezett kezdő pénzáram a villamosenergia-termelési kapacitáshoz viszonyítva jelentős összeg. Ez az ún. erőmű beruházási költség a legtöbb esetben pénzegység/KW mértékegységben ismert. A rendelkezésre álló, publikált adatforrások alapján nem minden esetben egyértelmű, hogy a KW-ra vetített költségek milyen összetevőkből erednek, és számos esetben ezek az adatközlések jelentős eltéréseket mutatnak a költségek becslési módszerei terén.

Közös azonban, hogy ezek minden esetben tartalmazzák egy ún. *műszaki, beszerzési és kivitelezési költség* elemet, mely az erőmű létesítésre vonatkozó elsődleges szerződéses költsége, (ide tartozik a létesítmény tervezésének költsége, a felszerelések, berendezések, alapanyagok beszerzésének, valamint az építkezés, kivitelezés költsége); emellett egy *tulajdonosi költség* elemet, mely tartalmaz minden olyan költséget, ami az elsődleges szerződésen kívüli költségtényezők realizálódását eredményezi, (ide tartozhatnak az átviteli hálózathoz és üzemanyag szállításhoz kapcsolódó létesítmények kiépítésének költségei); végül pedig egy *tervezési költség* elemet, mely egy erőmű építése, kivitelezése során felmerülő finanszírozáshoz kapcsolódó költség, (ide tartozik a kölcsöntörlesztési költség, valamint a saját tőke költsége). Egészen az erőmű üzembe helyezéséig ezek a költségek tervezett költségek lesznek, vagyis a beruházási költségek részét fogják képezni.

A beruházási költségek hihetetlen mértékben megnövekedtek az elmúlt évtizedben. 2000-tól 2008-ra átlagban mintegy 131%-kal emelkedtek, illetve 82%-kal ha az atomerőmű beruházásokat nem vesszük figyelembe (Kaplan, 2008). A költségek az elemzések szerint csaknem 69%-kal emelkedtek csak 2005 óta. A költségnövekedés az összes

villamosenergia-termelési technológiát érintette. 2000 és 2008 között a szélenergia kapacitás telepítése 108%-kal emelkedett, a szénenergia létesítés költségei 78%-kal, míg a gáz tüzelés esetében 92%-os költségnövekedést tapasztalhattunk (IHS - CERA, 2008).

A költségnövekedés háttérében meghúzódó tényezők:

- alap- és nyersanyagok áremelkedése (pl.: vasérc, acél, cement);
- világméretű keresletnövekedés a villamosenergia-termelés berendezései iránt¹⁷;
- növekvő bérköltségek, valamint növekvő szakember-hiány az építőiparban (Kirkpatrick, 2008);
- az atomenergia kivitelezés szakember-, valamint alkatrész-bázisának **zsugorodása**;
- a szélenergia esetében fokozott verseny az üzembe helyezésre legalkalmasabb területek iránt;
- az atomenergia esetében a reaktorok nagy és ultra méretű nyomástartó edényeinek kovácsolását, öntését lehetővé tevő létesítmények korlátozott kapacitása;

A meglévő technológiák beruházási költség bizonytalanságát zérusnak feltételeztem. Mindez azt jelenti, hogy az új eszköz minden esetben kockázatosabb, mint a már üzemben lévő.

A működési és karbantartási költségeken belül elkülönítjük az állandó, valamint a változó költségeket. Az állandó költségek között jellemzően a személyi jellegű ráfordításokat, a tervezett, valamint az előre nem tervezett karbantartási költségeket, a biztosítási díjakat, az ingatlan adókat (kamatok), valamint a rendszerhasználati díjakat mutatjuk ki. A változó költségek között az outputtal kapcsolatos javítási és karbantartási költségeket, valamint egyes adatbázisok esetében a fűtőanyag költségeket mutatjuk ki. **A működési és karbantartási költségek bizonytalanságát** a tartási periódusra jutó hozam (HPR) szórásának becslésével célszerű közelíteni. Ez az a költségelem, melynek historikus adatsora nem áll az elemző rendelkezésére. A források általában valamilyen közelítő eljárással becslik a tényezőbeli adódó bizonytalanságot (ezekről a közelítő eljárásokról bővebben az empirikus fejezetben lesz szó).

Ahogy azzal a piaci bizonytalansággal a fűtőanyag árak volatilitására vonatkozó fejezetemben foglalkoztam, **a fűtőanyag költség bizonytalanság** a szén, a nukleáris, valamint a kőolaj és földgáz esetében releváns. E bizonytalansági forrás elemzését célszerű

historikus adatokra alapozni. A pontos, felhasználható információk szerzése érdekében legalább 20 év, éves adatsorait célszerű használni, melyek az esetleges szezonálisokat kiszűrik. Mivel a megújuló technológiák esetében nincs szükség föld anyagra, ezért azok nem mutatnak föld anyag költség kitétséget, a biomassa kivételével (erről bővebben az empirikus fejezetben).

Az utolsó költség bizonytalansági kategória a **CO₂ kibocsátás költsége**. A karbon költség releváns a fosszilis föld anyagra épülő technológiák esetében. A karbon költségét számításaim során 30\$/tonnás értéken szerepeltettem. Mindez interpretálható várható piaci értéként, feltételezve, hogy a gazdaságpolitika internalizálja a karbon kibocsátás hozamainak gazdasági költségét karbon piaci árként. Az effajta gazdaságpolitikai intézkedések hiányában a karbon költsége interpretálható a CO₂ árnyékáraként, mint a CO₂ kibocsátás gazdasági költsége, vagy a CO₂ elhárítás költsége. A villamos-energia kapacitás tervezés kontextusában a jövőbeni karbon költségek bizonytalanságát befolyásolja a CO₂ ár, valamint a jövőbeni fosszilis üzemanyag költségek közötti korreláció.

2.4.2.3. Szabályozási bizonytalanság

Az árjelzés mellett a beruházások talán második legfontosabb determinánsai a **szabályok és intézkedések**. Fontos megjegyeznünk, hogy a villamosenergia-termelést érintő korlátozó, környezetvédelmi, valamint regulációs intézkedések nem szükségszerűen jelentenek fenyegetést a befektetők pénzáramainak lefutására, hiszen szabályok, elírások mindig is léteztek, vagyis a szabályozási bizonytalanság mind a monopol-, mind a versenypiacok velejárája. Döntő hatása inkább az intézkedések időtartamának és kiszámíthatóságának van. **Amennyiben a potenciális befektető azt feltételezi, hogy egy intézkedés, egy szabályozás a jövőben változni fog, akkor a bizonytalanság mértéke is változni fog. Ezért átváltási kapcsolatot feltételezhetünk a stabil piaci körülmények és az intézkedések állékonysága/változékonysága között.**

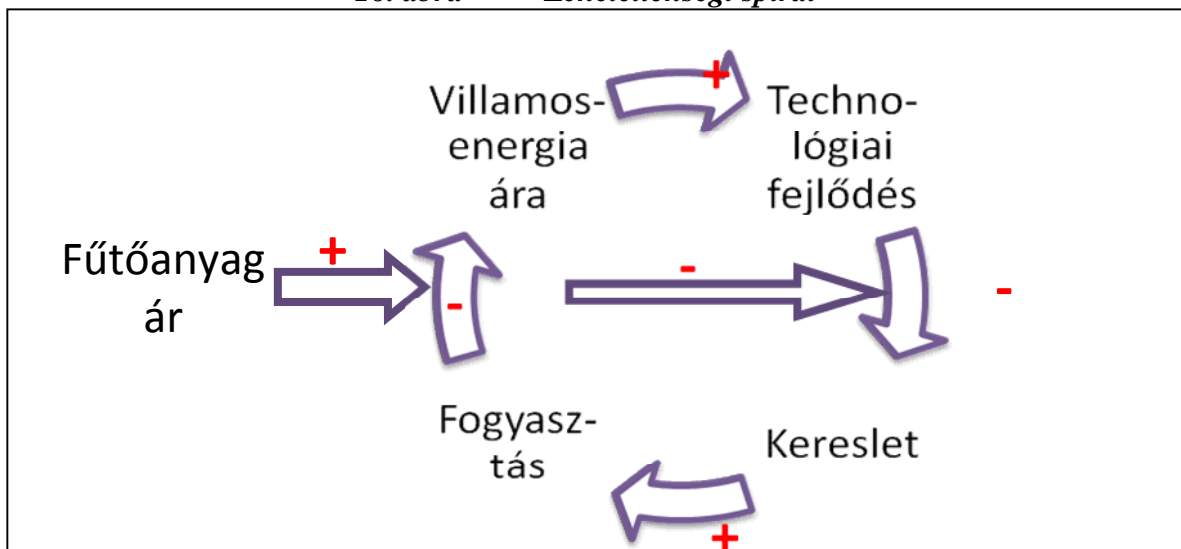
Az intézkedések váratlan változásoknak kitétsége növeli a bizonytalanságot. Az utóbbi két évtized tapasztalatai azt mutatják, hogy a szabályozási keretrendszer minden kompetitív villamos-energia piacon folyamatosan fejlődik, ezáltal változik egyrészt annak érdekében, hogy kezelni tudja a piaci szerkezet feltételezett tökéletlenségeit; másrészt a károsanyag-kibocsátás hatásainak enyhítésére irányuló, folyamatosan bővülő politikai intézkedések következtében.

A **politikai beavatkozás** célja elsősorban a károsanyag-kibocsátás hatásainak enyhítésére irányuló politika promóciója. Ezeket a célokat a mindenkori kormányok különféle instrumentumok révén kívánják elérni, úgy mint *kibocsátási kvóta kereskedelem*¹⁸ vagy *megújuló feed-in (kötelező átvételi) tarifák*. A múltban ez a változó politikai környezet jelentős hatással volt a villamosenergia-szektor döntéseire, és várhatóan a jövőbeni választások esetén is megfontolandó hatásuk lesz, például a nukleáris energia használatára, vagy nem használatára vonatkozó, vagy a megújuló energia promóciójára vonatkozó politikai döntéseknek.

Az egyedi szolgáltató szemszögéből a szabályozói és politikai bizonytalanságok kezelése bizonyos szempontból bonyolultabb, mint az árbizonytalanság kezelése, hiszen a politikai folyamatok lehetséges kimeneteihez aligha vagyunk képesek objektív valószínűségeket rendelni.

Fontos, hogy a bizonytalanságok közötti kapcsolatokat feltárjuk, hiszen azok újabb bizonytalanságokat eredményezhetnek nem kívánatos hatásokkal. Például Ford (1985) azonosította a *"lehetetlenségi spirált"* amit a 15. ábra szemléltet, ahol a plusz jelek pozitív kapcsolatra utalnak. Ahogyan a magas árak keresletcsökkenést eredményeznek, a szolgáltatót kevesebb mennyiség kilowatt órára oszlik el, mely magasabb árakat, illetve ennek következtében a fogyasztók elvesztését eredményezi. Egyesek saját erőm építésébe vágnak, míg mások alternatív energiaforrásokra váltanak.

16. ábra *Lehetetlenségi spirál*



Forrás: Saját szerkesztés (Ford – Youngblood, 1983) alapján

3. KAPACITÁS TERVEZÉS A VILLAMOSENERGIA-SZEKTORBAN

Napjaink bizonytalan világában nemcsak a vállalati működés egészét meghatározó stratégia szerepe különösen fontos, hanem ezen belül is érdemes kiemelt figyelmet fordítani a beruházásokra vonatkozó stratégiai kérdésekre is. A beruházási döntések komoly kihívást jelentenek, amennyiben jelentős mértékű bizonytalanság mellett végrehajtott, visszafordíthatatlan eszközleköltéssel járnak, vagyis amennyiben a rossz (értékromboló) döntések akár végzetes kimenetelűek is lehetnek a beruházó vállalkozás szempontjából.

Ezek a mondatok helyállóak lehetnének csaknem bármely iparág beruházásainak vizsgálatakor. A villamosenergia-összetétel tervezését, a szektorra jellemző beruházási projekteket, projektek összességét vizsgálva azonban egy speciális, több szempontból összetett problémával van dolgunk. A beruházási döntéshozatal komplexitását eredményezik egyrészt a szektor beruházásaira jellemző specialitásokból adódó értékelési nehézségek (*irreverzibilitás, bizonytalanság, hosszú táv*); másrészt magának a szektornak a korábbiakban már részletesen ismertetett adottságai (*számos, eltérő preferenciával és kockázati attitűddel rendelkező szereplő; változó regulációs és piaci környezet; a villamosenergia mint áru speciális jellege*).

A beruházási döntéshozók érdekeltek a vállalati részvények értékének hosszú távú maximalizálását eredményező alternatíva, illetve alternatíva-kombinációk azonosításában. A hangsúly az alternatíva-kombinációk kifejezésen van, ugyanis a villamosenergia-szektor beruházásainak önálló entitásként értékelése mellett, azok egy egész részeként elemzése, illetve az egész működéséhez, hatékonyságához, profitabilitásához való hozzájárulása kap kiemelt szerepet. A továbbiakban e tekintet mentén a **villamos-energia kapacitás tervezés** témakörének rendszerező áttekintése következik.

A kapacitás tervezés **a villamos-energia beruházások komplex értékelése**, mely az 1960-as évek óta más-más célok mentén, a figyelembe vett tényezők számosságának növekedésével, ezzel pedig az értékelési eredmények pontosságának javításával volt képes támogatni a beruházási döntéshozatalt. A villamosenergia-szektorban a kapacitástervezést leginkább az új erőforrás-beruházásokról hozott következő három döntés irányítja:

- *Mit építünk? (technológia választás, és technológiai összetétel választás)*
- *Milyen nagyságú kapacitást építünk?*

- *Mikor építsünk? (id zítés és szakaszolás, flexibilitás)*

A kapacitás tervezés motivációs hátterében kezdetben az elegendő kapacitás biztosítása, a jövőbeli kereslet kielégítése állt. Ebben a növekedési időszakban a kapacitás tervezést úgy is nevezhetjük, mint kapacitás-bővítés tervezést. A tervezés, a beruházási döntéshozó preferenciái azonban folyamatosan változtak. Az ellátásbiztonság mellett megjelent a költségminimalizálás, a kockázat-enyhítés igénye, míg mára a meglepetések előrejelzése, becslése és az arra való felkészülés a kapacitás tervezés elsődleges preferenciája. A bármely időpontban megfelelő szintű kapacitás tervezése e preferenciák szem előtt tartása mellett komplex, és jelentős rizikóval járó feladat elé állítja a döntéshozókat az elhasználódás, az elavulás miatt leszerelendő, a gazdaságtalan, a környezetszennyező vagy az egyéb okokból elvetendő erőforrások helyettesítésének korszakában. Jelenünk kapacitás tervezésének feladata pedig a bizonytalansági tényezők számossága, a versenykörnyezet dinamizmusa, valamint az egyre volatilisabbá váló ártanyag-árak következtében bonyolultabb, mint valaha.

A tőke-költségvetés eszköztára képes az erőforrások hosszú távú allokálására irányuló biztos és bizonytalan körülmények között végrehajtott beruházási döntéshozatal támogatására. A pénzügyi gazdaságban a biztos és bizonytalan pénzáramok vizsgálatára piaci körülményektől függetlenül különböző értékelési eljárások honosodtak meg: ennek megfelelően beszélhetünk statikus és dinamikus beruházás-gazdaságossági-számításokról.

A kapacitás tervezés hagyományos megközelítései nem képesek figyelembe venni a kapacitás-beruházás bizonytalanságait. Ezeket a tradicionális, determinisztikus tervezési eljárásokat a statikus tőke-költségvetési problémák vizsgálatára alkalmazták elsősorban az 1950-es évektől egészen '80-as évekig. Az erőforrás-beruházásokra ebben az időszakban is jellemző volt az irreverzibilitás; a rugalmatlanság, vagyis minden szekvenciális döntés azonnali, egy időpontban meghozatalát feltételezték.

E beruházások determinisztikus jellegét az eredményezte, hogy a projektek pénzáramait a várható kimenetek alapján becsülték meg, ahelyett, hogy a lehetséges kimenetek eloszlása alapján vizsgáldták volna. Az ezen tulajdonságokkal jellemezhető villamos-energia beruházások értékeléséhez olyan determinisztikus eljárásokhoz nyúltak, mint a hagyományos statikus beruházás-gazdaságossági számítások közül a megtérülési, valamint a költség alapú eljárások, illetve a dinamikus beruházás-gazdaságossági számítások közül a nettó jelenérték, illetve a belső megtérülési ráta módszer.

3.1. Kapacitás tervezés: 1960 el tt

A kapacitás tervezés tradicionális, determinisztikus tervezési eljárásait az 1950-es évektől egészen a 1980-as évekig alkalmazták. Ezt az időszakot két szakaszra oszthatjuk. **Az 1960-as éveket megelz en** a villamosenergia-termelő vállalatok nem voltak érdekeltek egy diverzifikált erőportfólió létrehozásában. Az erőberuházások háttérben egyetlen követelmény, a *zavartalan ellátás biztosítása* állt. A beruházókat a megtérülési ráta szabályozás vezette döntéseik meghozatala során. A megtérülési ráta „*a termelésben lekötött teljes t keállomány megtérülésének fels korlátjaként szolgált*” (Kiss 2008, p. 40.). A rátának mind a számlálója, mind a nevezője manipulálható volt leginkább azért, hogy indokolatlan költségeket számoltak el (költségek közé rejtve a profit egy részét), és ezáltal kisebb nyereséget mutattak ki. A szabályozók tehát túlköltekezésre ösztönöztek nem kényszerítve ki a költségek minimalizálását. Ez, az ún. Averch-Johnson hatás (1962). A túlteljesítés lehetőségei a t ke volumenben vett növelése, a t ke minőségének növelése, azaz feleslegesen jobb minőségű és drágább t ke javak beszerzése, valamint a t ke intenzív technológiák irányába való elmozdulás (Kádárné, 2010).

Az ösztönzési problémát befolyásolta továbbá az a tény, hogy a szabályalkotók kudarcot vallottak az új fűtőanyagok és technológiák kutatásának ösztönzése terén. Ebben az időszakban a fosszilis fűtőanyagok piaci ára viszonylag alacsony, a kereslet gond nélkül előre jelezhető volt; az elsődleges energiaforrások esetleges kimerülése, illetve a fűtőanyagválasztás környezeti következményei sem kaptak különösebb szabályozói vagy társadalmi visszhangot. **Kijelenthetjük, hogy a múlt század első kétharmadában a beruházók, valamint az egyéb érdekelti körök (szabályozók, fogyasztók, a társadalom) nem helyeztek nagy súlyt az erőberuházások bármilyen szempontú optimalitására** (Hickey et. al., 2010).

3.2. Kapacitás tervezés: 1960-1970

A megbízható szolgáltatás nyújtásának követelménye és a villamosenergia-termelés szükséges mennyiségének előre jelzése az **1960-1970 közötti időszakban** került szembe egymással. A villamosenergia-beruházási döntések alapja ebben az időszakban a *villamosenergia-termelési költségek minimalizálásának* követelménye. E hagyományos megközelítés célja - *egy, jellemzően a legalacsonyabb egységköltség termelési technológia azonosítására irányuló optimalizálási algoritmus futtatásán keresztül* - a

tervek elrejelzéseikhez igazítása, a mindenkori keresletet kielégítő biztonságos, stabil és minőségi szolgáltatás nyújtása volt (Nicholson, 1971). Kevés figyelmet fordítottak a villamosenergia-termelési technológiák a költségminimalizáláson kívül egyéb szempontból optimális portfóliójának meghatározására. A modellek kritikus tényezői a becsült keresleti és kínálati adatok voltak, melyek pontatlanságainak következtében erre az időszakra is jellemzőek a túl-, illetve alul-beruházások (Munasinghe, 1990, Ford-Yabroff, 1980).

Fontos megjegyezni ezen a ponton, hogy a költségminimalizálás ebben az időszakban jelenik meg gazdasági optimalizálási kritériumként, ugyanakkor a kvázi társadalmi optimum követelménynek tekinthető ellátásbiztonság továbbra is elsődleges beruházói preferencia. A továbbiakban azon költségalapú módszerek ismertetése következik, melyek elsősorbanként megjelentek a költségminimalizálási követelmény megvalósulásának támogatása, illetve azonosítása érdekében.

3.2.1. A diszkontált pénzáram (DCF) módszerek

A leggyakrabban alkalmazott beruházás értékelési keretrendszer a **diszkontált pénzáram** elemzési eszköztár. Egy biztos pénzáramokkal rendelkező beruházási projekt determinisztikus környezetben a legegyszerűbben a **nettó jelenérték** módszerrel értékelhető. A keretrendszer a pénzáramok szempontjából azonosítja a jövőbeni nettó (*a bevétel-változás, valamint a ráfordítás-változás eredeként azonosítható*) pénzáramokat (általában éves szinten), majd ezeket diszkontálja egy kockázattal korrigált rátával, hogy azok jelenérték-pénznagyságként kifejezhetőek legyenek. Ezt követően a kezdeti beruházási költségek levonása következik a jövőbeni pénzáramok jelenérték-összegéből a beruházás nettó jelenértékének, az értékteremtés, vagy értékrombolás mértékének azonosítása érdekében (Bélyácz, 2009).

Ebben a keretrendszerben egyszerű *döntési szabály* uralkodik: ha a nettó jelenérték nagyobb, mint zérus, akkor a beruházás gazdaságos, és a döntéshozó számára a módszer a beruházás megvalósítását javasolja; ha a nettó jelenérték kisebb, mint zérus, akkor a beruházás gazdaságtalan és annak elvetése javasolt.

Bár a nettó jelenérték módszer egyike a leggyakrabban alkalmazott projekt-rangsorolási eljárásoknak, több feltevését csak fenntartásokkal, bizonyos körülmények együtthallása esetén fogadhatunk el. Mun (2002); Trigeorgis (1993), Van Putten és MacMillan (2004)

észrevételei alapján az **5. számú táblázat** foglalja össze az eljárás feltevéseinek valódiság-vizsgálatát.

5. táblázat A diszkontált pénzáram módszerek hátrányainak összefoglalása (Feltevések vs. Valóság)

Feltevés	Valóság
A döntéseket most hozzuk meg.	Nem minden döntést hozunk meg ma, a bizonytalanság eloszlása, az új információk megjelenése érdekében elhalaszthatjuk döntéseinket.
A jöv beni pénzáramok ismertek.	A jöv beni kimenetek bizonytalanok.
Miután elindítottuk a projekteket, azok passzív menedzselése következik.	Jellemz a projektek aktív menedzselése a teljes hasznos élettartam alatt.
A jöv beni szabad pénzáramok becsülhet ek és determinisztikusak.	A jöv beni pénzáramok becslése azok sztochasztikus és kockázatos természetete folytán bonyolult feladat.
A használt diszkontráta a befektetett t ke használdozati költsége, mely arányos a nem-diverzifikálható kockázattal.	Számos, eltér karakterisztikával rendelkező üzleti kockázat létezik, melyek közül néhány diverzifikálható a projekt hasznos élettartama alatt.
A konstans diszkontráta minden bizonytalansági tényez t megragad.	A projektek kockázatosága azok hasznos élettartama alatt változhat.
Minden, a projekt kimenetét befolyásoló, tényez visszatükröz dik az NPV-ben.	A projektek komplexitása, valamint az externáliák megnehezítik minden tényez számszer sítését. A nem tervezett, nem várt kimenetek szignifikánsak és stratégiailag fontosak lehetnek.
Az ismeretlen, immateriális és nem mérhet tényez k értéke zérus.	Sok fontos pozitív befolyásoló tényez , körülmény lehet megfoghatatlan eszköz vagy kvalitatív stratégiai pozíció.

Forrás: Saját szerkesztés Mun (2002); Trigeorgis (1993), Van Putten és MacMillan (2004) alapján

A fenti feltevésbeli aggodalmak ellenére a villamosenergia-szektor szintén el szeretettel alkalmazza az eljárásokat, különösen, hogy a DCF-módszereket követ en megjelen legtöbb kapacitás tervezési modell átvette a bizonytalanság diszkontáláson keresztüli figyelembe vételének logikáját. A módszer az egyes er m beruházások pénzügyi, gazdasági, m szaki tulajdonságait egyetlen értékke s ríti össze, mely érték azonban nem képes a bizonytalansági tényez k megfelelő figyelembe vételére a determinisztikus pénzáram kezelés, valamint a konstans diszkont-tényez feltevése folytán. A Nemzetközi Energiaügynökség villamosenergia-beruházások értékelése témakörben kiadott tanulmányában (IEA, 2003) rámutat a megfelelő diszkont-tényez becslésének problémájára, különösen, hogy az er m beruházások jöv beni pénzáramai, a várható bevételek, és várható költségek eltér kockázati karakterisztikával jellemezhet ek.

A helytelenül megválasztott diszkontráta, a passzív projekt-menedzsment feltevése, a kvalitatív projekt-befolyásoló tényezők figyelmen kívül hagyása a beruházás reális értékének alulértékelését, a rugalmasság teremtette érték megragadásának elmulasztását eredményezi. Azonban a módszerek elvitathatatlan elnye azok input-adatainak egyszer azonosíthatósága, kimeneteik letisztult kvantifikálhatósága, eredményeik megkérdőjelezhetetlen interpretálhatósága.

3.2.2. A teljes életciklus költség módszer

A teljes költség módszer becslésének eredete a villamos-energia piac monopóliumának id szakában keresendő. Ebben az id szakban a villamos-energia szolgáltatók, termelők és a hálózat-üzemeltető vállalkozások az erőm relatív költségeinek első számú mutatójaként mint a villamosenergia-termelési **technológia pénzügyi életképességét tesztelő módszert** használják. A teljes termelési költség, vagy sok esetben teljes életciklus költségnek nevezett módszer (*levelized cost of electricity = LCOE-módszer*) egyetlen szereplő, a villamos-energia termelő vállalat, az erőm tulajdonos szempontjából vizsgálja a költség paramétereiket, és nem veszi figyelembe a szélesebb villamos-energia hálózatra kifejtett hatásokat; valamint a környezet, a társadalom szempontjából fontos externáliákat is csupán egyetlen paraméteren, jellemzően a CO₂-kibocsátás költségén, a karbon árán keresztül ragadja meg.

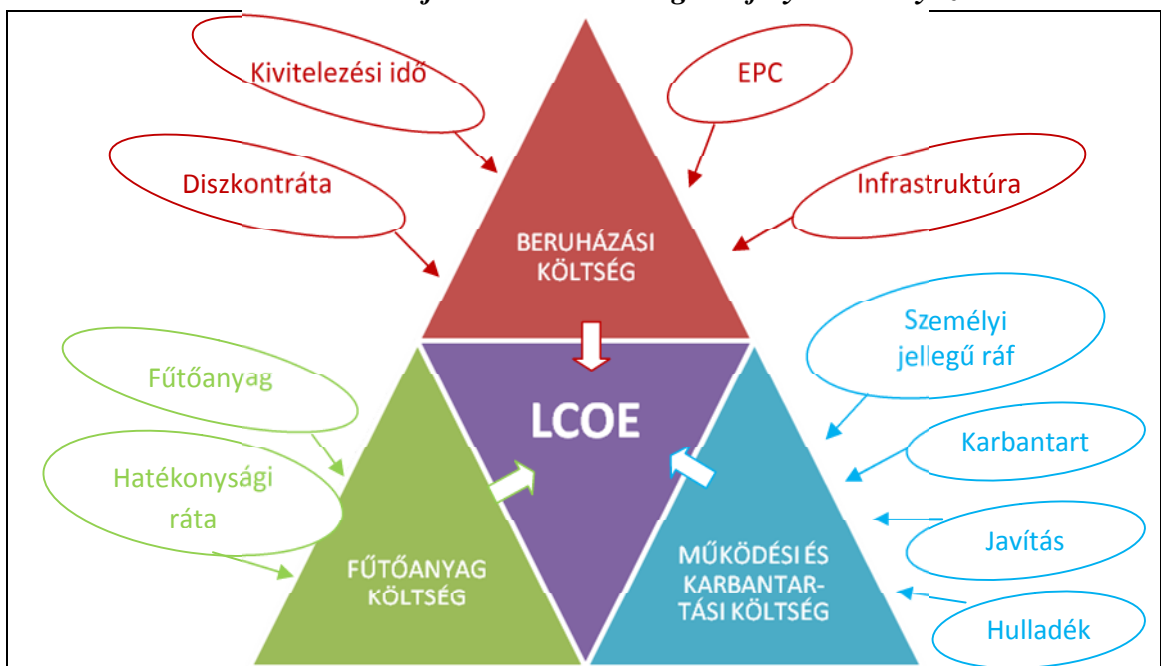
A teljes költség adatokból a villamosenergia-szektor vállalatai **átlagos rendszer költséget** számolva a hatóságok felé kommunikálták a biztonságos villamos-energia szolgáltatás nyújtásához szükséges finanszírozási forrás nagyságát, illetve az utóbbiak ezen információk függvényében képesek voltak az output árak központi meghatározására. A monopol környezetben végrehajtott költség becsléseket gyakran használták a legalacsonyabb költséggel járó technológia azonosítására annak érdekében, hogy mind technológiai, mind gazdasági szempontból hozzájáruljanak a villamos-energia hálózat stabilitásához, illetve fejlődéséhez.

A teljes költség módszer megkísérli megragadni a villamos-energia termelő létesítmény **teljes élettartama alatti költségeket** - innen a teljes életciklus költség elnevezés - leírva a „bölcs töltsírig” szemléletét a módszernek, majd szétosztja ezen költségeket a villamos-energia output mennyiségének jelenértékére. A módszer két megközelítése terjedt el. Mindkettőhöz szükséges első lépésben az erőm létesítése és működése során felmerülő költségek és azok realizálódási időpontjának meghatározása, vagyis a költségáramok

becslése. Emellett szükséges a villamos-energia output mennyiségének, valamint a kapcsolódó életciklus mérföldköveknek a becslése.

Matematikai szempontból a módszer a diszkontált pénzáram módszerek közé sorolható. Az els számítási módszer, melyet a Nemzetközi Energia Szövetség (IEA) is használ, diszkontálja a jövőbeli költségeket, majd elosztja a kapott eredményt a jövőbeli output jelenértékével. A második módszer, melyet annuitás-módszernek is neveznek, a jövőbeli költségáramok jelenérték-összegéből indul ki, majd egy költség-egyenértékest származtat, és ezt osztja az átlagos éves villamos-energia outputtal. A módszer alkalmazásakor meg kell nézni tehát, hogy melyik az az annuitás típusú pénzáram, mely az erőforrás hasznos élettartama alatt egyenletes költségtételként realizálódva pontosan azt a jelenérték költségtömeget mutatja, mint a becsült, nem azonos nagyságú pénzáramok a kivitelezési periódus, valamint a hasznos élettartam éveiben. Amennyiben mindkét módszernél a diszkontálás során ugyanazt a t_k költséget, valamint az annuitás formulában azonos szintezési (*levelization*) rátát¹⁹ használunk, a kapott eredmények megegyeznek (Gross et. al., 2007).

17. ábra A teljes termelési költséget befolyásoló tényezők



Forrás: Saját szerkesztés

A teljes életciklus költség kalkulálását, a költséget befolyásoló tényezőkét dolgozatom empirikus fejezetében mutatom be. A fenti **17. számú ábra** ízelet a módszer összetettségét, a kulcsparaméterek számosságát tekintve.

Az **LCOE-módszer el nyei** vitathatatlanok, hiszen meghatározásával lehet vé válik egy új er m termelési költségeinek, illetve adott technológia termelési költségeinek becslése; vagyis a beruházó számára az adott piacon elérhet termelési technológiák elemzése. A módszer el nyei közé sorolhatjuk többek között annak rugalmasságát, hiszen mivel a villamosenergia-piacok jelent sen különbözhetnek, fontos, hogy a befektet k képesek legyenek a kulcs-paraméterek, illetve feltételezések módosítására, azok helyi, illetve regionális sajátosságokhoz igazítására. Az eljárás lehet vé teszi az elérhet technológiák közül a legalacsonyabb egységköltséggel rendelkező technológia azonosítását; a befolyásoló paraméterek érzékenység-vizsgálatán keresztül a bizonytalansági tényez k költségelemekre kifejtett hatásának vizsgálatát, valamint az egyes technológiák költségszerkezetének elemzését. A teljes életciklus költség módszer képes visszatükrözni a hosszú távú finanszírozás realitását azzal, hogy biztosítja a kiszámítható rangsort, a stabil fogyasztás-növekményt; valamint egyenletes technológiai fejl dést feltételezve az új er m vek pozícióját e rangsorban (Fraser, 2003).

Az 1960-as 70-es években megfogalmazódtak az els kritikák a módszerrel szemben. Turvey és Anderson (1977) cikke az els , mely összefoglalóan citálja **a módszer korlátait**. A hátrányok között els ként a módszer korlátozó feltevéseit kell említenünk. A kapott költségnagyság megfelel egy befektet teljes költségének *a termelési költségek biztosságának, valamint a villamos-energia árak stabilitásának feltételezésével*. A teljes termelési költség tehát közelebb áll a szabályozott monopol piacok esetében eszközölt er m -beruházások költségeihez mint a változó árakkal jellemezhet liberalizált piacokon végrehajtott technológiai beruházások költségeihez. Más szóval a teljes költség számítása során feltételezett t ke költség a módszer feltételezése szerint visszatükrözi a befektet várható hozamát a speciális piaci vagy technológiai kockázatok figyelmen kívül hagyása mellett. Mivel azonban a piaci és technológiai kockázat jellemz en jelen van, az LCOE, valamint a valós, számtalan korábban ismertetett bizonytalansági tényez vel szembesülni kénytelen befektet i tényleges költségek közötti különbség igazolhatóvá válik.

Az 1970-es évekre egyre szofisztikáltabbá váló új kapacitás tervezési modellek lehet vé tették a villamosenergia-szektor sajátjának tekinthet , a korábbiakban mell zött tényez k figyelembe vételét. A napi, heti és szezonális kereslet ingadozásokat; a kínálati szezonalitást; a meglév er m kapacitást; az addicionális technológiák hatását a meglév *érdemességi sorrendre*; valamint a jövő beli kereslet ingadozásából, a szabályozási környezetb l, valamint a technológiai fejl désb l adódó bizonytalanságokat.

A teljes költség módszer legnagyobb hátránya, a technológiák mindössze önálló, szeparált értékelésére képessége. A különféle villamos-energia el állítási technológiák eltér kockázat-hozam tulajdonságokkal rendelkeznek, és potenciálisan jelent s el nyök származhatnak egy diverzifikált er m portfólió m ködtetéséb l bármely szolgáltató számára. Mivel a szolgáltató által m ködtetett különböző er m vek kockázat-hozam profiljának komplementaritását a teljes költség módszer nem képes figyelembe venni, a módszer így nem képes adekvát információt szolgáltatni egy szolgáltató vagy ország számára új er m beruházás esetén az optimális technológia választásáról.

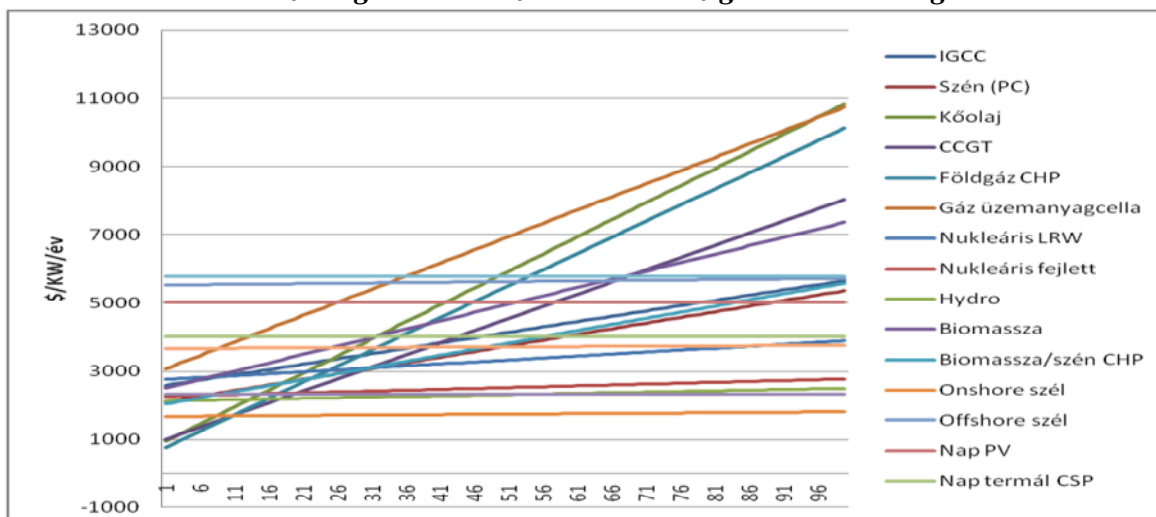
A bizonytalansági tényez k figyelmen kívül hagyása ellenére az LCOE máig elfogadott, transzparens mér száma a termelési költségeknek és széles körben alkalmazott módszere a különböző villamos-energia el állítási költségek összehasonlításának.

3.2.3. A Screening Curve (sz r -görbe) elemzés

Az ún. *screening curve* (továbbiakban *sz r -görbe*) elemzés túlmutat a teljes életciklus költség módszerrel azzal, hogy nem csupán a technológiák önálló, egységköltség alapú elemzése válik lehetővé, de általa els ként kaphatunk képet egy optimális villamos-energia összetételről, valamint a különféle villamos-energia el állítási technológiák relatív gazdaságossági sorrendjéről (*merit*). A módszer alapgondolata, hogy sz rjük, rostáljuk ki a magas egységköltség technológiákat, mindezt úgy, hogy minden bizonytalansági tényez t, valamint a technológiák közötti kölcsönhatásokat továbbra is figyelmen kívül hagyunk.

A *sz r -görbe* lehetővé teszi, hogy az egyes technológiák teljes életciklus költségeit ábrázoljuk *különböz terhelési tényez k* mellett. A *terhelési tényez* a villamosenergia-szektorban az adott er m teljesítményének maximális teljesítményhez viszonyított hányadosa. Minél nagyobb a terhelési tényez , a villamosenergia-termelés állandó költségei annál nagyobb kWh-ban vagy MWh-ban értelmezhető outputra oszlanak el. Általánosságban kijelenthető, hogy a magasabb terhelési tényez nagyobb termelést, és ezáltal alacsonyabb egységköltséget eredményez, ami pedig a villamos-energia termel oldaláról magasabb *spark spreadet*, vagyis a befektetés megtérülésére visszamaradó árhányadot (értékesítési ár-egységköltség) eredményez.

18. ábra Sz r -görbe a disszertációban vizsgált 18 technológia esetében



Forrás: Saját szerkesztés

Vagyis a sz r -görbe elemzés során ahelyett, hogy a teljes életciklus számítások során feltételezett egyetlen terhelési faktor alapján hasonlíthatnánk össze a különböző villamosenergia-elállítási technológiákat, a módszer nyilvánvaló adalékkal szolgál, mégpedig a tévesen becsült terhelési faktor kockázatának közelítésével. A sz r -görbe abszcisszája tehát a terhelési faktor (%) lesz, ordinátája pedig a teljes életciklus költség (\$/KW/év). Az empirikus fejezetben részletesen ismertetett számítási lépések outputját mutatja a dolgozatban vizsgált 18 villamosenergia-termelési technológia sz r görbe térképe a **18. számú ábrán**.

Bár a sz r -görbe elemzés lehetővé teszi a kevésbé gazdaságos termelési technológiák kizárását a döntéshozatal további szakaszából; ugyanakkor durva becslésekre, illetve kerekítésekre alapozza javaslatát, így az ésszerű pontosságot követel értékelési eljárásoknak semmiképpen sem megfelelő döntéstámogatási mechanizmusa. Az elemzés a villamosenergia-összetétel optimalizálásának egyszerű és gyorsan végrehajtható vizsgálatát teszi lehetővé. A gyakorlatban sz r funkciója révén első sorban egy adott probléma komplexitásának csökkentése érdekében alkalmazzák.

3.3. Kapacitás tervezés: 1970-1980

A vállalati stratégiai tervezés területén megválaszolatlanul hagyott kérdések folytán már az 1980-as évek szakirodalmában megjelentek az első bírálatok a determinisztikus eljárásokkal szemben. Haynes és Abernathy (1980) kritikája szerint a diszkontált pénzáram alapú módszerek fontos stratégiai kérdéseket hagynak figyelmen kívül, mellyel

szisztematikusan alulértékelik a reáleszközöket. Jellemzően egy merev projektstruktúrából és most vagy soha jellegű egyszeri mérlegelési lehetőséggel indulnak ki (Mun, 2002); figyelmen kívül hagyva a vállalatvezetés döntési rugalmasságát a reáleszközök megkövetelésére vonatkozóan (Horvath - Mayer, 1986).

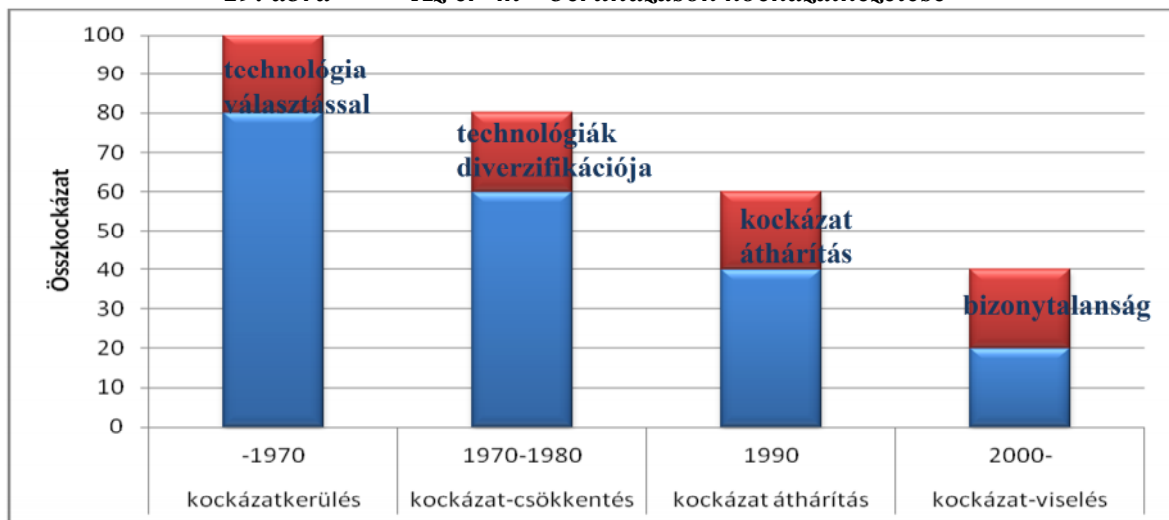
A bizonytalansági tényezők kezelésére, illetve hatásaik csökkentésére négy lehetőség adott. A vállalkozások egyrészt elkerülhetik azt, mérsékelhetik, átháríthatják, illetve végső esetben saját maguk viselhetik (Gleissner, 2005). E tekintetben is egyfajta specialitást vételek felfedezni a villamosenergia-szektor esetében. Kezdetben a kapacitás tervezésre jellemző volt a technológiák önálló, mintsem portfólió szemlélet vizsgálata, vagyis a bizonytalanság kezelés, az optimalizálási cél realizálás a technológia választással valósulhatott meg. Mindez összességében a fosszilis energia alapú technológiák elnyelvényesítését, valamint a diverzifikáció hiányát eredményezte (Costello, 2007). A diverzifikáció igénye a **megújuló energiaforrás alapú technológiák elérhetővé válásakor** jelent meg. A megújuló technológiák portfólióba vonásának diverzifikációs hatását a szektor évtizedekig alábecsülte, melynek következtében a megújuló technológiák megjelenésének első évtizedeiben az energia-összetételbe foglalás háttérben első sorban a környezetvédelmi kényszerek teljesítése, valamint az átviteli hálózatokkal csak jelentős költségek árán elérhető területek villamos-energia ellátásának biztosítása állt (Costello, 2005).

Időszak	1960 előtt	1960-1970	1970-1980	1990 után	2000 után
Termelés	alacsony költségek	egyenletes költség növekedés	jelentős költség növekedés	magas, bizonytalan költségek	bizonytalanság
Piac	jelentős növekedés	történelmi növekedés	lassulás	mérsékelt növekedés	bizonytalanság
Szabályozás	stabil	megjelenő környezeti szempontok	kereslet oldali nyomás, megújuló technológiák	élesedő verseny	bizonytalanság
Optimalitás kritériumok	ellátás biztonsága	ellátás biztonsága, költségminimalizálás, környezeti trade-offok	megújuló energiák, kockázatmenedzsment	profitmaximalizálás értékteremtés	érték-teremtés (részvényesi, környezeti, társadalmi)
Módszerek	megtérülés alapú eljárások, túlteljesítés	költség alapú módszerek	integrált erőforrás tervezés	DCF-módszereket kiegészítő eljárások	portfólió-elmélet reálopció-elmélet

Forrás: Saját szerkesztés (Ku, 2003) alapján

A környezeti kényszerek hajtotta energia-összetételbe vonás következménye a villamosenergia árak emelkedése, az ekkor még kevésbé környezettudatos fogyasztók megújuló technológiáktól való ódzkodása volt. Jelentős elrelépéseket a technológiai diverzifikáció hatására az ellátás-szakadások kockázatának csökkentése terén értek el, ahogyan azt a **6. számú összefoglaló tábla, illetve 19. számú ábra** mutatja.

19. ábra Az er m -beruházások kockázatkezelése



Forrás: Saját szerkesztés (Gleissner, 2005) alapján

3.4. Kapacitás tervezés: 1990-2000

Ebben az időszakban a termelési technológiák oldaláról jelentkeztek bizonytalanságok, valamint a kereslet oldali nyomás mellett a liberalizációs kezdeményezések megjelenésének következtében fokozott piaci bizonytalansággal, környezet- és egészségtudatosabbá váló társadalmi nyomással volt kénytelen szembesülni az iparág. Egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a korábbi kapacitás tervezési eljárások eddigre már megdöntött alapfeltevése a költségek, a költségeket befolyásoló tényezők biztonságáról kockáztatja a beruházási döntéshozatalt, veszélyezteti a beruházók hosszú távú jövedelmezését.

A liberalizált villamosenergia-piacon a befektetők a *beruházás jövedelmezése érdekli a befektetett tőke költségével szemben*. Így alakult ki, hogy a teljes életciklus költség módszerrel ebben az időszakban a villamosenergia-termelők, a szolgáltatók a **saját tőke arányos megtérülési rátájuk** belső célkitűzésként alkalmazzák. Egy erőforrás-beruházás becsült kockázatát a befektető számára a befektetésből várt hozamok tükrözik vissza. Minél nagyobb az üzleti és pénzügyi kockázat, annál nagyobb a megkövetelt megtérülés. Az

elvárt hozam meghatározása a valóságban nehézkes és részben a befektet kockázati attit dje által irányított feladat.

3.4.1. A bizonytalanság beépítése a beruházási döntéshozatalba

Sztochasztikus környezetben a kamatot legtöbbször egy kockázati prémiummal egészítjük ki. A kockázati prémium kifejezi, hogy a pénzáramokat bizonytalan körülmények között realizáljuk, és ezáltal a kockázatmentes szituációhoz képest nagyobb hozamot követelünk meg kompenzációképpen, vagyis ezzel a mér számmal kíséreljük meg a vizsgált bizonytalansági forrásokat egyetlen értékékké s ríteni. A CAPM-modell²⁰ keretein belül a kockázati prémium meghatározására irányuló kísérletek a t kepiacról szerzett információk alapján vezetnek le ezt a kompenzációt (Sharpe, 1964). Jeske és von Hirschhausen (2005) ezzel a módszerrel ragadják meg a bizonytalanságot a szárazföldi széler m vek gazdaságossági vizsgálatáról szóló tanulmányukban.

A diszkontált pénzáram alapú módszerek legf bb kritikája, hogy a várható értéket és a kockázatot leegyszer sítve egyetlen diszkont-tényez formájában veszik figyelembe (Roques, 2006). Következésképpen olyan módszerek segítségül hívására volt szükség, melyek képesek a jöv beni költségekkel és bevételekkel kapcsolatos *bizonytalanság adekvátabb figyelembe vételére*; illetve az olyan, els dlegesén nem, vagy egyáltalán nem kvantifikálható, de beruházási szempontból is egyre hangsúlyosabbá váló tényez k, mint az imázs, a társadalmi, a környezeti és regionális sajátosságok, valamint a stratégiai és technológiai *értékek megragadására*.

Fokozatosan jelentek meg a felsorolt kritikák egyes elemeinek kiküszöbölésére, a bizonytalanság és rugalmasság egyenkénti, adott esetben együttes figyelembe vételére alkalmas eljárások a beruházási döntéshozatalban²¹. Hirst és Schweitzer (1990) amerikai villamos-energia szolgáltatók körében végzett felmérése alapján a *forgatókönyv elemzést, az érzékenység-vizsgálatot, a portfólió-elméletet, valamint a valószínű ség-elemzést* említik, mint a legnépszerűbb ilyen metódusokat. Kifejezetten a villamos-energia összetétel tervezése kapcsán Crousillat (1989) foglalkozott els ként a bizonytalansági tényez k bevonási lehet ségeivel. Az 1980-as évek végén írt tanulmánya három osztályba sorolja a „jöv ” tervezési megközelítéseit: *sztochasztikus optimalizáció, robusztusság vizsgálat és opció értékelés*.

Más tanulmányokban természetesen találunk egyéb osztályozást, ezek els sorban az opció-elméletet mell zik, helyette egy *determinisztikus megközelítést* neveznek meg harmadik csoportként. Amennyiben a módszerek fejl dését vizsgáljuk a bizonytalanság bevonásának els állomása e determinisztikus, a lineáris programozás módszerét felhasználó modellek, melyek a bizonytalanságot még meglehet sen egyszer módon, egy várható érték azonosításán keresztül veszik figyelembe.

A következ kben a bizonytalanság melletti döntéshozatalhoz való hozzájárulásuk növekv sorrendjében

- ❖ a determinisztikus eljárás;
- ❖ a robosztusság vizsgálat;
- ❖ a diszkontált pénzábra módszereket kiegészít eljárások (forgatókönyv elemzés, érzékenység vizsgálat) ismertetése következik.

3.4.1.1. A determinisztikus egyenértékes eljárás

A **determinisztikus egyenértékes eljárás** a villamos-energia beruházási problémát egy tradicionális lineáris programozási feladatként írja le. A módszer lényege egy optimális kapacitás beruházási terv azonosítása, mely során választ kapunk a bevonandó alternatívák körére, a beruházás id pontjára, kiépítend kapacitás nagyságára, azzal, hogy akár a már üzembevezetett er m veket, kapacitásokat is figyelembe tudjuk venni különféle korlátokon keresztül a villamos-energia kereslet optimális kielégítésének tervezésekor. A lineáris programozás algoritmikus er sségeinek kihasználása mellett az eljárás célja továbbra is a kereslet, a kapacitás és f t anyag rendelkezésre állás korlátai mellett a legalacsonyabb költség összetétel azonosítása.

Ahogy az a determinisztikus egyenértékes elnevezés is jelzi, a módszer determinisztikus, vagyis minden input adatot ismerünk, melyek eleve determinálják a lehetséges kimeneteket. Ahogy az az elnevezéséb l is következtethet , a módszer determinisztikus korlátokkal dolgozik, a linearitást pedig a célfüggvény és a korlátok linearitása teremti meg. A bizonytalan tényez kr l, úgy mint a f t anyag árak, a várható kereslet alakulása stb, azt feltételezzük, hogy állandóak a vizsgált id intervallum alatt. Ezek értékét az elemzéskor elérhet legpontosabb, leghitelesebb információk alapján tápláljuk be a modellbe. Vagyis minden egyes input paramétert azok várható értéke alapján

vesszük figyelembe ahelyett, hogy a valószínűség-eloszlásokra támaszkodnánk, és ezzel sztochasztikus modellt vizsgálnánk. A determinisztikus módszerek nem veszik figyelembe a kapacitás tervezés döntés szekvenciális természetét. Vagyis a determinisztikus eljárással meghatározott beruházási ütemterv mindössze a vizsgált intervallumra tekinthet optimálisnak.

A lehető legjobb döntés meghozatala érdekében a tervezési időhorizontot célszerű rövid optimalizációs szakaszokra osztani, és ezekre végrehajtani az eljárást. Majd a következő szakaszra az input adatokra készített újabb elrejelzések alapján újra elvégezni azt. Mindezt ismételni egészen a tervezési időhorizont végéig.

A kapacitás tervezés során tehát a legelső lineáris programozással végrehajtott optimalizációs eljárások egyetlen célt tűztek ki maguk elé, mégpedig a költségek minimalizálását. A modellek komplexitását a bevont változók, valamint a korlátok száma eredményezte. Míg az egyik legelső lineáris programozással végrehajtott kapacitás optimalizáció öt változót és négy korlátot használt 1954-ben, addig Dantzig (1955) egy évvel később már 90 változóra és 70 korlátra épülő modellel támogatta a kapacitás tervezési döntéshozatalt. Mára akár több tízezer korlátot és változót azonosíthatunk a villamos-energia kapacitás tervezés során, különösen, ha minden szempontot, mind a gazdasági, mind a mérnöki, mind a környezeti befolyásoló tényezőket figyelembe kívánjuk venni, vagyis a probléma egy idő után a lineáris programozás számára egyértelműen kezelhetetlenné vált.

Ugyanakkor a módszer egyértelmű elnyei és máig is tartó sikerének titka annak matematikai gyökereiben, vagyis számítási erejében rejlik. Hiszen megfelelően képes közelíteni az alapvető technikai és költség kapcsolatokat lineáris függvényeivel. Éppen ezért célszerűnek láttam a módszer elnyeinék saját kutatáson keresztüli feltárását, a korábbi legalacsonyabb költség alapú közelítésekhez képesti hozzáadott értékének azonosítását.

3.4.1.2. A robosztusság vizsgálata

Robosztusság²² vizsgálata A villamos-energia rendszer tervezés egy komplex feladat, mely általában nem egy célt szem előtt tartva kell, hogy optimalitásra törekedjen. A legtöbbször több érdekelti kör, különböző, egymással általában viaskodó célrendszerét kell, hogy figyelembe vegye a tervező.

A liberalizációt megelőzően, és a liberalizációt követően is ugyanazok a szereplők voltak jelen a villamosenergia-szektorban, bár kevesebb, eltér fenyegetést jelent bizonytalansági tényező határozta meg ezeket a szereplők döntéseit; az összetétel tervezés során szignifikáns eltéréseket jellemzően a bizonytalansági tényezők kezelésének módjában, illetve a döntés háttérében meghúzódó mozgatórugók szempontjából tapasztalunk.

A liberalizációt megelőzően viszonylag könnyen elhatárolhatóak voltak a különböző érdekelti csoportok preferenciái. A kormányzat elsősorban az ellátásbiztonságban, valamint a biztos kereslet minél költséghatékonyabb kielégítésében volt érdekelt, ennek megfelelően sokáig nem támasztott egyéb, korlátozó körülményeket a villamos-energia termelésével szemben. A liberalizációt megelőzően nem sokkal eltérbe kerültek a környezeti szempontok, melyek megjelenése addicionális terheket rótt a termelésre. A villamosenergia-előállítás költséghatékonyabb kielégítését szem előtt tartva, ezen ellátási kötelezettségének minél kisebb számú, minél hosszabb élettartamú beruházásokkal történő teljesítésére törekedett.

A fogyasztók lényegében ebben az olvasatban nem is tekinthetők az energia-összetételről hozott döntés közvetlen szereplőinek, mindössze mint árelfogadók, a termelési változó számú, és mértékű bizonytalansági tényezővel szembeni „fedezeti pozíciók” vannak jelen. E döntési szituáció első dimenziói tehát maguk a szereplők, a második dimenziót a bizonytalansági tényezők jelentik, míg a végső energia-mixet meghatározó egyéb ismertett döntési kritériumok, döntési szempontok harmadik dimenzióként teljessé teszik a monopol körülmények között értelmezett energia-összetétel optimalizálási szituációt.

Amennyiben hozzáadjuk a verseny dimenzióját ezen alapszituációhoz, azt tapasztaljuk, hogy bár a szereplők ugyanazok, a bizonytalansági tényezők száma megsokszorozódott, illetve kedvezőtlen hatásaik felnagyítottak, valamint az energia-mixről hozott döntés immáron nem egy érdekelti csoportnál dől el. A villamos-energia termelési feltételek eltérő, keveredő, egymással mindenképpen kölcsönhatásban lévő preferenciái alapján, azokat figyelembe véve kénytelen meghozni beruházási döntését.

E többcélú döntési szituáció vizsgálatát teszi lehetővé a robusztusság elemzés. A módszer célja egy olyan, robusztus döntés meghozatala, mely az egymással versengő célok közötti átváltások elemzése, és kihasználása alapján jöhet létre.

A rendszertervezés szempontjából a robosztusság vágyott cél. Hobbs et. al. (1994) definiálnak egy robosztus tervet, melynek költségei kis mértékben reagálnak a feltételezésekben bekövetkezett változásokra, következésképpen a robosztusság a kiszámíthatóság és stabilitás jelenségekkel kommunikálható. Hashimoto et. al. (1982) a robosztusságot összekapcsolja annak a valószínűségével, hogy a rendszer tényleges költségei nem haladják meg egy rendszer jövőbeli lehetséges költség-minimumának bizonyos számú többszörösét. Hashimoto (1980) szerint a robosztusság összekapcsolható Stigler (1939) rugalmassági koncepciójával, vagyis bizonyos mértékben elfogadható. Merrill és Wood (1991) a robosztusságot a lehetséges jövőbeli szeptemberrel azonosítják, melyben egy adott terv a legjobban érvényesülhetne. Gupta és Rosenhead (1968) szerint a robosztusság szorosan kapcsolódik az alkalmazkodáshoz, a visszavonhatatlan, visszafordíthatatlan döntések számának tekintetében, melyeket meg kell hozni azonnal, szemben a nyitva hagyott lehetőségek, választások számával és diverzitásával. Paraskevopoulos et. al. (1991) a robosztusságot, mint a bizonytalanság különböző forrásaira való érzékenységet vizsgálja, mely értelmezhető úgy, mint egy adott forgatókönyv alapján optimális terv tesztelése más forgatókönyvekkel és paraméter érzékenységekkel szemben. Burke et. al. (1988) ezt az átváltási módszert kiterjesztették, és már a bizonytalanságokkal is foglalkoztak.

3.4.1.3. A diszkontált pénzáram módszereket kiegészítő technikák

Sok forrásban találkozhatunk a döntési fákkal (Hespos – Strassman, 1965; Raiffa, 1968), a várható hasznosság-elmélettel (von Neumann – Morgenstern, 1947, Raiffa, 1968), a kockázattal korrigált nettó jelenérték módszerrel (Brealey – Myers, 2000), a bizonyossági egyenértékes módszerrel (Robichek – Myers, 1966), valamint a reálopciókkal (Dixit – Pindyck, 1994, Trigeorgis, 1996).

Elsőként az érzékenység-vizsgálat, valamint a forgatókönyv elemzés módszerével egészült ki a hagyományos DCF-módszertan. A szakemberek érzékenység-vizsgálatokat hajtottak végre a nettó jelenértéket, a teljes életciklus költséget befolyásoló paraméterekre (minden egyéb tényező változatlanosságát feltételezve); valamint a pénzáramok alakulására forgatókönyveket hoztak létre. Ezzel bár a beruházás környezeti változásokra, input-paraméterekre érzékenysége ismertté válhatott, mivel az egyes forgatókönyvek bekövetkezési valószínűsége csupán szubjektív benyomások alapján értékelődött, az

eredmények összehasonlítására, a beruházási döntéshozatalba foglalására továbbra sem volt lehetőség (Kruschwitz, 2005).

A kockázati prémium megválasztásakor a bizonytalan pénzáramok eloszlását nem vesszük figyelembe, mely döntéssel, valamint a szórás, mint rizikó-mérőszám mellett elkötelezédssel a kockázatot szisztematikusan alulértékeljük. A diverzifikáció mint kockázatcsökkentési lehetőség ezeknél az eljárásoknál tehát nem kerül kihasználásra, illetve mindössze a fikcionális piaci portfólió kockázat-diverzifikációs mérőszámának, a β -tényező formájában jelenik meg.

3.5. Kapacitás tervezés: 2000-

Az új évezred kapacitás tervezési eljárásait semmiképpen sem nevezhetjük új eljárásoknak, hiszen ezek egyaránt léteztek, illetve alkalmazásra kerültek a piaci liberalizációt megelőző időszakban is. Újak abból a szempontból, hogy kiigazításra, módosításra, esetlegesen átvételre kerültek az új piaci körülményekhez alkalmazkodva. A szabályozott korszakhoz képest a versenypiac villamos-energia összetétel tervezését már valószínűségekre, mintsem rendszer-megfelelésre (system adequacy) alapozzák. Mielőtt az érett liberalizáció korszakának beruházási döntéshozatalát támogató módszerek, elméletek ismertetésébe kezdenék, fontosnak tartom ezen a ponton a beruházási döntések háttérében megbúvó motivációk, az optimalizációs kritériumok számba vételét.

3.5.1. Optimalitás a villamosenergia-szektorban

Az optimalitás koncepciójának a villamosenergia-termelési technológiák összetételvizsgálatára alkalmazásakor nyitott kérdést jelentenek az optimalitás feltételei. A kapacitás tervezés történeti áttekintésének célja - a döntéshozatalát támogató módszerek evolúciójának ismertetése mellett - a napjaink optimalitás kritérium-rendszerét meghatározó állomások bemutatása volt (lásd 6. számú táblázat).

Az optimalitásról értekezések szerint egyetlen közjóságról sem feltételezhető, hogy az egyedi preferenciák sokaságának eredményeként optimális megoldást adnak. Stirling (1998) kiemeli Arrow lehetetlenségi teóriáját és annak alkalmazását ebben a kontextusban. Arrow (1963) szerint nem létezik olyan társadalmi döntési szabály, amely képes volna az egyéni preferenciákat egyetlen társadalmi preferenciává aggregálni. Arrow kimutatta, hogy egyetlen egyedi társadalmi preferencia rendezés származtatása az alternatívák sokasága

felett – ha minimálisan is, mégis sérti a közgazdaságtan egyéni választásokra vonatkozó öt feltételének valamelyikét. Arrow nyomán el kell fogadnunk, hogy a technológiák rangsorolása az egyénenként változó szubjektív ítéletek függvénye. Eszerint alapjaiban hibás az egész társadalom számára optimális egyetlen beruházási választás feltételezése. Ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy az optimalitást szem el tt tartó beruházási stratégiának ne lenne értéke.

Az optimalitás kereteinek felvázolása során az els lépés a társadalom által legfontosabbnak tartott jellegzetességek és célok definiálása. Az energia termelési technológiák optimális portfóliójának célja a költségminimalizálás kell, hogy legyen, mivel az a hatékonyság javulását eredményezi. A portfólió optimalitás kritériuma tartalmazza a társadalom számára értékkel bíró technológiai tulajdonságokat. Az optimalitás ezért ugyanazzal a módszerrel közelíthet , mint a költségminimalizálási probléma, ahol az optimalitási kritériumok a korlátok.

3.5.2. Optimalitási kritériumok

A költségminimalizálási probléma felírásakor a korlátokat a villamosenergia-termelési összetétellel szemben támasztott kívánatos karakterisztikákkal összhangban kell megválasztanunk. Ezek a termelési technológia portfóliókkal kapcsolatosan azonosítható, az optimalitást befolyásoló, illetve meghatározó tényez k *a megbízhatóság, a biztonság, a rugalmasság, a környezeti megfontolások, a társadalmi elfogadottság, valamint a meglév termel kapacitás* (Hickey és társai, 2010).

- a. **Megbízhatóság** A villamosenergia-termelésnek megbízhatóak kell lenni, azaz folyamatosan képesnek kell lennie a kereslet kielégítésére, legfeljebb minimális megszakításokat megengedve. Ez a társadalmi m kódés zavartalanságának feltétele. A kínálati megbízhatóság biztosításának egyik módja az alkalmazott f t anyagok és termelési technológiák sokszín halmazának biztosítása, mind az alapl kódés, mind a csúcskereslet id szakában.
- b. **Biztonság** A biztonság követelményének definiálásakor a szakirodalom legtöbbször a f t anyag-hiány miatti szakadások elkerülését emeli ki. A biztosítás egyik módja különböz termelési technológiák portfóliójának fenntartása, így az egyik f t anyag forrás elérhetetlenné válása esetén más f t anyag alapú technológiával a termelés biztosítottá válik. Egy további aspektus is vizsgálható, mégpedig a váratlan villamosenergia költség emelkedés kockázata. Bár ez sokad rend energiabiztonsági szempont,

de szintén kritikus aspektus, hiszen az energiabiztonság csökken, amikor az országok (és az önálló vállalatok) nem hatékony, a költségkockázatnak szükségtelenül kitett portfóliókat birtokolnak.

- c. **Rugalmasság** A termelés rugalmassága a működési karakterisztikák, hálózati átviteli korlátok, a f t anyag-árak és a f t anyag elérhetőségének változására vonatkozó reakció legfőbb tulajdonsága. A termelési összetétel rugalmasságának biztosítása érdekében a lehetséges alternatívák portfólióját úgy kell fenntartani, hogy ha az egyik f t anyag forrás kínálata bizonytalanná válik, akkor más források rendelkezésre álljanak a kereslet kielégítésére.
- d. **Környezeti szempontok** Az éghajlatváltozás problémájának súlyosbodásával az utóbbi időben növekvő súlyt kap a villamosenergia-termelés környezeti hatásainak vizsgálata. Az éghajlatváltozás mértékének jelentősége és a karbon-kibocsátás hatása széleskörű vita tárgya, de ugyanígy az is, hogy a költség-minimalizálás milyen mértékben áldozható fel a megújuló energia standardok oltárán. A villamosenergia-termelési portfólió megválasztásakor figyelembe kell, hogy vegyünk az egyes technológiák környezeti hatásait.
- e. **Társadalmi elfogadottság** A technológiai portfólió megválasztásakor figyelembe kell vennünk a közérdek viszonyát a szóban forgó termelési technológiákhoz, valamint azok f t anyag típusához. A közvélemény fokozott érdeklődést tanúsít a biztonság, valamint környezeti szempontok kérdése iránt. Ennek is következménye két aktuális jelenség: a nukleáris energia termelés bővítésével kapcsolatos tartózkodás, valamint a már említett fosszilis f t anyagtól elmozdulás a megújuló energiaforrás alapú termelési technológiák irányába.
- f. **Meglévő termelési technológiák** A költségminimalizálás probléma jelenségének megfelelő kezeléséhez figyelembe kell venni a meglévő termelési technológiák összetételét. A létező termelési összetétel figyelembe vételét az indokolja, hogy mivel minden termelői vállalat korábban kialakította termelési eszközeinek portfólióját, így minden jövőbeli portfólió egyaránt tartalmazni fogja ezeket az eszközöket. Más szóval, az új kapacitás hozzáadott értéke függ a létező portfólió tulajdonságaitól és összetételétől.

Az optimalitást meghatározó tényezők azonosítását követően, a következő lépés azok számszerűsítése. A hat vizsgált korlát közül a meglévő, már üzembe helyezett termelési kapacitás kvantifikálási feladata a legegyszerűbb. A környezeti felelősség, valamint a

társadalmi elfogadottság tényezőjének számszerűsítése jelenti a legnagyobb kihívást. Mivel a két karakterisztikával kapcsolatos társadalmi vélemények rendkívül változatosak, így számbavételük is csak kompromisszumok árán történhet. A villamosenergia-termelési portfólió megbízhatóságának, biztonságának és rugalmasságának számszerűsítése a szakirodalmi források tanúsága szerint történhet a diverzitás jelenségének, a portfólió-elmélet, valamint a reálopció-elmélet segítségével.

3.5.3. Diverzitás

A diverzitás kapcsolódik egy mennyiség elkülöníthető egységekre darabolhatóságának, oszthatóságának mértékéhez Stirling (1998). Általánosabban a diverzitás felfogható a nem kívánatos kimenetek negatív hatásait enyhítő eszközként. Bár a diverzitást a múltban számos diszciplína alkalmazta, Stirling (1994) véleménye szerint a diverzitás sokak által félreinterpretált, sok területen mellőzött jelenség.

Míg egyesek a diverzitást a kockázattal szembeni fedezetként alkalmazták, Stirling szerint a diverzitás ismerethiányon kívüli karakterisztikával jellemezhető szituációkra alkalmazása ellen. Szerinte a kockázat, a bizonytalanság és az ismerethiány három teljesen különböző tartalommal bíró fogalom, és ezért mindhárom esetében tisztázni kell a reakálási lépéseket.

Elsőként azt állítja, hogy kockázat akkor létezik, ha valószínűségeket tudunk rendelni a lehetséges kimeneteknek minden egyes jól definiálható halmazához. Ahol a kockázat megjelenik, ott a megfelelő enyhítési stratégia bayesi eloszlási-függvényeket vagy más valószínűségi technikákat takar. Ezzel szemben a bizonytalanságról akkor beszélünk, ha nem tudunk valószínűségeket rendelni a definiált kimenetekhez. Stirling tovább megy, és azt állítja, hogy a bizonytalanság általános kezelése pusztán kockázatként a legjobb példa arra, amit Hayek (1998) egykor a tudás látszataként vagy színleléseként rótt fel a közgazdaságtudomány számára. Ahol a bizonytalanság jelen van, ott a forgatókönyv-elemzés alkalmazását javasolja, míg a diverzitás bevetése csak abban az esetben helytálló, ha a beruházási döntésre jellemző az ismerethiány (vagy a szigorú bizonytalanság), szemben a kockázattal és a bizonytalansággal. Stirling az ismerethiányt olyan állapotként írja le, melyben a döntéshozó nem csak arra nem képes, hogy valószínűségeket rendeljen a kimenetek egy halmazához, de magukról a kimenetekről sem rendelkezünk információval.

Stirling (1994, 1998, 2009) azonosította a diverzitás szükséges, de egyedileg nem elégséges feltételeit.

- ❖ A variáció az a szám, amelyre a szóban forgó mennyiség osztható. A villamosenergia-termelés esetében a variáció a különböző energiaforrások száma. A variációk számának emelkedésével – minden egyéb tényező változatlanosságát feltételezve – nő a diverzitás mértéke.
- ❖ Az egyensúly a villamosenergia-termelés valamilyen ismérve (például a fűtőanyag források) szerinti oszthatósága, amelyben a töredékek egységgé összegződnek. Minél kiegyenlítettőbb a struktúra, annál nagyobb a diverzitás.
- ❖ Az egyensúlyosság annak mértékére utal, amennyire az egyes alternatívák (fűtőanyag források) megkülönböztethetők egymástól. Az egyensúlyosság csak az összetettségre érzékeny, a feloszthatóságra nem. Feltételezzünk két rendszert 4-4 választási lehetőséggel. Az egyikben a piac 25-25%-át teszik ki az egyes alternatívák, és ez rendelkezhet ugyanezzel az egyensúlyossággal, mint az a piac, ahol a piac 99%-át egy alternatíva teszi ki, a maradék pedig a másik három választási lehetőség között oszlik meg. Két azonos alternatívával és egyensúllyal rendelkező rendszer esetében a nagyobb egyensúlyossággal bíró választási lehetőségek a változatosabbak.

Az alapvető kérdés az, hogy a diverzitás hogyan képes **hozzájárulni a megbízhatósághoz, a biztonsághoz és a flexibilitáshoz**. A diverzitás biztosítja a **megbízhatóságot** abból a szempontból, hogy alternatív választások szolgáltatásával minimalizálja a kínálati és szolgáltatás szakadási zavarokat. A megbízhatóság ezen kívül maga után vonja az alapterhelés és csúcsegységek üzemeltetésével a kereslet kielégítéséhez elegendő mennyiségű kapacitás fenntartását, a nap minden órájában. Továbbá a diverzitás a **biztonságot** azzal is szolgálja, hogy megóvja a villamos-energia fogyasztókat az egyetlen forrástól való túlzott függéstől. A túlzott függőség a fogyasztók kiszolgáltatottságát okozná, különösen ott, ahol a kínálat kimerülése okoz gondot. Végül a diverzitás biztosítja a **flexibilitást**: az energiahordozók széleskörű alkalmazásával több csatorna áll rendelkezésre a kereslet kielégítésére, illetve javul a beruházók képessége a kínálat speciális forrásait érintő exogén bizonytalansági tényezőkre való gyors reagálást tekintve.

Stirling (1994, 1998), Costello (2005, 2007), valamint Hanser és Graves (2007) mind óvatlanul állítják, hogy a diverzitást egy energiahordozó másik feletti marginális elnyelése és

az egyes szolgáltatókat fenyegető körülmények egyedi halmazára vonatkozó gyakorlati megfontolások nélkül alkalmazzuk. Vegyük észre, hogy mi a villamos energia elállításai alternatívák optimális portfóliójának meghatározására vállalkoztunk, mint bizonyos korlátok/megfontolások által kísért költségminimalizálási feladatra. Az elnyöket és a költségeket össze kell vetni egymással a korlátok kielégítésének folyamatával együtt.

Könnyű példát találni arra a helyzetre, amikor egy energiahordozó bevonása a termelési technológia portfóliójába növeli a diverzitást, de jelentős költségek árán pl.: az energiahordozó üzemanyag a végtermék egységére vetítve jóval drágább, mint más alternatívák, vagy mindössze az alaptermék termelésre alkalmas, amikor további csúcskapacitásra volna szükség. Vagyis egyensúlyt találni a diverzitás és az általános portfólió teljesítmény között összetett feladat.

3.5.4. A portfólió-elmélet alkalmazásának alapjai

Ahogy az a korábbiakban láthattuk, a *villamosenergia-termelési beruházások értékelésének szakirodalmában* a diszkontált pénzáram alapú modellek legfőbb hátrányaként azok nem megfelelő bizonytalanság kezelésével, a rugalmasságból adódó érték megragadására képtelenségüket, a projektek mindössze önálló értékelését, valamint a már üzemben lévő erőművek figyelmen kívül hagyását emelik ki, holott önmagában minden kiemelt tényező a villamosenergia-összetétel optimalitását befolyásoló kritériumok egyike.

Hicks (1931) és Marschak (1938) is megfogalmazta, hogy a döntéshozónak szüksége van preferenciákra az eloszlás kimeneteire vonatkozóan a projekt értékelés során, azt azonban még nem tisztázták, hogy miként lehetne elkülöníteni egymástól a kockázattal vagy bizonytalansággal szembeni attitűd elemeit, és a kimenetekre vonatkozó tiszta preferenciákat (Bélyácz, 2004). Az 1950-es években **Markowitz** volt az, aki a portfólió-elmélet alapkövének letételével a várható érték és a variancia közötti kapcsolatot preferenciák alapján rangsorolta a portfóliókat. Ez lett a kockázatcsökkentési célú portfólió diverzifikáció alapja (Markowitz, 1952).

Ebben a rendszerben minden projekt **portfólió szemléletben** értékelt, vagyis minden más eszközzel való kölcsönhatásának figyelembe vétele mellett. A Markowitz által megalkotott kvantitatív optimalizálási modell figyelembe veszi ezért a bizonytalan hozamok várható értékét, a portfólió-kockázat számszerűsítésekor a bizonytalan hozamok egyedi szórását, valamint a hozamok közötti kapcsolatot a kovariancia, illetve korreláció formájában.

Egyedi preferencia-függvényben a portfólió súlyok megválasztásával a portfólió-hozam és kockázat átváltás kerül optimalizálásra.

A **kockázat diverzifikációt** a portfólió-kockázat egyedi kockázatokkal szembeni csökkentésével érjük el, azzal, hogy egynél kisebb korrelációjú eszközöket kombinálunk. A hozamok normál-eloszlásának feltételezésével a várható érték és szórás paraméterek elegendőnek bizonyulnak az eloszlásfüggvény megalkotásához, vagyis Markowitz egy információ veszteséget mentes portfólió-összetételt tudott létrehozni (Markowitz, 1952; Elton – Gruber, 1991; Spremann, 2003; Bruns – Meyer, 2003; Garz et. al., 2004).

A portfólió-elmélet **segítheti a döntéshozatalt**, hiszen egyrészt a befektető csupán a hatékony határvonalon levő portfóliókat kell, hogy figyelembe vegye a lehetséges portfóliók teljes univerzuma helyett, másrészt a portfólió-elmélet képes számszerűsíteni a diverzifikáció kockázat csökkentő hatását.

3.5.4.1. A portfólió-elmélet alkalmazása a villamosenergia-szektorban

A modern portfólió-elmélet nyomaira bukkanhatunk a villamos-energia kapacitás tervezést vizsgálva mind az egyedi aktorok döntési problémáinak (*mikro szemlélet*) mind az energia-rendszer kialakítás optimalizálásának (*makro szemlélet*) kapcsán. Annak a bizonytalan környezetnek az ismeretében, amelyben a közmező szolgáltatók beruházási döntéseiket meghozzák, logikusnak tartanánk a *villamos-energia tervezés jelenlegi súlypontjának eltolása* az alternatív technológia értékelésére, a villamos-energia portfóliók és stratégiák értékelésének irányába.

A portfólió-elmélet szektoron belüli alkalmazásának **egyik legkritikusabb pontja**, hogy vajon a pénzügyi portfóliók esetében feltárt összefüggések értelmezhetőek-e a villamosenergia-szektor termelési eszközeire. A portfólió alapú villamos-energia kapacitás tervezéséért a számító Awerbuch (1995) mindenképpen az elmélet mellett érvel, hiszen az energia-tervezés *hasonlít az értékpapírokba irányuló befektetések tervezéséhez*, ahol is a befektető pénzügyi portfóliókat használhat teljesítményük maximalizálására, bizonytalan megtérülési kimenetek esetében.

A portfólió-elmélet a villamos-energia tervezés során a konvencionális és megújuló energiaforrás alapú **technológiákat nem az egyedi költségek alapján értékeli**, hanem a portfólió-kockázathoz való hozzájárulásukhoz viszonyított teljes portfólió generációs költség-hozzájárulásuk alapján. Egyes alternatívák - bármely időpontban- rendelkezhetnek

magas, míg mások alacsony költségekkel, id vel azonban az alternatívák célirányos kombinálásával a teljes el állítási költség kockázathoz viszonyított arányának minimalizálása valósulhat meg (Bazilian-Roques, 2008; Awebuch-Yang, 2008). A kapacitás tervezés során célszer az egyetlen, legalacsonyabb költség alternatíva keresése helyett a hatékony (optimális) villamosenergia-termelési összetétel el állítására koncentrálni.

A portfólió-elmélettel, a bizonytalansággal megpecsételt beruházási döntési problémák vizsgálata során **els ként Bar-Lev és Katz (1976) munkájában találkozunk**, akik felrajzolták az amerikai fosszilis energiahordozók összetételének hatékony határvonalát, összehasonlítva azt a szolgáltatók által ténylegesen alkalmazott energiahordozó kompozícióval. Bár a szerz k arra jutottak, hogy a legtöbb szolgáltató megfelel en diverzifikálta termelési technológia, azaz er m -összetételét, legtöbbjük *viszonylag kockázatos portfóliót tart fenn*. Awerbuch et. al. (2003) a portfólió-elméletet az Európai Unió optimális er m -mixének közelítésére alkalmazva megállapították, hogy a termelési eszközök aktuális portfólió-kombinációi a hatékony határvonalon belül helyezkednek el.

Id vel további technológiákat, különösen **a megújuló energiaforrás alapú technológiákat**, valamint különböz regionális hatásokat foglaltak elemzésbe. A legújabb tanulmányok els sorban a költségek kockázat-csökkentésével foglalkoznak, különösen a megújuló energia technológiák diverzifikációs hatására koncentrálna. Kimutatták, hogy ezek hozzáadása a konvencionális termelési eszközök portfóliójához, képes a portfólió költségek és kockázatok átfogó csökkentésére, annak ellenére, hogy ezek egyedi termelési költségei magasabbak (Awerbuch, 1995, 2000; Awerbuch, 2005; Awerbuch et. al., 2004; Awerbuch et. al., 2006; Berger, 2003; Jansen et. al., 2006; White, 2007). Costello (2007) inkább elméleti síkon végrehajtott kutatása során arra jutott, hogy a portfólió-elmélet alkalmazása el nyökkel jár a termelési technológia összetételi döntések meghozatalakor, hiszen annak alkalmazásával olyan eszköz-portfólió kapható eredményül, amely korrelálatlan és diverzifikált.

3.5.4.2. A Portfólió-hozam és -kockázat a villamosenergia-szektorban

A hatékony villamos-energia összetétel portfólió-elmélet segítségével közelítése, illetve azonosítása esetében a feladatunk közel sem olyan "egyszer ", mint a hagyományos pénzügyi instrumentumokra értelmezett portfólió-elemzések esetében. Felmerülhet ezen a ponton az olvasóban, hogy a villamos-energia összetétel Markowitz-féle portfólió modellel

történ elemzésekor mit nevezünk markowitzi értelemben hozamnak, és mit nevezünk kockázatnak? Az elbbi esetben viszonylag egyszer dolgunk van, *a célunk egy adott kockázati szinten legalacsonyabb költség , illetve adott költségszinten legalacsonyabb kockázatú összetétel azonosítása*, így hozamnak a villamos-energia portfólió költségét fogjuk tekinteni, amit a teljes életciklus költséggel (LCOE) vonunk be a vizsgálatba.

Hozamok A várható hozamot a tradicionálisan becsült villamos-energia elállítás teljes életciklus költsége módszerrel határozzuk meg. A várható hozam az output (hozam) és az input (költség) hányadosa, ahol a villamosenergia-termelési költségek invertálás útján konvertálhatók hozammá, így a termelési eszköz várható portfólió megtérülésének mértékegysége *kwh/monetáris pénzegység* lesz. Az elemzés során tehát a költségminimalizálás társadalmi célkitűzését követő optimalizálási kritériumok érvényesülnek. A villamosenergia-értékesítésből, a megújuló energiák betáplálási tarifáiból, vagy a konvencionális villamos-energia árakból származó hozamokra alapozott elemzést sok szerző (Hanser - Graves, 2007; Stirling, 1998;) elveti, arra hivatkozva, hogy a várható portfólió-hozamok költségalapúak, vagyis a villamos-energia piaci árának ingadozása nem minősül releváns bizonytalansági tényezőnek.

Azonban sok esetben találkozunk a várható hozam egyéltől eltérő, piaci ár alapú értelmezésével, ahol mind a számláló, mind a nevező pénzegységben kifejezett érték, vagyis dimenzió nélküli érték lesz. Dimenzió nélküli értéket a költségalapú hozamokból akkor nyerhetünk, ha pénzbeli értéket rendelünk a számlálóhoz. Amennyiben megszorozzuk a költségalapú portfólió hozamokat (*kwh/monetáris pénzegység*) a villamos-energia árával (*monetáris pénzegység/kwh*) akkor a hozamok dimenzió nélküli változatát kapjuk. Az eljárás kiemeli a megfelelő villamosenergia-ár használatának fontosságát.

A villamos-energia piacok rövid távú bizonytalansági tényezőinek áttekintése során már érintettem a piaci résztvevők stratégiai viselkedése által irányított rövid távú áringadozásoknak, valamint az olyan véletlenszerű napi eseményeknek, mint az erőforrás-leállásnak, vagy az extrém időjárási körülményeknek a fenyegető hatását. Az azonnali vagy napi piaci árak használatával a portfólió kockázati kitettsége növekedne. Bár az átlagos költségekre alapozott dimenzió nélküli hozam mutató reprezentálná a villamos-energia piaci árának hosszú távú egyensúlyát, illusztratív célból azonban mégis a hozamok **kWh/monetáris pénzegység definícióját célszerű alapul venni a számítások során.**

Kockázat A kockázat azonosítása a hozammal szemben korántsem ilyen egyszeri kérdés. Hogyan fejezhetnénk ki a villamos-energia összetétel kockázatát? Számos tanulmány eltérő feltevéseivel találkoztam a szakirodalom áttekintésekor. Ezek a feltevések nyilvánvalóan kiindultak a pénzügyi instrumentumok esetében értelmezett portfólió kockázattal való analógiából, vagyis a portfólió kockázat függ az egyes portfólió elemek múltbeli adatok alapján kalkulált egyedi kockázatától, a portfólióba bevont elemek hozamainak együttmozgásától, valamint azoknak a portfólión belüli súlyarányától.

Amennyiben ezt az analógiát a villamos-energia előállítási technológiákra értelmezzük, akkor a villamosenergia-portfólió kockázata függ a portfólióba bevont technológiák teljes életciklus költségének múltbeli adatok alapján kalkulált egyedi szórásától, a technológiák költségalakulásának együttmozgásától, valamint azoknak a portfólión belüli súlyarányától.

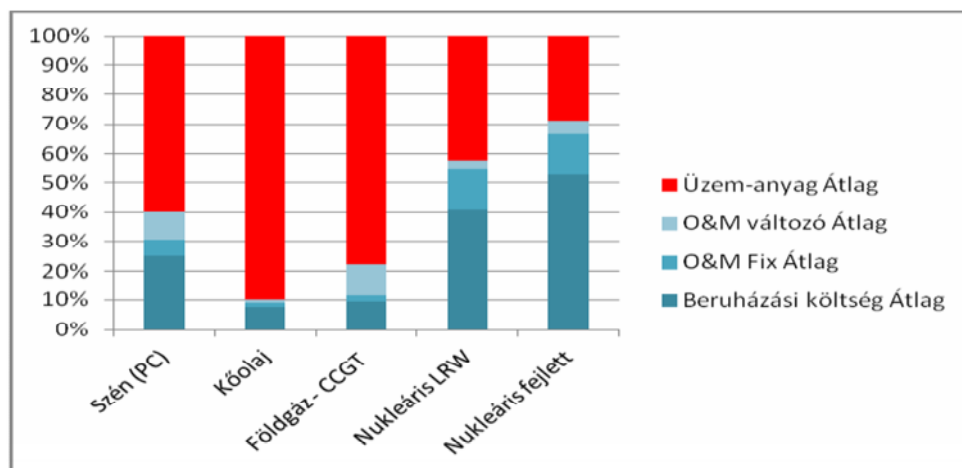
A probléma ott kezdődik, hogy az egyes villamos-energia előállítási technológiák esetében nem áll rendelkezésünkre múltbeli adatsor azok költségalakulásáról, következésképpen azok együttmozgásának irányáról, illetve erősségéről sem tudunk megállapításokat tenni.

Amennyiben ezen a ponton felmérjük a lehetőségeinket akkor észrevehetjük, hogy a teljes életciklus költség kockázatának számszerűsítése komplex feladatnak bizonyul. Számos tanulmány próbálkozott már e kockázat számszerűsítésével. A legtöbben éltek azzal a feltevéssel, hogy a teljes életciklus költség kockázata kifejezhető a f t anyag költség kockázatával, melyet az egyes f t anyagok világpiaci áralakulásának (HPR) volatilitásával fejeztek ki. Ez egyértelmű leegyszerűsítés az egyes termelési technológiák költségkockázatának, és egyben a megújuló energiaforrás alapú technológiák kockázatmentes technológiává kikiáltása. Ennek megfelelően azt tapasztalták, hogy a megújuló energiaforrás alapú technológiák hozzáadása a konvencionális termelési eszközök egy portfóliójához, képes a portfólió költségek és kockázatok átfogó csökkentésére, annak ellenére, hogy ezek egyedi termelési költségei magasabbak (Awerbuch, 1995; 2000).

Amennyiben a portfólió-elemzés során kockázatnak mindössze a f t anyag-kockázatot tekintenénk, valóban minden megújuló technológia teljesen kockázatmentesnek bizonyulna. Ez az egyszerűsítés a korábbi energia-összetétel vizsgálatok során azért is bizonyult helytállóknak, mert a hagyományos, fosszilis energia alapú technológiák teljes életciklus költségének jelentős részét a f t anyag költségek teszik ki, ahogyan azt az

empirikus fejezetben részletezett saját számítások alapján készített **20. számú ábra** is szemléltet.

20. ábra *A hagyományos technológiák költségszerkezete az átlagos forgatókönyv esetében*



Forrás: Saját szerkesztés

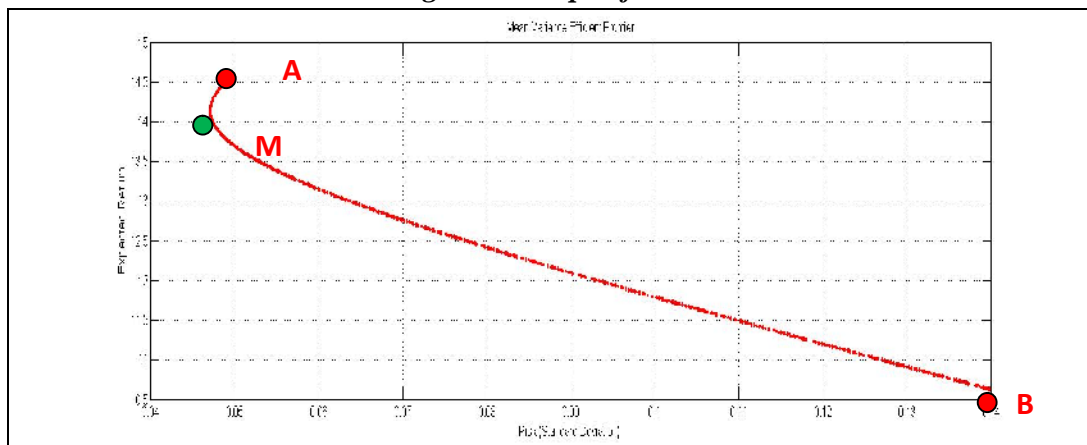
A teljes életciklus költség négy költségelemből, a beruházási, az állandó és változó működési és karbantartási, valamint a fűtőanyag költségekből áll. Az, hogy egy technológia, illetve a technológiák egy csoportja (megújuló) egy költségelemre (fűtőanyag) kockázatmentesnek tekinthető, az nem jelenti azt, hogy a másik három költségparaméter esetében is kockázatmentesnek bizonyul. Az, hogy egy minden költségelem szempontjából kockázatmentes technológiát találjunk, az a valóságtól való jelentős elrugaszkodást jelentene. Amennyiben rendelkezésre áll egy olyan technológia, illetve technológiák, melyek mind a beruházási-, mind a fűtőanyag-, mind a működési és karbantartási kockázatoktól mentesek, akkor képesek vagyunk az értékpapírok esetében értelmezett portfólió felületek közül az r_F-M szakasz azonosítására.

Bár a megújuló technológiák esetében nem beszélhetünk fűtőanyag-kockázatról, ennek ellenére nem tekinthetjük őket a másik három költségelem szempontjából is teljesen kockázatmentesnek. Bár moduláris jellegük, flexibilitásuk, alacsony egységmértékük (Hoff, 1997, Venetsanos et. al., 2002) folytán viszonylag csekély beruházási költség kockázattal jellemezhetőek, ne felejtjük el, hogy ez a modularitás egyben azt is eredményezi, hogy a hagyományos technológiák átlagos egységmértékét a megújuló energiák számos moduljának üzembe helyezésével tudnánk kiváltani, illetve pótolni, mely az egységnyi MWh-ra vetített beruházási költségeket növeli.

Következésképpen egyéni számításaim során fontosan tartottam **a mind a négy költség tényez** szempontjából történ kockázat-számszer sítést. A f t anyag-költség kockázatot a forrásokhoz hasonlóan a f t anyagár-alakulás volatilitásaként fejeztem ki, kihasználva az elérhet historikus adatsorok adta lehet séget. A másik három költségelem esetében azonban ezen adatsorok híján nem élhettem az évenkénti költségváltozás szórásának számszer sítésével, így becslési eljárásokhoz kellett folyamodnom, vagyis olyan adatsorokat kellett replikálni, melyek képesek utánozni az egyes befolyásoló LCOE-paraméterek költség alakulását. *(Ezen becslési lépésekr l b vebben a dolgozat empirikus fejezetében.)*

Kovariancia – Korreláció A portfólió-optimalizáció a villamos-energia tervezés számára feltárja a különböző technológiák költség komponensei közötti kölcsönhatásokat, a köztük lévő korreláció formájában. A f t anyag árak esetében például - a korreláció következtében - a fossziliák által dominált portfólió nem diverzifikált, így a f t anyag árak fokozottan kitettek a kockázatnak. Ezzel szemben a megújuló energiaforrások, a nukleáris energia és az egyéb nem fosszilis energiaforrás alapú technológiák diverzifikálják az összetételt és csökkentik annak várható kockázatát, hiszen költségeik nem korrelálnak a f t anyag árakkal *(ennek számszer bizonyítását lásd empirikus fejezet).*

21. ábra *Hatékony határfelület, valamint véletlen portfólió-halmaz egy két technológiából álló portfólió estében*



Forrás: Saját szerkesztés, MATLAB™ lekérdezés

A portfólió diverzifikációs-hatást szemlélteti a **21. számú ábra**, mely az egyszer bb értelmezés érdekében két technológia által alkotott portfólió költségét (y tengely \$/KWh), valamint szórását (kockázatát, x tengely %) mutatja. A hatékony határfelület, valamint a véletlen portfóliók halmazának ábrázolása érdekében a MATLAB™ elemz szoftver segítségével egy magas költség , ugyanakkor alacsony kockázatú, valamint egy

alacsonyabb költség , ugyanakkor magasabb kockázatú technológiából képeztem két elem portfóliót. A portfólió-elmélet villamosenergia-összetétel tervezése során történ alkalmazásának illusztrálása érdekében választottam ezt az egyszer példát, a kés bbiekben a disszertáció empirikus fejezetében komplexebb problémát, egy tíz elem portfólió-optimalizációs esetet vizsgálók.

A magas költség , ugyanakkor alacsony kockázatú termelési technológiák körébe els sorban a megújuló energiaforrás alapú er m veket sorolhatjuk (ebben az esetben a szárazföldi szél er m adatokkal számoltam); míg alacsonyabb költség mellett magasabb kockázatot els sorban a hagyományos technológiák szolgáltatnak (ebben az esetben a széner m). A két technológia közötti korrelációs faktort zérónak feltételeztem. Ez természetesen jelent s egyszer sítés, hiszen valójában csaknem minden megújuló technológia mutat némi kapcsolatot egyéb (m ködési és karbantartási, illetve beruházási) költségtényez je révén, ha a f t anyag költségen keresztül nem is, a hagyományos technológiákkal.

A portfólió-hatás következményeként a portfólió-kockázat csökken, amint a 100%-ban B-ből álló portfólióba a kevésbé kockázatos A technológiát bevonjuk. Az M portfólió, a minimális varianciájú portfólió megközelít leg 5%-os kockázattal rendelkezik, mely valamivel alacsonyabb, mint A technológia, illetve közel harmada B technológia kockázatának. Ez az, ami illusztrálja a diverzifikáció lényegét.

A befektet k az M portfólió feletti összetételeket nem kívánják birtokolni, mivel az azokkal azonos kockázatot mutató portfóliók alacsonyabb költség mellett el állíthatóak. Vegyük észre, hogy a hatékony határfelület hagyományos értelmezése tökéletesen feje tetejére áll ebben az esetben. Némi addicionális kockázatvállalásért cserébe a villamosenergia-összetétel költségének csökkenését érhetjük el. A beruházók ebben az esetben is a jutalom a variabilitásért ráta (Sharpe-mutató) segítségével hoznak döntést, a különbség mindössze a "jutalom" jellegéb l adódik.

Összefoglalva, a portfólió-optimalizálás azonosítja a minimális költség villamos energia portfóliókat a portfólió kockázat minden szintjén, melyet az el z ábrán az M és B portfóliók közötti szakasz, vagyis a hatékony határfelület alsó szegmense reprezentál.

3.5.4.3. A portfólió-elmélet pro és kontra

A villamos-energia kapacitás tervezés során célszerű az egyetlen, legalacsonyabb költség alternatíva keresése helyett a hatékony (optimális) villamosenergia-termelési összetétel elállítására koncentrálni. A portfólió-elmélet szerint a konvencionális és megújuló energia-forrás alapú technológiák relatív költségét nem azok egyedi költségtételei alapján érdemes értékelni, hanem azok portfólió-költségei, vagyis az energia-összetétel költségeihez való relatív hozzájárulásuk alapján. Vagyis a villamosenergia-termelési technológiák értékelésének releváns portfólió mértéke megmutatja, hogy az adott alternatíva hogyan hat a teljes portfólió termelési költségére, annak portfólió kockázatokra gyakorolt hatásához viszonyítva (Awerbuch - Berger, 2003).

A portfólió-elmélet alkalmazását támogatók - bár eltér mértékben -, de hisznek abban, hogy e teória hozzájárulhat a villamos-energia összetétel *megbízhatóságnak, rugalmasságának és biztonságának javulásához*. A biztonsági megfontolások általában a villamos-energia ellátás hirtelen zavarainak veszélyére koncentrálnak, ám egy további szempont is fontos lehet: a villamos-energia költség váratlan emelkedésének kockázata. Emellett az egymással nem korreláló eszközök összeválogatásával a flexibilitás és biztonság növelés terén érhetünk el eredményeket.

Az elmélet módszertani sajátosságaiból adódóan valóban alkalmas a kockázat mérséklésére, mely hozzájárul a megbízhatósághoz, s mint ilyen minimalizálja a szolgáltatás megszakadásának valószínűségét. Számos tanulmány (Sauter - Awerbuch, 2002; Papapetrou, 2001; Sadorsky, 1999; Yang és társai, 2002; Ferderer, 1996) foglalkozik a fosszilis tüzelőanyagok árfluktuációjának a gazdasági aktivitására kifejtett kedvezőtlen hatásával. Még a viszonylag alacsony mértékű áremelkedés is mérhető gazdasági veszteséget okozhat a munkanélküliségen és az elveszett jövedelmeken keresztül, mint ahogy a pénzügyi és reáleszközök értékének csökkenésében egyaránt. A hatékony villamos-energia portfóliók minimalizálják az országok eme fluktuációkkal szembeni kitettségét, arányosan a termelési költségek optimumával. A portfóliók a fogyasztókat és a termelőfelhasználókat, olyan kockázati szintnek teszik ki, amely feltétlenül szükséges a tervezett villamos-energia-költség-célok eléréséhez.

Disszertációm empirikus fejezetében elvégzem a portfólió-elmélet villamosenergia kapacitás tervezésén belüli tesztelését, a módszert megelızı eljárásokhoz képesti hozzáadott érték, az alkalmazásból adódó előnyök, hátrányok azonosítását. A teljes kör

teszteléshez azonban már itt, a teoretikus alapok lefektetésekor fontos kiemelni a módszerrel szemben eddig megfogalmazott kritikákat.

A portfólió-elmélet villamosenergia-termelésre alkalmazása ellen leghangosabban tiltakozó Stirling (1994, 1998) szerint az elmélet alkalmazása ott, ahol merev bizonytalanság vagy ismerethiány áll fenn alapjaiban hibás. A portfólió-elmülethez hasonló valószínűség-elmületre épül technikák teljes bizonyossággal megkövetelik minden jövőbeli lehetőség (előre nem látott esemény) előre jelezhetőségét, illetve numerikus kifejezhetőségét. Az ismerethiány jelenléte esetén azonban lehetetlen valószínűséget rendelni vagy egyáltalán azonosítani az adott kérdés lehetséges kimeneteit. Míg a valószínűségi technikák jól működnek a kockázatcsökkentés esetén, nem működnek jól, ha őket az ismerethiány és a szigorú bizonytalanság jellemzi. Az empirikus tesztelés során tehát kiemelt figyelmet kell szentelni a lehetséges kimenetek, valamint a hozzájuk tartozó valószínűségek becslésére, az ismerethiány állapotának feloldására.

Hanser és Graves (2007) is bírálta a portfólió-elmélet alkalmazását azzal érvelve, hogy a teória adaptálása azt a látszatot kelti, mintha a pénzügyi- és a villamosenergia-termelési eszközök azonosak lennének, holott a valóságban jelentősen különböznek. A pénzügyi eszközök elsősorban a kockázatok és hozamok számbavételét követelik meg a döntéshozóktól, ezzel szemben a villamosenergia-termelési eszközök több más tényező figyelembevételét is szükségessé teszik. A villamosenergia-termelési technológiák esetében egyrészt egy viszonylag hosszú előkészületi, engedélyezési illetve kivitelezési fázis előzi meg üzembe helyezést; másrészt a projektek elvetésére csak jelentős költségek árán van lehetőség. Ezzel szemben a pénzügyi eszközök esetében nem fenyeget időzítési probléma, kölcsönhatás, torlódási korlát, vagy hálóköltség.

Míg a pénzügyi portfólió-elmélet alkalmaz az értékpapírok közötti korrelációt mérő mechanizmusokat, addig a villamos-energia szolgáltatók a csúcskereslethez igazodó létesítményekbe ruháznak be, amelyek a portfólió-elmélet segítségével nem is ragadhatóak meg. Emellett a villamos-energia termelési eszközök piaca messze elmarad a tőkepiacok relatív tökéletességétől; emiatt az azonnal értékesíthető értékpapírokkal szemben a villamos-energia ipari termelési eszközök kevésbé (vagy egyáltalán nem) likvidek. Az is lényeges különbség, hogy az értékpapírok (elvileg) végtelen kicsi egységig oszthatóak, a villamos-energia ipari termelési eszközei általában oszthatatlan nagy egységet jelentenek, ami természetesen kihat a portfólió törvényszerűségek érvényesülésére is.

Ahogy az a portfólió-elmélet egyes paramétereinek (hozam, kockázat, korreláció) villamosenergia-szektorra vonatkoztatott azonosítása során már elméleti síkon is jeleztem, a problémát, a nehézséget véleményem szerint nem a pénzügyi és reáleszközökre feltételezett analógia léte maga, hanem annak megteremtésének folyamata okozza. Mindezen nehézségeket az empirikus fejezetben részletesen tárgyalom.

Összességében a módszer alkalmazásától, a portfólió alapú beruházás-értékelést a technológiák közötti diverzifikáció elnyeinek létrejöttét várom, így a kockázatkerültervezés számára a technológiák optimális összetételének a kockázati tartózkodáshoz tartozó kockázati szint melletti meghatározását (a hozamok adott kockázati szint melletti maximalizálása, vagy a kockázatok adott hozamszint melletti minimalizálása mellett). **A portfólió diverzifikációs hatás következtében ugyanis véleményem szerint megvalósulhat az r_m -portfólió kockázat csökkentése a várható hozamok csökkentése nélkül, az egymással alacsonyban korreláló eszközök megfelelő összetételének megválasztásával.**

Ugyanakkor már itt megjegyezném, hogy az elmélet reáleszközökre kiterjesztését ért kritikák jelzik az újabb, a fejlettebb, az optimalizáció újabb szintjének megvalósulását lehetővé tevő eljárás iránti igényt. Bár a diverzifikációs elvek érvényesek maradnak (Ball – Savage, 1999), a reáleszközök esete gazdagabb portfólió-szemléletet követel meg a reáliák valamint a reáliákba ágyazott reálopciók közötti kölcsönhatások megragadása érdekében. Mindez véleményem szerint a reálopció-elméletnek kapacitás tervezésen belüli, vagyis összetétel optimalizáció során történő alkalmazásával valósulhat meg.

4. A REÁLOPCIÓ-ELMÉLET

A standard értékelési eljárások legújabb és egyben azok legtöbb hiányosságának kiküszöbölésére alkalmas b vítménye a reálopció-elmélet. **Mi keltette életre a reálopciókat? Mi az, amiben a reálopció-elmélet attraktivitása rejlik?** A könnyen alkalmazható, instruktív diszkontált pénzáram alapú megközelítések a menedzsment passzív hozzáállását feltételezik (Kogut-Kulatilaka, 1994); implicit módon azzal a feltételezéssel élnek, hogy a projekt azonnal megkezdődik, és a várható hasznos élettartam végéig folyamatosan működik, még akkor is, ha a jövő bizonytalan. Ennek következtében, a DCF-eljárások figyelmen kívül hagyják a menedzsment rugalmas alkalmazkodása és innovációi által a projektbe építhető hozzáadott értéket, vagyis szisztematikusan alábecsülik a beruházások értékét (Dixit – Pindyck, 1994, 1995; Trigeorgis, 1988, 1993; Santos, 1991; Kemna, 1993; Kumar, 1995; Van Putten – MacMillan, 2004). A befektetési alternatívák alulértékelése alul-beruházáshoz, valamint a versenyképes pozíció elvesztéséhez vezethet (Dean, 1951; Hayes – Abernathy, 1980; Hayes – Garvin, 1982). A hatékony projektértékelési eljárás **figyelembe veszi mind a bizonytalanságot, mind a stratégia sikeréhez elengedhetetlen aktív döntéshozatalt** (Luehrman, 1998).

A reálopció-elmélet központi premisszája szerint a menedzseri döntések fókuszában a flexibilitást növel, a bizonytalanságot csökkent opciók létrehozatala, majd ezek lehívása (érvényesítése) vagy le nem hívása (nem érvényesítése) áll. Amennyiben képesek vagyunk - ezen kettős törekvésünk szem eltt tartásával - **reálopciókat felismerni, létrehozni, illetve alkalmazni**, nem egyszer en a kockázatokkal szembeni ellenálló-képességünk javulása valósulhat tehát meg, de hosszú távon a részvényesi érték növekedése is, az alacsonyabb költségszerkezet vagy a magasabb árbevétel-szint eredményeként. A reálopciók potenciálisan egy jóval hatékonyabb módot kínálnak a vezetőknek a cégük t kéjének allokálására, és a részvényesek vagyonának maximalizálására a bizonytalanság kezelésével, és a kockázat csökkentésével (Arnold and Shockley, 2003).

A reálopció-elmélet alapvető logikája emellett azon a felismerésen alapszik, hogy **a jövő beli befektetési lehetőségek a korábbi beruházási elkötelezéseknek közvetlen függvényei**. A diszkontált pénzáram módszerekkel ellentétben, a reálopció-s megközelítés figyelembe veszi a beruházási projektek szekvenciális természetét. Az utóbbi megfigyelés nem idegen a viselkedés-elmélet tradícióival foglalkozó kutatók (Cyert & March, 1963), vagy az evolúciós közgazdaságtan képviselői (Dosi, 1982; Nelson & Winter, 1982;

Penrose, 1959) számára, akik régóta a DCF-módszerek kritikus pontjaként emlegették azok *útfüggését*. Ami egyedi a reálopciók esetében, legyen szó azok analitikus eszközként (Dixit & Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1997), vagy stratégiai alkalmazásáról (Luehrman, 1998; McGrath, 1997), hogy a reálopciók logika megteremti, illetve felkínálja a szakaszos befektetések valós érték-meghatározásának lehetőségeit.

A reálopciók fogalma már több mint három évtizede létezik. A pénzügyi opciók elemzésére létrehozott opció-elméletre a közgazdászok hamar felismerték, hogy a reáberuházásokról hozott döntések számára figyelemreméltó hozzáadott értéket képes nyújtani (Black-Scholes, 1973; Merton, 1973). A reálopció kifejezést Stewart Myers használta előszörként 1977-ben az opció-árazás alkalmazásának lehetőségeit vizsgálva a nem pénzügyi, elsősorban ingatlan befektetések értékelése területén, ahol a rugalmasság, és ezzel többletérték alatt a halasztással tanulás jelenségét értette.

A téma először az 1980-as és '90-es években keltette fel a tudósok mérsékelt érdeklődését, azonban a széleskörű elterjedés váratott magára. A '90-es évek közepén²³ a reálopciók teremtették meg az átmenetet az opció-elmélet iránti visszafogott, specializált érdeklődéstől az akadémikusok és a szakma szempontjából is általánosan elfogadott formáig (Borison, 2005). Az első elemzési keretrendszereket McDonald és Siegel (1986), valamint Pindyck (1988, 1991, 1993) fejlesztették ki, míg átfogó gyakorlati aspektusokat Dixit és Pindyck (1994), valamint Trigeorgis (1996) munkáiból ismerhettünk meg. Azóta számos külföldi (Amram – Kulatilaka, 1999; Chance – Peterson, 2002; Copeland – Antikarov, 2003; Mun, 2006; Kodulula – Papudesu, 2006; Guthrie, 2009), és hazai (Bélyácz, 2011) könyv, valamint publikált cikkek ezrei állnak a kutatók, szakemberek rendelkezésére az elmélet, illetve alkalmazási lehetőségeinek megértéséhez.

Reálopciónak²⁴ tekintjük a beruházásoknak, és termelési döntéseknek - a bizonytalanság eloszlásának céljával életre keltett - halasztásának és alakításának lehetőségeit (Triantis, 2000). A pénzügyi opciókhoz hasonlóan a reálopciók birtoklásával szintén jogok, és nem köteleességek, tehát olyan működési/termelési fedezeti mechanizmusok tulajdonosaivá válunk, melyek a rugalmasságot, a környezetre való aktív reagálás képességét viszik be a menedzseri eszköztárba azzal, hogy a pénzügyi termékeknél jelenlévő lehetőségeket fizikai eszközökre értelmezzik.

4.1. A reálopció-elmélet alkalmazási területei

Bár az utóbbi néhány évben egyre több vállalat alkalmazza a vállalati döntéshozatal, kockázatmenedzsment, illetve vállalatértékelési tevékenysége során a reálopciókat, a reálopciók logika értelmezése vállalatonként, iparáganként eltér. Triantis és Borison (2001) 7 iparág 34 nagyvállalatának vezetői körében végzett felmérésének eredményei alapján, a vállalatok által alkalmazott reálopciók technikákat, illetve folyamatokat három osztályba sorolhatjuk. Véleményük szerint léteznek:

- ❖ **A reálopciók gondolkodás:** Ebben az esetben a vállalatok a reálopciók logikát elsősorban a döntési problémák kvalitatív elemzésekor használják, magának a problémának, illetve az alternatíváknak értelmezése, illetve kommunikálása során.
- ❖ **Reálopciók elemző-eszköztár:** Reálopciók, és ezen belül is az opcióárazási modellek alkalmazása az azonosítható, specifikálható opciók karakterisztikáival rendelkező projektek esetében.
- ❖ **Reálopció mint szervezeti folyamat:** A reálopció egy jelentősebb folyamat részeként kerül alkalmazásra, mint a stratégiai opciókat azonosító és kihasználó menedzsment eszköz.

Bár a reálopciók logikát az első két osztálynak megfelelően alkalmazó vállalatok magukat kezdnek venni a reálopciók porondon, semmiképpen sem jelent a fenti osztályozás egyfajta fejlődési utat. Néhány vállalat például a reálopciókat az M&A ügyleteinek inputjaként használja. Vagyis ebben az esetben a formális, numerikus opcióelemzés alig kap hangsúlyt, a reálopciók mindössze a kvalitatív gondolkodáshoz járulnak hozzá. Más vállalatok a reálopciókat kereskedelmi környezetben alkalmazzák, ahol a szerződésbe ágyazott opciók egyértelműen specifikáltak, a döntéshozatal támogatásához egyszerű analitikus elemzésükre van szükség.

Vagyis ebben az esetben a reálopció egy analitikus eszköz, ami a vállalat egy speciális területére vonatkozó döntés támogatását szolgálja ki, tehát nem az egész szervezetet átfogó döntéshozatal része. Ugyancsak más vállalatok a reálopciókat a technológiai k+fe tevékenységre vonatkozó döntéshozatal során alkalmazzák, ahol a vállalat sikere a potenciális flexibilitás-források azonosításának, illetve azok hatékony menedzselésének függvénye. Ebben az esetben a reálopciók logika a szervezet egészét meghatározó analitikus és koncepcionális eszközként alkalmazott.

Az, hogy egyes iparágakban alkalmazási példákat találunk semmiképpen sem jelenti azt, hogy a reálopciók elterjedtek ezekben az iparágakban, hanem azt jelzi, hogy ezeknek a cégeknek van olyan vállalati kultúrájuk, ami nem idegenkedik a komplex matematikai eszközök alkalmazásától, és képesek arra, hogy feltételezésekkel éljenek a bizonytalanság kívánatos mértékéig a reálopció vizsgálatoknál. Így jelenleg bizonyos iparágak és diszciplínák magukénak érzik a paradigmát.

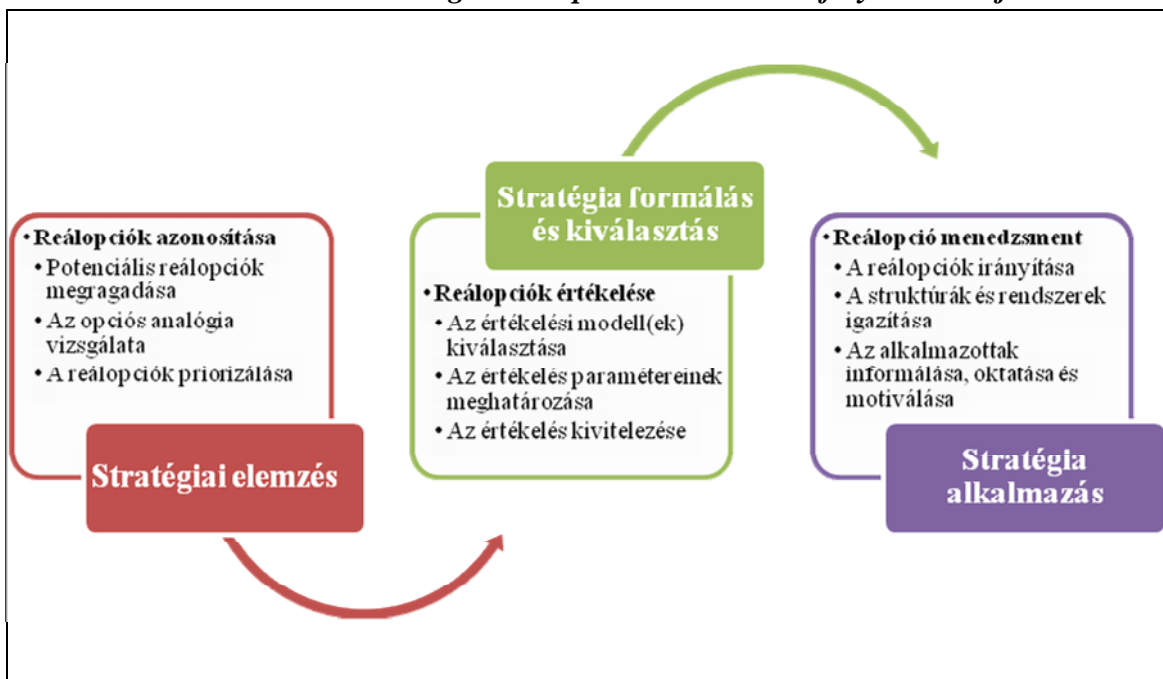
Lander és Pinches (1998) kategorizálása szerint a reálopciókat alkalmazzák mind

- ❖ a természeti erőforrások beruházások értékelése (Brennan – Schwartz, 1985; Trigeorgis, 1990);
- ❖ az ingatlanfejlesztések, és földértékelés (Titman, 1985; Black – Scholes, 1972)
- ❖ a vállalati stratégiai értékelés (Kester, 1984; Kulatilaka – Marks, 1988);
- ❖ a kutatás-fejlesztés értékelés (Morris et. al., 1991; Nichols, 1994; Hartmann, 2007);
- ❖ a vállalatértékelés (Chung – Charoenwong, 1991; Kellog – Charnes, 2000; Schwartz – Moon, 2000);
- ❖ a fúziók és felvásárlások értékelése (Smith - Triantis, 1995; Dapena - Fidalgo, 2003; Bruner, 2004; Alvarez - Stenbacka, 2006);
- ❖ a kockázati tőke befektetések értékelése (Sahlman, 1993; Keeley et. al., 1996; Seppä, 2000; Cossin et. al., 2002; Hsu, 2002; Gong et. al., 2006; Miltersen - Schwartz, 2007; Li – Mahoney, 2011);
- ❖ a marketing vevő értékelése (Adams; 2004; Maklan et. al.; 2004; Roemer, 2005; Haenlein et. al., 2006; Hogan – Hibbard, 2002; Reichheld – Sasser, 1990; Bolton – Lemon, 1999; Kogut – Kulatilaka, 2001; Gupta et. al., 2004);
- ❖ a környezeti befektetések értékelése területén (Dixit - Pindyck, 1994; Triantis, 2000; Guay - Kothari, 2003; Sarkis - Tamarkin, 2005; Blyth - Yang, 2007; Menegaki, 2008; Yang, 2011).

4.2. A stratégiai reálopció-menedzsment

A következőkben a reálopció-elméletet, a reálopciók azonosításának folyamatát, a reálopciók típusait, a reálopciók rendelkezésre álló értékelési eljárásait, a reálopció menedzsmentet egy, Rózsa (2008) által bevezetett stratégiai keretrendszeren keresztül mutatom be. Célom ezzel, hogy rávilágítsak a reálopció-elmélet mint döntéstámogató eszköz gyakorlati alkalmazásának előnyeire és hátrányaira, a reálopció-elmélet stratégiai keretrendszerbe foglalásának lehetőségeire. A szemlélettel hazai forrásokban csupán Rózsa (2008) munkáiban, továbbá jellemzően német forrásokban (Hommel - Pritsch, 1999; Hungenberg, 2001; Hutzschenreuter, 2001; Pritsch - Weber, 2003;) találkoztam. Ezek a reálopció-elmélet operacionalizálását a következő ábrának megfelelően, a már birtokolt, illetve az újonnan feltárandó reálopciók azonosításán, ezt követően azok értékelésén, végül azok hatékony menedzsmentjén keresztül állítják a stratégiai értékteremtés szolgálatába.

22. ábra A stratégiai reálopció menedzsment folyamatábrája



Forrás: Saját szerkesztés (Hommel - Pritsch, 1999; Pritsch - Weber, 2003) alapján

4.2.1. A meglévő reálopciók azonosítása

Az első lépésben javasolt az összes létező reálopció feltárása. A keresés kiindulópontja ehhez a vállalat saját erőforrás-bázisa. Egy teljességre törekvő feltárás érdekében javasolt a belső stratégiai vizsgálatokként ismert keretrendszereihez visszanyúlni, úgy mint a Porter-i

értékteremtési lánchoz (Porter, 2000) vagy egyéb vállalatirányítási rendszerekhez (Hungenberg, 2001).

A reálopciók jellemzően két dimenzió mentén jöttek létre: az időzítésre koncentrálva, valamint a kiterjedés mentén. Ezen belül a reálopciók típusainak egy viszonylag szűkebb, és egy gazdagabb tipologizálását különböztethetjük meg attól függően, hogy a projekt-működés milyen mértékű szabadságot kapnak az eszközök, vagy a projekt kezelése során. Ezek a kategóriák, a teljesség igénye nélkül, a következők lehetnek: **az időbeli dimenzió belül** várakozási/halasztási reálopció, elvetési reálopció, leállítási/újraindítási reálopció; **a kiterjedési dimenzió belül** bérleti reálopció, összehúzó reálopció, váltási reálopció, növekedési reálopció, összetett reálopció, feltárási reálopció, kiszervezési reálopció, szivárvány-opciók (Trigeorgis, 1996; Amram – Kulatilaka, 1998; Benaroch, 2002; Copeland – Antikarov, 2003). Amilyen hasznosnak tartanak az „opciós nyelvezet” a vállalatban jelenlévő cselekvési játékok kvalitatív leírására, a reálopcióknak stratégiai jelentőségét, és egyben egy hosszú távú vállalati cél mögött felsorakoztatásának jelentőségét Copeland és Keenan (1998) kategorizálása hangsúlyozza a leginkább, akik növekedési, tanulási és biztosítási reálopciókat különböztetnek meg.

Növekedési reálopció²⁵ A növekedési vagy unlocking reálopció szerint egy adott beruházás el futára vagy kiindulási alapja lehet egymással összefüggő projektek láncolatának, megnyitva ezzel jövőbeli növekedési lehetőségeket (pl.: új projektek, új folyamatok megvalósítása; új piac-penetráció; az alapkompenciák erősítése) (Kester, 1984). Ezeket a források *stratégiai növekedési lehetőségeknek* vagy *innovációs opcióknak* is nevezik. A növekedési reálopciók célja sok esetben nem, illetve nem csupán az azonnali értékteremtés, sokkal inkább jövőbeli üzleti lehetőségek elteremtése. A menedzsment számára a növekedési opciók jelentik a kiindulási alapot ahhoz, hogy pótlólagos projektek illetve a meglévő források kiterjesztése révén a gazdasági környezet pozitív fejlődésével profitra tegyenek szert. **Az érték legnagyobb részét ezek szerint a feltárt lehetőségek határozzák meg, vagyis az újrabefektetés általi jövőbeli nyereséspotenciál kiaknázhatósága.** Opciós szempontból úgy is felfoghatók a növekedési opciók, mint esetleges pótlólagos projektek értékeire kiírt vételi opciók (Courtney, 2001; Hungenberg, 2001). A vállalati gyakorlatban ezek az opciók a vállalat speciális humán kéjén, technológiai tudásán vagy egy domináns piaci pozíción alapulhatnak (Witt, 2003). A növekedési reálopciók elemzési nehézsége az azonosításban,

illetve a Drews (2003) által „meglepetési potenciálnak” nevezett növekedési potenciál értékelésében rejlik.

A biztosítási opciók a kedvező telen keresleti- vagy áralakulásra való reagálás lehetőségét tárják fel a menedzsment számára leállás, illetve és/vagy operatív alkalmazkodás formájában. A növekedési opciókkal ellentétben a biztosítási reálopciók védik a vállalatot az esetleges veszteségkockázatokkal szemben olyan módon, hogy azok elkerüljék pénzáramaik csökkenését (Copeland – Hove, 2002). A biztosítási logikától függően ezek lehetnek vételi vagy eladási opciók. Annak a lehetőségnek, hogy a vállalat átálljon egy alternatív termelési folyamatra egy vételi opciót jelent, miközben egy esetleges gyárbezárás eladási opcióként modellezhető (Trigeorgis – Mason, 2001).

❖ **A b vitési/összehúzási (azaz méretezési) opció**²⁶ A méretezési reálopciókban rejlik rugalmassággal bármikor megváltoztathatjuk a projekt méretét a piaci igényekhez mérten. A b vitési reálopció azt a lehetőséget tükrözi, hogy egy beruházási projekt hatóköre jó piaci helyzet és kedvező jövőbeli jövedelmezőség esetében egy további beruházás értékét képes növelni. Ez azt jelenti, hogy a projektek méretét a piaci adottságokhoz lehet igazítani. Nem összetévesztendő a b vitési reálopció a növekedési reálopcióval, hiszen ebben a konkrét esetben a kérdéses projekt még nincs lezárva. Nem indul el újabb önálló projekt, hanem csak a futó projektek méretét növelik²⁷. A kezdeti kapacitástöbblet rugalmasságot biztosít, hogy a kereslet erősödésekor növeljék a termelést. A platform fejlesztése, hogy megváltoztassák a projektet, vagy a termékkört, esetleg módosítsák az üzleti modellt szintén méretezési reálopciók. Az összehúzási reálopció esetében egy (veszteséges) projekt méretének, hatókörének korlátozására vonatkozó lehetőségeit mérlegeli a vállalkozás. A már nem nyereséges projektrész megszüntetése legalább olyan fontos vezetési lépés, mint az innovációk menedzselése (Risak – Grün, 1985). Az összehúzási reálopció sokban hasonlít az elvetési reálopcióra. Mindkét opciót eladási lehetőségként értelmezhetjük, azonban míg az összehúzási reálopció csak egy része a teljes projektnek, addig az elvetési reálopció esetében a teljes projektleállást mérlegeljük (Trigeorgis – Mason, 1987; Pindyck, 2000).

❖ **A váltási reálopció**²⁸ Lehetővé teszi a projekt működését számára, hogy az eszközön a piaci követelményeket követve átváltson egy másik működési modellre - egy bizonyos költség megfizetése mellett (Margrabe, 1978; Kensinger, 1987). Ha

változik a gyártott termék ára, vagy az iránta való kereslet, akkor a gyártulajdonos megváltoztathatja a gyár termelési kosarát, vagy ugyanazt a kimenetet nyújtja, megváltoztatott alapanyagokból (Hommel, 2000). Nem elhanyagolhatók azok a költségek, amelyek az egyik output változatról (illetve input változatról) a másikra való átállásnál jelentkeznek. A reálopció-értékelés kritikus pontja ezen átállási költségek helyes megragadása (Hartmann, 2006). Ezek a költségek olyan kiterjedt lehet ségek, hogy egy esetleges átalakítás nem ajánlott, habár az alapul szolgáló értékek külön figyelembevételénél egy változást véghez lehetne vinni. Ezeket a tranzakciós költségeket kivitelezési árként magyarázzák (Copeland - Antikarov, 2003; Kogut – Kulatilaka, 1994; Kulatilaka, 1993; Kulatilaka – Trigeorgis, 1994).

- ❖ **Leállítási és újraindítási reálopció** Ha rosszak a piaci feltételek, akkor a vállalat leállíthatja a termelést. A piaci helyzet javulásakor végrehajthatja a termelés újraindításába irányuló befektetést. A leállítási és újraindítási reálopció lényegében nem más, mint két egymással összekapcsolt lehet ség. Lehet séget kedvez tlen piaci feltételek esetén a beruházás befagyasztására, amennyiben a projektb l származó pénzáramok nem képesek a változó költségek fedezetére, majd a kedvez re forduló piaci körülmények esetében következhet a második lehet ség lehívása, a beruházás újraindítása. A leállítási és újraindítási reálopció adekvát értékelésének kulcsa a lezárási- és újraindítási költségek figyelembe vétele (McDonald – Siegel, 1985; Brennan – Schwartz, 1978).
- ❖ **A lízing reálopció** A lízing reálopció lehet vé teszi, hogy lízingeljük vagy béreljük a beruházással megcélzott vagyontárgyat, egy kés bbi vásárlás lehet sége mellett. A jövő beli vásárlási ár rögzítésére a lízingopció megkötésekor kerül sor. Általában el zetes fizetéssel történik a vásárlás ellenértékének átadása. Ez az el zetes fizetés a megszokottnál magasabb havi lízingdíjak fizetésével valósul meg (Clemons – Weber, 1990).
- ❖ **Kiszervezési reálopció** Egy beruházás megvalósításához szükséges er forrásokat kiszervezhetjük küls feleknek, így áthárítva a váratlan eseményekb l adódó költségek, illetve a projekt vállalaton belüli megvalósításra-képtelenségnek kockázatát. Sok esetben ez az opció a szakaszos reálopcióhoz kapcsolódik, ezzel elkerülve a szerz és leállítás esetén kiszabott büntetést a megvalósítás szakaszában történ elvetés esetén (Richmond – Seidmann, 1993).

Egy **tanulási reálopció** végül lehet vé teszi a befektetési döntéshozatal kitolását, csökkenti annak a kockázatát, hogy a menedzsment hiányos információk alapján visszafordíthatatlan döntéseket hozzon, és így kedvez tlen következményeket szenvedjen el. A tanulási opció értéke, ebb l következ en, a visszafordíthatatlan befektetés adott bizonytalansági tényez k melletti halasztásának lehet ségéb l eredeztethet , tehát a (ki)várás értékéb l. Vagyis egy vételi opcióval egyenérték , aminek tárgya maga a döntés (Brach, 2003; Pritsch, 2000).

❖ **Halasztási reálopció**²⁹ A menedzserek beruházások id zítésére vonatkozó flexibilitása ezen információk beszerzésének egy fontos módja, más szóval kifizetend lehet várni addig, amíg a bizonytalanságot okozó körülmények megsz nnek, következésképpen az a vállalat, amely a beruházások id zítésének képességét, az id zítési rugalmasságát már birtokolja azért, hogy feladja ezt a rugalmasságot jogosan vár el pénzügyi kompenzációt az azonnali megvalósítás esetében, az új információkra való várakozás helyett (Blyth et. al. 2007). Egy beruházás elhalasztása a kezd pénzáram eszközlését megelő z en értéket képvisel a befektet számára (Dixit – Pindyck, 1994; Ingersoll – Ross, 1992; McDonald – Siegel, 1986). Az árak, a kereslet, valamint a költségek sztochasztikus természete halasztási opciókat teremt még a döntés véglegesítése el tt. Minél nagyobb bizonytalanság vesz körül egy döntést, a vállalatvezet k annál inkább preferálják a projekt kivitelezés **halasztását**, fenntartva annak a lehet ségét, hogy a projektet egy jövő beli id pontban valósítsák meg (Myers, 1977)³⁰. A **halasztás három típusát** különböztetjük meg: *id beli halasztást, helyhez kapcsolódó halasztást (stratégiai készletezés) és a formára vonatkozó halasztást* (Bucklin, 1965). Egy olyan projekt, ami elhalasztható, lehet vé teszi a vállalat számára, hogy további ismereteket szerezzen a lehetséges projektekr l, vagy termékr l, vagy az azokat övez bizonytalanságról. Opciós értelemben minél hosszabb egy reálopció futamideje, annál értékesebb. McDonald és Siegel (1985), Paddock, és társai (1988) alkalmazták a nemzetközi k olaj haszonbérleti szerz dések értékelése, és Tourinho (1979) természeti er források tartalékainak értékelése témakörben végzett kutatások során. Ingersoll és Ross (1992) a várakozást a kamatrátá változásának tükrében vizsgálják. Majd és Pindyck (1987) jelent s kivitelezési id vel rendelkező projektek késleltetésének esetét vizsgálják.

- ❖ **Elvetési reálopció**³¹ Amennyiben a piaci körülmények tartósan és jelentősen romlanak, a menedzser dönthet az adott projekt termelésének, a projekt működtetésének tartós leállítása mellett, a benne foglalt eszközök, tőkejavak likvidálása, majd a likvidálásból származó összegek máshol történő felhasználása mellett (Myers – Majd, 1990; Hubbard, 1994). Az elvetés lehetősége csak abban az esetben áll fenn, ha a beruházási projekt teljes irreverzibilitása nem érvényesül. Vagyis az elvetési opció létezésének egy következménye a beruházások részleges visszafordíthatósága lesz. Az elvetési opciók értékelése kapcsán a legnagyobb kihívást az elvetés optimális időpontjának megválasztása jelenti. Robichek és van Horne (1967) javaslata szerint a projektet akkor érdemes felszámolni, ha a likvidálásból származó bevétel és az elvetési költségek különbsége meghaladja a megszűnő pénzáramok jelenértékét. Egy viszonylag reálisabb értékelési modellt alkotott Myers és Majd (1990), akik figyelembe véve azt, hogy a beruházási projektek még az elvetés mérlegelésének időszakájában is pénzáramot generálnak (pénz be- és kiáramlás formájában), az elvetési reálopcióra mint egy osztalékot fizető részvényre vonatkozó amerikai típusú eladási opcióra tekintenek.
- ❖ **Szakaszos reálopció** Mivel a termelés vagy a későbbi termelés elérhetőségét determináló tevékenységek nem halaszthatóak a végtelenségig, a halasztási stratégia gyakran együtt jár a menedzseri flexibilitás gyakorlásának egy következő szintjével, a döntés egymást követő szakaszokra darabolásával (Trigeorgis, 1996). Amennyiben egy beruházásra képesek vagyunk úgy tekinteni, mint pénzáramlások egymás utáni sokaságára, akkor a szakaszos reálopció lehetőséget teremt az egyes fázisokat követően beszerzett kedvezőtlen információk esetén a beruházás illetve projekt elvetésére, vagyis a szakaszos reálopciók lényegében a mind a halasztási, mind az elvetési reálopciókkal rokon tulajdonságokat hordoznak. A különbség az előbbivel szemben, hogy egy beruházásnak (egy szakasznak) már léteznie kell, hogy újabb információk birtokába juthassunk. Az elvetési reálopcióval szemben az eltérés a likvidációs pénzáramokból ered, melyek inkább a halasztási reálopció esetében relevánsak. A szakaszos reálopciók inkább egy projekt kezdeti szakaszában vizsgálatnak, míg a halasztási reálopciók legtöbbször a már futó, jellemzően az életciklus végét jelző projektszakaszban adódhatnak (Bock, 2001). Az egyes szakaszokra ebben az esetben tekinthetünk úgy, mint az azt követő szakaszok értékére vonatkozó opciókra, vagyis mint összetett opcióra. Egy

többfázisú beruházás során minden fázis egy külön opció, melynek alapfeltétele, hogy az előző fázis alaptermékét megvalósítsuk, vagyis a reálopciót lehívjuk (Smit - Trigeorgis, 2003). A szakaszos fejlesztésnek tanulási és bizonytalanság-csökkentő hatása lesz.

- ❖ **Feltérési reálopció** A kiterjedési dimenziót tekintve, a termelési rugalmasság mentén, választások sokaságának bevezetése történik. Mindez jelentheti a termék konfigurációk számának, a beszállítók számának és még sok más befolyásoló tényezők a növelését, melyek végeredményképpen annak a lehetőségét teremtik meg, hogy a döntéshozó az érték-maximalizáció szempontjából optimális alternatíva mellett tegye le voksát. Minél több alternatívát mérlegel a döntéshozó, annál értékesebb a reálopció a lejáratakor; ugyanakkor újabb és újabb alternatívák bevonásával csökken az inkrementális előnyök mértéke is. Mindez elsősorban annak köszönhető, hogy míg a vállalat számára az alternatívák előteremtése, illetve kezelése jár költséggel, addig a vevők számára - azok növekvő számával - a feldolgozandó információk bősége eredményez költségnövekedést. A vállalat ebben a következő lépésben fogja az alternatívák számát növelni, amíg a belülről származó várható értéknövekmény képes fedezni az alternatívák pótlólagos egységére jutó költséget (elmaradt nyereséget). A feltérési reálopció révén lehetőség válik egy projekt prototípus, vagy pilot (bevezető) szintű megvalósítására. Ahol a prototípus, illetve pilot költségei arányosak a teljes projekt megvalósítás költségével. A prototípus eredményeit figyelembe véve a menedzsment dönthet a projekt megvalósításáról és elvetéséről is.

Amennyiben felismertük, azonosítottuk és kategorizáltuk a vállalatban jelenlévő reálopciókat, a következő lépés a köztük esetlegesen fennálló kölcsönhatások feltérképezése. Az egymással összekapcsolt reálopciók izolált vizsgálata hibás értékebecsléshez vezethet (Trigeorgis, 2000; Farag, 2003).

4.2.2. Az új reálopciók feltérzése

A vállalatban már létező reálopciók azonosítását követően az értékvezérelt menedzsment újabb kihívással találja szembe magát, amikor a fenntartható értéknövekedés érdekében újabb reálopciók felkutatásába kezd (Baghai et. al., 1999). A reálopció-elmélet nem ajánl fel direkt útmutatást a stratégiai menedzsment számára a reálopciók operacionalizálására vonatkozóan. Az egyetlen ajánlás szerint kockázatos környezetben érdemes reálopciók

formájában felépíteni a cselekvési rugalmasságot, annak érdekében, hogy negatív kimenetel események bekövetkezése ellen a vállalat be legyen biztosítva, amellett, hogy a pozitív kimenetek kihasználhatóságát is biztosítja (Blockemühl, 2001; Pritsch, 2000). Vagyis szignifikáns bizonytalanságok jelenlétekor a stabil, fókuszált és ezáltal elhivatott stratégiával szemben elnyösebb a szakaszos, diverzifikált reálopciók birtoklása (McGrath, 1999; Copeland – Howe, 2002)

A reálopció-elmélet nem specifikálja, hogy ezeket az opciókat konkrétan hogyan kell fel-, illetve kiépíteni. Ugyanakkor a beruházó **a kedvező lehetőségek portfólióját** alakíthatja ki, a reálopciók létjogosultságát megteremtő tényezőknek, a bizonytalanságnak, az irreverzibilitásnak, valamint a rugalmasságnak a dimenziói segítségével.

4.2.2.1. Bizonytalanság és irreverzibilitás

Az adott stratégiai döntési szituáció a kedvező lehetőségek ezen portfóliójában három jellemző tulajdonságon keresztül kerül meghatározásra, a bizonytalanság fokával, a visszafordíthatatlansággal, valamint a rugalmassággal. *A dolgozat 2.4. fejezete részletesen foglalkozik a bizonytalanság jelenségével.* A **bizonytalanság feltárásával** a vállalat képes lehet saját kockázat-kitétségeinek csökkentésére, ugyanakkor az értékteremtésre egyaránt. Értékteremtés valósulhat meg, ha egy vállalat megtalálja az alsó ági (negatív) kockázat (downside risk) csökkentésének módját, a bizonytalanság kedvező (upside) hatásainak fenntartása mellett (Billington – Kuper, 2000).

Ahogy az a 2. fejezet villamosenergia-szektorra specifikált bizonytalanság kataszterének áttekintésekor láthattuk, a bizonytalansági források száma szignifikánsan megnövekedett az utóbb évtizedekben. A reálopció elemzések során célszerű csupán azokat a paramétereket vizsgálni, amelyek hatással vannak a reálopció jövőbeli pénzáramaira, valamint az alaptermék értékére (Amram – Kulatilaka, 1999). Minél jelentősebb a bizonytalanság, annál értékesebb ceteris paribus a reálopció, vagyis az adott cselekvési játéktér. A releváns bizonytalanságok halmaza alapvetően a vállalat belső- és külső befolyásoló tényezőinek függvénye. Ezek meghatározása minden reálopció esetében egyedileg, work-shopokon (mély)interjúkon keresztül történhet. A gyakorlatban, az egyes projektek vizsgálatakor a beruházók sok esetben számos, egymással párhuzamosan fennálló bizonytalansági tényező jelenlétét tapasztalják, ami megnehezíti a döntéshozatalt (McGrath – MacMillan, 2000). Copeland és Antikarov (2003) ennek kezelése érdekében egy ún. 80:20 szabályt vezetett be, mely szerint a menedzsmentnek célszerű azon három-

négy bizonytalansági forrásra koncentrálnia, amelyek leginkább hatnak a reálopció által generált pénzáramokra.

Az értesített **ke-intenzív**, jelentős pénzügyi elkötelezéssel járó befektetések részben, vagy egészben **irreverzibilisek**, vagyis amint a beruházási projektet megvalósították, annak tényleges költségét elsüllyedt költségnek kell tekintenünk, hiszen e nagy volumenű projektek esetében viszonylag jelentéktelen annak a valószínűsége, hogy a beruházó a projekt tárgyát más célokra használhatja fel, illetve nominál értékéhez képest szignifikáns veszteségek nélkül likvidálhatja. A **visszafordíthatatlanság** mértéke az elsüllyedt költségeknek teljes befektetett ténylegességéhez viszonyított arányával határozható meg.

4.2.2.2. A rugalmasság szerepe

Végül a harmadik tényező, az eddigiekben érintetlenül tárgyalta **rugalmasság** bizonytalanság kezelésben, valamint potenciális értékteremtésben játszott szerepének tisztázásához szükségesnek érzem gyakorlati és elméleti aspektusainak ismertetését. A legjobb, ha megvizsgáljuk, hogy a flexibilitást miként használják, definiálják, osztályozzák és mérik a különböző diszciplínák, illetve iparágak. A flexibilitás ötlete számos diszciplínában megjelenik. A bank és pénzügyekben a befektetők rugalmasság iránti preferenciája a likviditás jelenségében ölt testet, illetve az eszközök transzformálhatóságának könnyedségében. A termelés menedzsmentben a rugalmas termelési rendszerek helyettesítik a funkció- és termék-specifikus gépeket. A munkaerőpiacon a munkáltatók lehetőséget tesznek alkalmazottaik számára a rugalmas munkaidőre, hogy ezzel csábítsák őket a vállalathoz. A munkavállaló ezzel szemben a többi állással, több szakképzettség megszerzésével állásajánlatok sora közül válogathat ("*multi skilled*" munkások). A rugalmas információs rendszerek több funkcionalitást tesznek lehetővé a felhasználók számára. A villamosenergia-szektorban a rugalmassága a nem kódos karakterisztikák, hálózati átviteli korlátok, a fűtési anyag-árak és a fűtési anyag elérhetőségének változására vonatkozó reakció legfontosabb tulajdonsága. Ezek tehát azok a területek ahol a rugalmasság egy vágyott tulajdonság, illetve célkitűzés lehet.

Evans (1982) úgynevezett konceptuális rugalmasság elemzése a rugalmassággal szemantikai szempontból legközelebbi rokonságot mutató kifejezésekre koncentrált. Ezek: az alkalmazkodóképesség, az elaszticitás, a likviditás, a képlékenység, a robusztusság, a ellenállóképesség és a sokoldalúság (versatility).

Az alkalmazkodóképesség az el re látható eseményekre, változásokra való reagálás képessége, míg a rugalmasság az el re nem látható változásokra való reagálás képessége (Eppink, 1978, Evans, 1982). Az alkalmazkodóképesség szükséges, de nem elégséges a rugalmasság eléréséhez. Az elaszticitás is hasonló egy normál állapothoz való visszatérés tekintetében. A likviditás mint az átállás gördülékennyé tétele szintén a rugalmasságnak egy fajtája, hiszen egy adott id pont állapotából a következő id pont egy vágyott állapotában való átmenet egyszer sítése (Jones – Ostroy, 1975). Ebből a szempontból a rugalmasság, ahogyan azt Goldman (1974) definiálta nem más, mint egy portfólió kapacitása különböző fogyasztói tervek szolgáltatására.

Mind a képlékenység, mind a rugalmasság az alakíthatóság bizonyos formáját mutatják. Míg a képlékenység egy állapot fenntartásának képességét jelenti, addig a rugalmasság az egyéb állapotokba való átmenet sikeres befolyásolásának képességét öleli fel. A robusztusság és az ellenálló-képesség szoros rokonságban állnak; az előbbi az elképzelt lehetőség kielégítő fenntartásának képessége, míg az utóbbi az el re nem látható sokkok és szakadások elnyelésének és az azokhoz való alkalmazkodásnak képessége.

Hashimoto (1980) és Hashimoto et. al. (1982) a robusztusság használatával tervezték a vízkészletet. A legtöbb hasonlóságot a rugalmassággal a sokoldalúság kifejezése mutatja. A sokoldalúság, vagy változékonyság az egyes állapotváltozásokkal szembeni fedezetként keresett, és mint ilyen, optimális a döntések végtelen sorozata esetében (Bonder, 1979).

A reálopciók keretrendszer célja az egymást követő, szekvenciális befektetésekből rejlő flexibilitás kihasználása. Ez a flexibilitás inkább a befektetések elvetésének lehetőségéből ered, mint egy nagyobb összegű beruházás kisebb, szakaszos pénzáramokkal helyettesíthetőségéből. Mindez a siker elérése érdekében a reálopciók hatékony menedzselésének magas fokú szigorát, merevségét implikálja a beruházás ütemezésének kialakításakor.

A rugalmasság esetében rendelkezésre álló, első sorban tisztán kvalitatív értékelési módszertan egyrészt magában rejti a tervezett beruházás pozitív, másrészt negatív irányú manipulációjának veszélyét. A pontatlanul sok esetben egyáltalán figyelembe nem vett flexibilitás értékteremtő projektek elvetését eredményezheti, ugyanakkor ún. „árnyékopciók“ indokolatlan túlértékelésekhez, közvetve szub-optimális menedzsment döntésekhez vezethetnek a fenntartható értékteremtésben (Adner – Levinthal, 2004). Következésképpen a megfelelő döntéstámogatás érdekében a rugalmasság vizsgálatakor a

beruházó kvantitatív tényeken alapuló objektív ítéletet kell, hogy hozzon. Kiindulási pont lehet az opciós pénzáramokra épülő megközelítés (Mayer, 2001), mely a rugalmassági mércéket a reálopció megszerzésének költségéből 1^{32} , a reálopció kötési árából (a beruházás kezdő pénzárama), valamint a reálopció alaptermékének jelenértékéből vezeti le (lásd egyenlet) (Damisch, 2002).

1. képlet	<p>A rugalmasság mérő számai az opció-elméletben</p> $\alpha \leq \frac{\text{Az alaptermék jelenértéke}}{\text{A kötési ár jelenértéke}};$ $\beta \leq \frac{\text{Az alaptermék jelenértéke}}{\text{A reálopció megszerzésének költsége}};$ $\gamma \leq \frac{\text{A kötési ár jelenértéke}}{\text{A reálopció megszerzésének költsége}}.$
Forrás: (Damisch, 2002)	

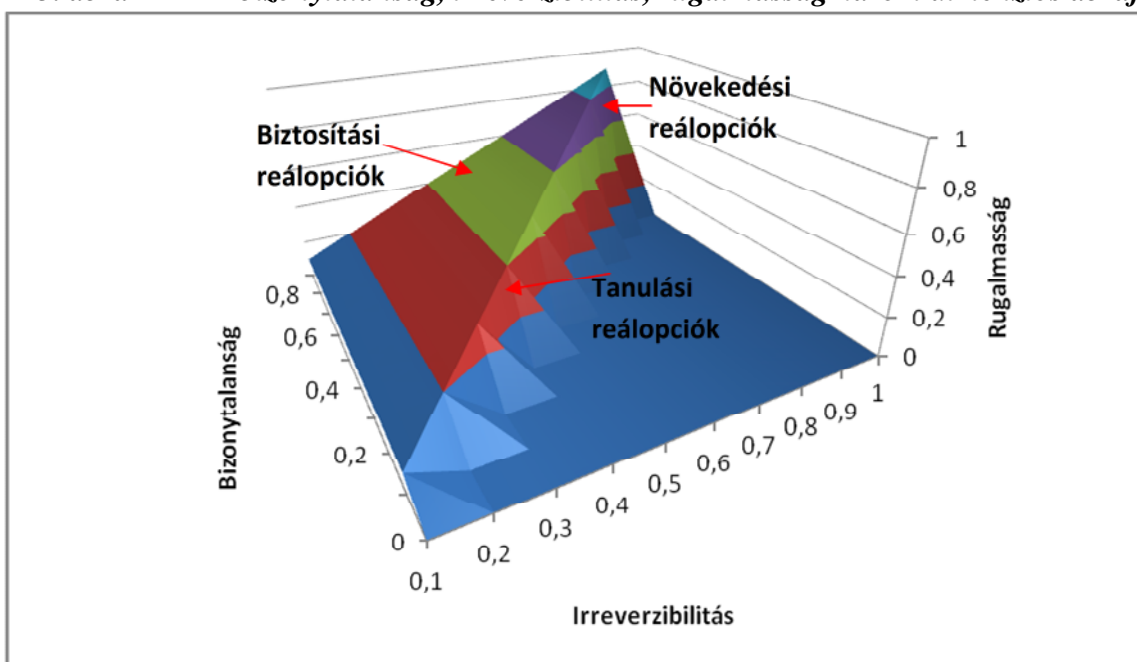
A rugalmassági paraméterek értelmezéséhez opcióelméleti gyökerekhez kell visszanyúlnunk. Az első tényező szerint a reálopció által generált szabad pénzáram jelenértéke, vagyis az alaptermék jelenértéke nem szabad hogy túlságosan a kötési ár, a projekt megvalósítás költsége alatt legyen, vagyis a reálopció ne legyen túlságosan ún. „out of the money“ pozícióban (Hull, 2003; Amram, 2002).

Hasonló logika mentén vezethető le a második fontos tényező, miszerint a reálopció alaptermékének jelenértéke szignifikánsan nagyobb kell, hogy legyen a reálopció megszerzési költségeinél. Ellenkező esetben a beruházó a magas megszerzési költségek által már az opció futamidejének legelején elkötelezi magát a kivitelezés mellett, és ezzel lényegében lemond a rugalmasságról. Az első két tényezőből deduktívan vezethető le a harmadik faktor. A reálopció kötési ára minden esetben meg kell, hogy haladja a reálopció megszerzésének költségeit, különben kvázi visszafordítható beruházási költségek által érvényét veszti a reálopció metodika. Kivételesen extrém esetben a kötési ár egyenlő lehet nullával. Ebben az esetben az összes irreverzibilis költség a döntési folyamat kezdetén esedékes. Ezáltal de facto nem kerül felépítésre semmilyen cselekvési rugalmasság; vagyis többnyire kedvező lehetőségek kialakulására spekulál a vállalat. Tehát ez nem opciónak minősül helyzet, hanem egy fókuszált, rögzített stratégia kisebb kiterjedéssel (Courtney, 2001). Az adott helyzetből függ, hogy melyik tényező bír jelentőséggel és azt hogyan kell dimenzionálni. Így γ és β együtt az újonnan feltárandó reálopciók esetében válik érdekessé, míg az α -tényező elsődlegesen már létező reálopciók esetében vizsgálható.

4.2.2.3. Kedvező lehetőségek portfóliója

A vállalati döntéshozók eszköztárában a bizonytalanság és a visszafordíthatatlan beruházások költségei miatt a reálopciók modellnek is ott van a helye. A vezető közvetlenül akár mikor élhetnek opciókkal, amikor rugalmas, kiterjeszhető és skálázható beruházásra vágnak. A jelenlegi kihívás az, hogy miként intézményesítsék az azonosítását, értékelését, és a lehívását a jövőbeli beruházási projektekbe ágyazott opcióknak, főleg olyan piaci környezetben, mely turbulens és bizonytalan, mégis kedvező eredményeket ígér rövid- és hosszú távra is. A bizonytalanság, irreverzibilitás és rugalmasság három dimenziós rendszerében a kedvező lehetőségek portfóliójának 23. számú ábrán illusztrált felülete rajzolódik ki.

23. ábra A bizonytalanság, irreverzibilitás, rugalmasság három dimenziós ábrája



Forrás: Saját szerkesztés

Amennyiben relatíve csekély bizonytalansággal találja magát szemben a menedzser és a döntést alacsony elsüllyedt költség arányúnak nyilvánítja, akkor a rugalmasság mértékét 1 függetlenül kedvezőnek tekintik a reálopciók elemzés elvetése. Ebben az esetben ajánlott a már vizsgált egyéb, diszkontált pénzáram alapú technikákat bevetni a döntéshozatal támogatása érdekében.

A stratégiai döntéseket a legtöbb esetben jelentős bizonytalanság övezi, különösen, ha azok tárgya a piaci verseny szempontjából releváns erőforrások ki-, illetve felépítése (Kogut – Kulatilaka, 2001). A bizonytalanság, számosságának, mértékének, valamint az elsüllyedt

költségek arányának növekedtével a reálopciók metodika el térbe kerül. A rugalmasság különböző szintjein a reálopcióknak különböző csoportjait érdemes bevetni a kockázatcsökkentés, valamint az értékteremtés érdekében. Közepes rugalmassági szinten els sorban a tanulási, els sorban kockázatcsökkentés célzattal életre keltett reálopciók alkalmazása ajánlott. A tanulási reálopciók lehet vé teszik a lehet legkisebb kezdeti elkötelezést a projekt iránt, korlátozva a potenciális veszteség-kockázatokat. A bizonytalanság alacsony szintje párosulva a befektetés nagyfokú visszafordíthatatlanságával, a tanulási vagy biztosítási reálopciók alkalmazását vonja maga utána a beruházó rugalmasságának függvényében. Az igazi fenyegetés ebben az esetben abból adódik, hogy kedvez tlen események bekövetkezése esetében a végrehajtott beruházás visszafordíthatatlan. A biztosítási reálopciók a projekt alakíthatóságának rugalmasságával a veszteség-minimalizálás legmegfelel bb eszközei.

A termelési, m ködési flexibilitás megjelenésével a biztosítási reálopciók a kockázatkezelés mellett az értékteremtési folyamat részeseivé is válhatnak; míg az abszolút irreverzibilis, szignifikáns kockázatnak kitett, jelent s menedzseri flexibilitás mellett végrehajtott beruházások jellemz en a növekedési lehet ségek. Ugyanakkor vegyük észre, hogy a rugalmasság, bizonytalanság, irreverzibilitás hármasa egymással is kölcsönhatásban áll.

4.2.3. A reálopciók értékelése

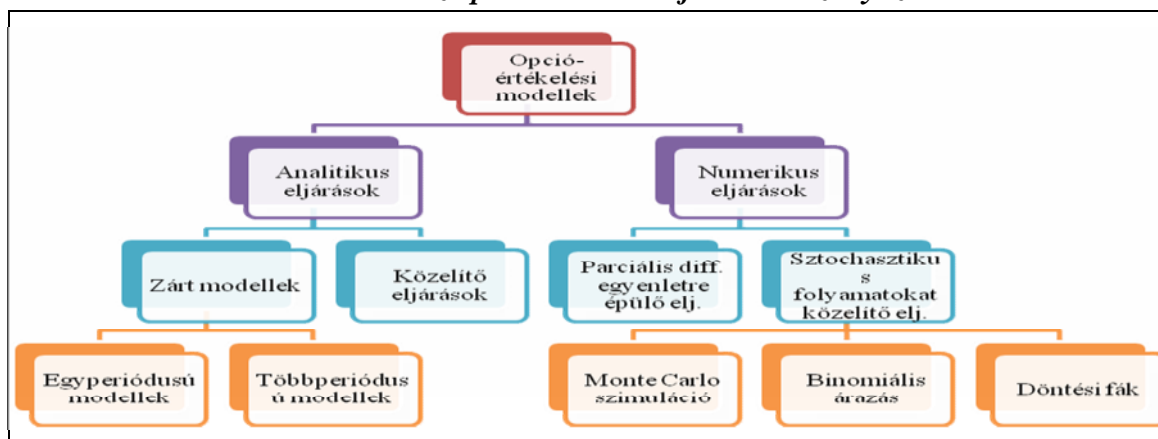
Amennyiben az opció-elméletet, és ezen belül is a reálopciókat választottuk a beruházási döntéshozatal támogató módszertanként, felmerül a kérdés, hogy milyen konkrét opció-értékelési eljárást alkalmazzunk. A tradicionális pénzügyi irodalom hangsúlyozza, hogy egy eszköz értékét jövőbeli pénzáramai határozzák meg. A korábbiakban láttuk, hogy amíg ezek a pénzáramok biztosak, illetve a pénzáramok biztosságát feltételezzük az értékel feladat csupán megtalálni a megfelelő diszkontrátát. A bizonytalanság feltételezése, illetve megjelenése bonyolítja els ként ezt a feladatot, hiszen immáron nem csupán a pénz id értékét, de a kockázati attitűdöt is figyelembe kívánjuk venni. Erre tett kísérletet a kockázati prémiummal, bizonyossági egyenértékű eljárással a szakirodalom (Sharpe, 1964; Robichek – Myers, 1966).

Az értékelési probléma komplexitását fokozza ha a pénzáramok a kockázat változó nemlinenáris függvényeként alakulnak. Erre megoldást jelenthet a pénzáramok múltbeli

adatok alapján történő származtatása, vagyis az ún. forward indukciós módszer bevetése. Az eljárás korlátja, hogy csupán abban az esetben alkalmazható, amennyiben a jelenlegi pénzáramok nem függenek jövőbeli eseményektől. Nyilvánvaló, hogy ez a feltevés a jelen beruházásai esetében nem állja meg a helyét. Abban az esetben, ha a vizsgált pénzáramok nem csupán múltbeli, de jövőbeli tényezők függvényei, az ún. backward indukciót célszerű alkalmazni (Cortazar, 2000).

A **24. számú ábra** a reálopciók értékelési módszerek rendszerezését mutatja. Ezek az értékelési eljárások az adott döntési szituációban egyedi előnyökkel és hátrányokkal rendelkezhetnek. Emiatt fontos minden egyes esetben mérlegelni, hogy melyik módszer alkalmas leginkább az adott projekt döntéstámogatására. Az értékelési eljárásokkal szembeni legfontosabb követelmények az átláthatóság, az értékelés pontossága, az értékelési folyamat sokoldalúsága, a lehető legkisebb komplexitás, illetve az alkalmazó részéről a lehető legkisebb elzetes hozzáértési követelmények. (A rendelkezésre álló opció-értékelési módszerek részletes bemutatásától a továbbiakban eltekintek, mindössze a gyakorlati szakemberek által kiemelt, leggyakrabban alkalmazott eljárásokkal az analitikus módszerek közül a Black-Scholes-eljárással, valamint a binomiális árazással foglalkozom.)

24. ábra Az opcióértékelési eljárások osztályozása



Forrás: saját szerkesztés (Bockemühl, 2001 141. o.; Hommel – Lehmann, 2001 124. o.; Rózsa, 2007) alapján

4.2.3.1. Analitikus eljárások

Az **analitikus eljárások** közé tartozik az egyperiódusú modelleket képviselő Black-Scholes (B/S) modell, míg az összetett opciók kétperiódusú eseteiben a B/S-eljárás kiterjesztése, a Geske-modell alkalmazható. Ezek a modellek csak abban az esetben alkalmazhatóak, ha a reálopció európai típusú vételi vagy eladási opciónak feleltethet

meg. Vagyis ezen analitikus megoldások alkalmazása számos olyan keretfeltételhez kötött, melyek reálberuházások esetében nem feltétlenül teljesíthetők. Az analitikus eljárások közé sorolt ún. zárt megoldások konkrét értékelési képleteket ajánlanak, azonban sok esetben az értékelési probléma komplexitásának növekedésével a döntéshozónak közelítési eljárások eredményeivel kell megelégednie. Az analitikus eljárások elnye azok egyszerű kezelhetőségében rejlik, hiszen a formai paraméterek azonosítását követően szignifikánsan alacsonyabb tranzakciós költségek árán válik kalkulálhatóvá az opció értéke. Ugyanakkor fontos kiemelni ezen opcióértékben rejlő veszélyeket, az értékelési paraméterek, valamint a közöttük fennálló kölcsönhatások azonosításának fontosságát. Az analitikus eljárásokban fellelhető közös vonás, hogy az alapeszköz értékének változása egy folytonos sztochasztikus folyamatként kerül ábrázolásra (Hartmann, 2006).

4.2.3.1.1. A Black-Scholes modell

Black-Scholes modell³³ Fischer Black és Myron Scholes 1973-ban publikált modellje abból a feltételezésből indul ki, hogy ha létezik egy, az opció értékét leíró összefüggés, amellyel többek között a részvényárfolyam függvényében megadható az opció értéke, akkor az is kiszámítható, hogy miként változik az opció értéke, ha változik az alaptermék értéke is. Ezáltal létrehozható egy olyan opcióból és részvényből álló portfólió, amelynek értéke nem függ a részvényárfolyam alakulásától, mert az opció értékváltozása lefedezze a részvény értékváltozását. A fedezet fenntartásához a portfóliót folyamatosan újra kell súlyozni. E fedezett portfólió hozama megegyezik a kockázatmentes kamatlábbal, így a modellben nincs szükség a t-kezelt költség megadására sem (Bóta, 2006). A B/S-modell feltételezései pénzügyi opciók esetén nagyobb valószínűséggel teljesülnek, mint egy reálberuházás értékelésénél. Fontos hangsúlyozni, hogy egy pénzügyi opciók értékelésére szolgáló modellt vizsgálunk, melynek beruházásokra való átvittetése és összehangolása nem mindig működik és nem is mindig lehet teljes hatékonysággal.

4.2.3.2. Numerikus eljárások

A numerikus eljárásoknak két típusa különíthető el. **A parciális differenciál-egyenletek** a numerikus integrálás és az explicit vagy implicit véges differencia módszereket foglalják magukban (Rózsa, 2007). A másik csoportba azok a módszerek sorolhatóak, melyek az alapul szolgáló sztochasztikus folyamatokat közvetlenül közelítik meg. Közéjük sorolható a Monte Carlo szimuláció, a döntési fa módszer és a binomiális eljárás. A döntési fa analízis

alkalmazása akkor célszerű, ha a projekt bizonytalansága korlátozott számú scenárióval leírható diszkrét választások eredménye (Bélyácz 2011. 266. o.).

4.2.3.2.1. A binomiális eljárás

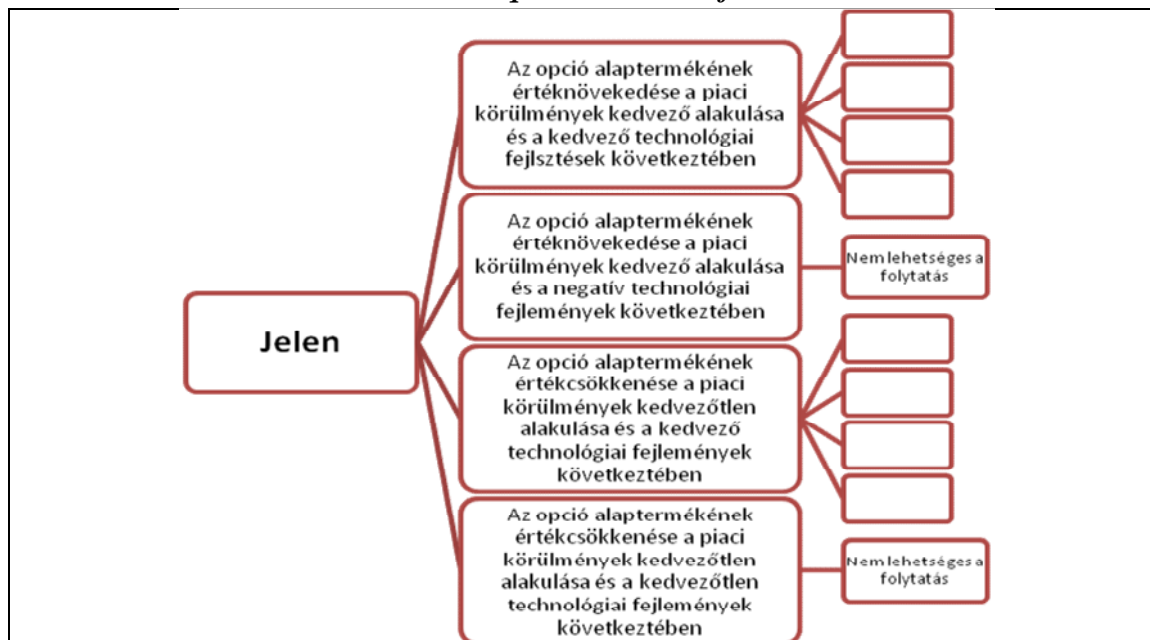
Binomiális módszer elsőként Cox, Ross és Rubinstein (1979) közös munkájában publikálta. A modell eredeti célja a B/S-modell megértésének segítése volt azok számára, akik nem rendelkeznek mély matematikai ismeretekkel, ám mára az eljárás általánosan elfogadott numerikus módszerré nőtt ki magát. Az eljárás feltételezése szerint az alapeszköz árfolyama nem folyamatosan változik, hanem diszkrét binomiális folyamatot követ, konkrétan adott időpontok között csak két-két lehetséges értéket felvéve változtatja árfolyamát, értékét³⁴. A modell tehát jellemzően két kimenetet képes kezelni, összetettebb projektnél a teljes időtartamot kisebb időszakokra való bontása javasolt, mely egy reálisabb értéket eredményez. Ez a „felaprózási” folyamat addig tarthat, amíg a projekt értéke folytonosan változó lesz, mely esetben már a fentiekben kifejtettek szerint a B/S-modell lesz alkalmazható. Megmutatták, hogy amennyiben a modell lépései között eltelt idő nullához tart, akkor az árfolyamok viselkedésének binomiális modellezése a lognormális eloszláshoz közelít, eredménye végső soron a B/S-modell eredményével azonos pontosságú értéket ad (Bóta, 2006). Az eljárás legfőbb korlátja, hogy csupán egyetlen bizonytalansági tényező hatását számszerűsíti a túlzott modell-komplexitás elkerülése érdekében.

4.2.3.2.2. Binomiális eljárás kiterjesztése

A bonyolultabb beruházási problémák esetében több reálopció típus együttes figyelembe vételére, valamint több bizonytalansági tényező modellbe foglalására van szükség az értékelési eljárás során, vagyis a mindössze egyetlen bizonytalansági paraméter megragadására képes eddig ismertetett értékelési eljárások kudarcot vallanak, illetve nem képesek a beruházási döntéstámogatásra³⁵. A binomiális eljárás elnyerte a kutatókat arra ösztönözték, hogy az esetleges hátrányok kiküszöbölése érdekében ne új módszerek kifejlesztésére törekedjenek, hanem a meglévő, sok szempontból bevált eljárások kiterjesztésére. Ezen a gondolon indult el Kellogg és Charnes (2000), valamint Trang et al. (2002), akik a döntési fa elemzéssel kapcsolták össze a binomiális eljárást egy újabb bizonytalansági paraméterrel, mégpedig az esetükben a technológiai kockázatok figyelembe vétele érdekében. A volatilitással megragadott piaci bizonytalanság, valamint a

technológiai kockázat két, egymástól független bizonytalansági paraméter, vagyis mindkettő külön-külön modellbe integrálható (Copeland – Antikarov, 2001). Így lett a binomiális fából quadranomiális fa.

25. ábra *A quadranomiális fa ábrázolása*



Forrás: (Hartmann, 2006)

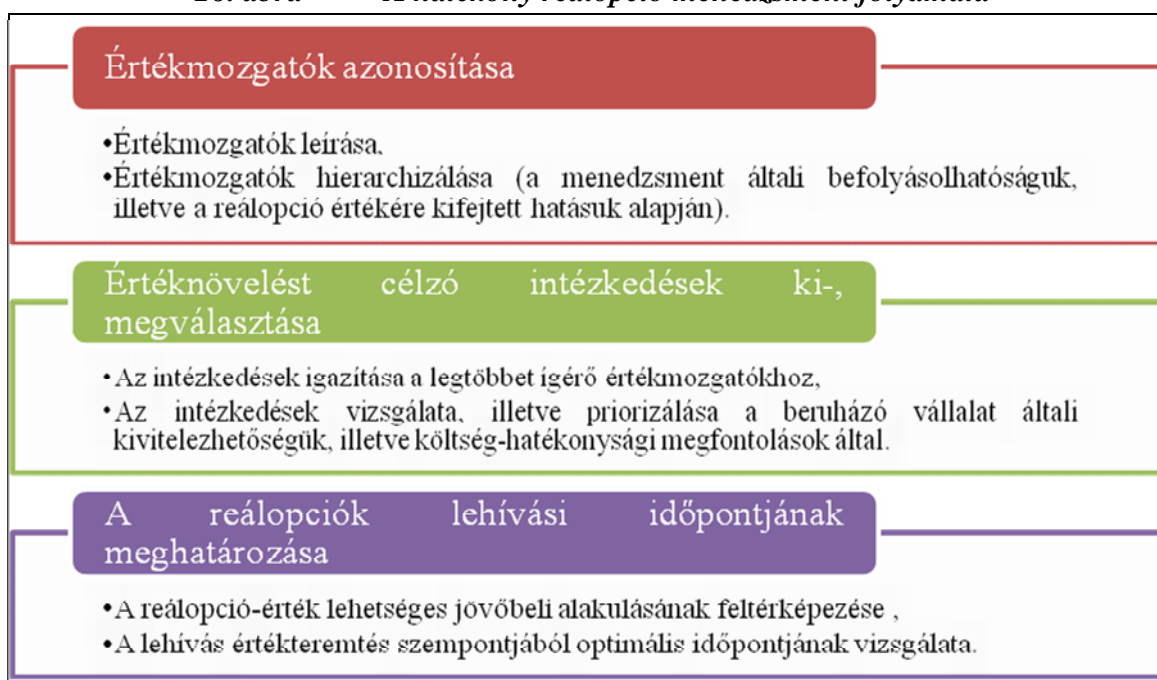
A szakma és a gyakorlat kettévált annak a kérdésnek a megválaszolásában, hogy a két eljárás közül melyik bizonyul használhatóbbnak. A gyakorlati szakemberek sok esetben a B/S-modell mellett teszik le voksukat (Courney, 2001), míg a legtöbb tudományos közlemény a binomiális-eljárást alkalmazza, és javasolja. Kétségtelen, hogy az egyszer alkalmazhatóság követelménye terén a B/S-modell felülmúlja a binomiális eljárást (Amram – Kulatilaka, 1999), ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a reálopciók komplex modellezése támaszkodik programozási nyelvekre, következésképpen relatíve magas módszertani ismereteket feltételez (Dörner, 2003).

Pontosan ez a komplexitás teszi a B/S-képlet merev struktúrájának és feltevéseinek adaptálását lehetetlenné a reáliák esetében (Copeland – Antikarov, 2003), vagyis modell transzparencia téren a binomiális eljárás bizonyul gy ztesnek. Bár a binomiális eljárás precizitásban szintén alulmarad a B/S-moddellel szemben, eredményei az értékorientált vállalatirányítás számára elegendően pontosnak, könnyen illusztrálhatónak min sülnek, mely grafikus ábrázolási lehet ség javítja a modell-transzparenciát és hozzáférhet séget.

4.3. A reálopciók hatékony menedzselése

Amennyiben sikerült az adott beruházónak azonosítani, illetve a szükséges erőforrások biztosítása, valamint piaci pozíciója révén felépíteni reálopció bázisát, a következő lépés azok hatékony menedzselése, illetve azoknak az értékteremtés szolgálatába állítása. A reálopciók kezelésének, az opciók értékmaximalizálásának módja a következő értéknövelési intézkedések végrehajtása (lásd 26. számú ábra).

26. ábra A hatékony reálopció menedzsment folyamata

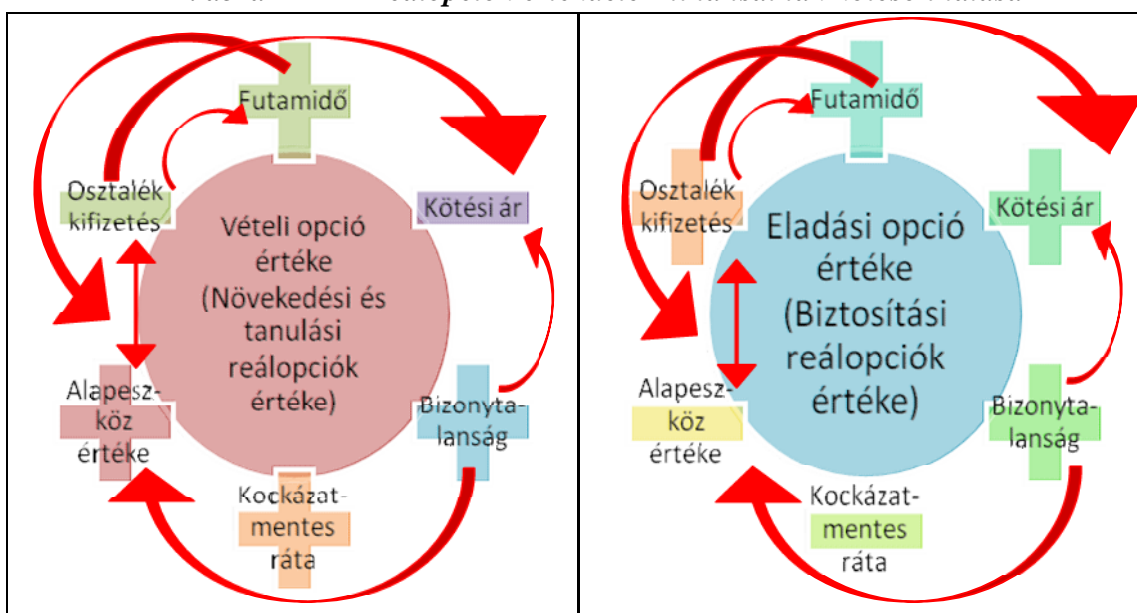


Forrás: Saját szerkesztés (Hungenberg, 2001) alapján

A hatékony menedzsment első lépése tehát az **értékmogzatók azonosítása**, melyek lényegében megegyeznek a reálopció értékét meghatározó tényezőkkel, melyekkel a korábbiakban foglalkoztam. Ezek közül is kiemelendő a bizonytalanság hatása, hiszen a paraméterek vizsgálatakor azt a meglepő kijelentést tettük, hogy minél nagyobb bizonytalanság övezi az adott beruházást, annál nagyobb az adott reálopció értéke. Ezek szerint újabb és újabb kockázat-vállalással a reálopció értéke folyamatosan növelhető (Copeland et. al., 2000; Amram - Howe, 2002; Broyles, 2003). Adner és Levinthal (2004) azonban rávilágítottak, hogy az opció-elmélet ezen fundamentuma erősen félrevezető, az erre épülő menedzsment gyakorlat pedig hibás. A reálopció értékére pozitívan csak az „elnyeső” bizonytalanságok vállalása hathat, miközben az „elnytelen” bizonytalanságok szignifikáns értékromboló hatást képviselnek.

Az értékvezérelt reálopció menedzsment következő lépése **az azonosított értékteremtők közötti kölcsönhatások vizsgálata**. Az "elnyös" ún. upside bizonytalanság növekedése *ceteris paribus* pozitívan hat az opciós értékre, ugyanakkor ez a diszkontálás során használt kamatláb növekedéséhez, ami pedig a jelenérték csökkenéséhez vezethet. További kölcsönhatásokat a következő ábra szemléltet.

27. ábra A reálopciók értéketerminánsainak kölcsönhatása



Forrás: Saját szerkesztés (Damisch, 2002) alapján

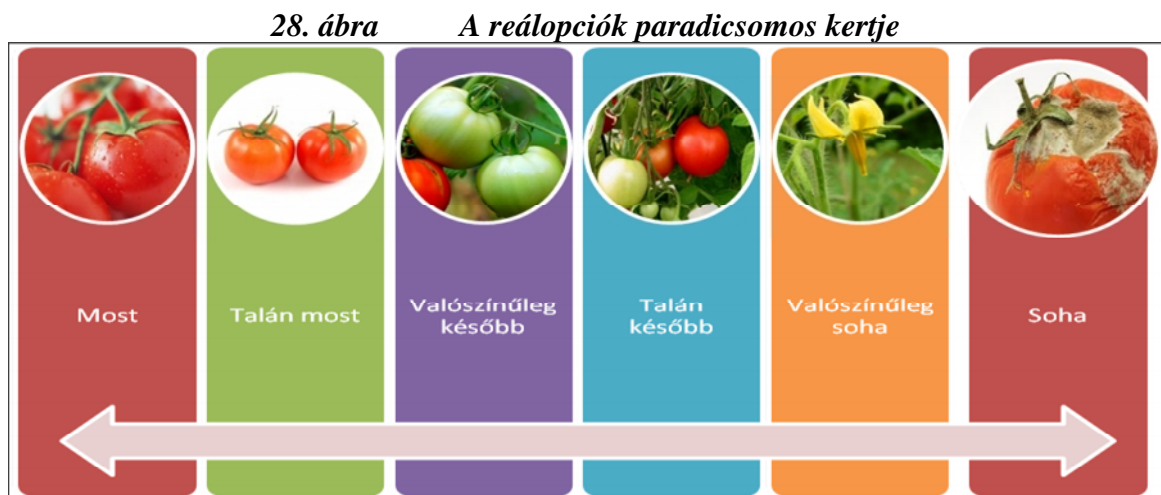
Az **értékmozgatók közötti hierarchikus sorrend** kialakításakor érdemes kiemelten kezelni azokat a generátorokat, melyek egységnyi változtatása a legnagyobb változást eredményezi a reálopció értékében (*ceteris paribus*), vagyis, amely paraméterek változtatására a reálopció a legérzékenyebb, illetve melyek alakulását a menedzsment legkevésbé képes befolyásolni (Leslie - Michaelis, 1997). Az elbbit tulajdonságot a tényezők közötti kölcsönhatások integrálása érdekében célszerű forgatókönyv-elemzéssel, az utóbbit pedig kvalitatív érvekkel, elsősorban "scoring modellek" segítségével alátámasztani.

A hierarchia élére sorolt értékteremtők kiindulva a következő lépésben **konkrét intézkedéseket** kell megfogalmazni az adott reálopció értéknövekedésének előteremtése érdekében, ahol figyelembe kell venni a reálopció, valamint a beruházó egyedi karakterisztikáját. Pontosan az utóbbi félmondat, vagyis minden egyes értékteremtési szituáció egyedisége következtében általánosan elfogadott, kész receptek nem állnak a döntéshozó rendelkezésére.

Amennyiben sikerült az adott reálopció értékének növekedését célzó intézkedések katalógusát megalkotni, a következő lépésben azok rangsorát állítjuk fel. Górcs alá kerülnek a belső (szervezeti és technikai korlátozások), valamint a külső korlátozó tényezők (szabályozói és természetes korlátozások) (Wieland, 2002). Emellett a beruházó költség-haszon elemzéseket készít, melyeknek célja az adott intézkedés megvalósításra érdemességének igazolása a vele kapcsolatosan felmerülő költségek és bevételek függvényében.

Egy reálopció értéket teremteni hangsúlyosan csupán a gyakorlása által, vagyis az opció lehívása esetében képes. Amennyiben a beruházó nem ruház be, illetve megvárja a reálopció futamidejének lejártát, a vállalat a reálopció eddigiekben ismertett menedzselésének, az értékteremtő reálopciók feltárási költségeinek következtében teljes bizonyossággal veszteséget realizál (Anderson, 2000). Következésképpen a stratégiai reálopció-menedzsment egy kulcskérdése az értékoptimalizált opció-lehívási időpont meghatározása.

Ennek bemutatása érdekében egy Luehrman (1998) által megalkotott keretrendszert hívok segítségül, mely kertészetre épülő analógiája, könnyed, humoros stílusa, és nem utolsósorában a reálopciók optimális lehívási időpontjának kutatási területéhez való vitathatatlan hozzájárulása folytán a reálopciói irodalmak közkedvelt forrása.



Forrás: Saját szerkesztés (Luehrman, 1998) alapján

Luehrman szerint az opció jog realizálásával kapcsolatos döntés függ a reálopció belső értékétől (alaptermék értéke, illetve kötési ár), valamint az egyéb értékmozgatók (futamidő, osztalék-kifizetés, bizonytalanság) hatásaitól a volatilitástól. Bár a fenti ábra a reálopcióval kapcsolatos döntési végletek függvényében ábrázolja a cselekvési

alternatívákat, Luehrman a két említett dimenzió belül helyezte el azokat. A pozitív bens értékkel rendelkező reálopciókat alacsony volatilitás esetében érdemes azonnal lehívni, míg magas bizonytalanság esetében valószínűleg később kifizetendőbb, biztosabb a lehívásuk. A negatív bens értékkel bíró, "out of the money" pozíciójú reálopciók alacsony volatilitással párosulva azonnal elvetendők, magas bizonytalanság esetében azonban talán később érdekessé válhatnak a lehívásra.

A legtapasztaltabb kertészek képesek a kertjükben lévő paradicsomokat bármely adott időben minősíteni, illetve a jó kertészek azt is megértik, hogy a kert idővel változik. A szezon elején egy termény sem esik a „most” vagy a „soha” kategóriákba. Az utolsó napra az összes beleesik egyikbe vagy másikba, mert az idő elfogyott. Az érdekes kérdés: Mit tehet a kertész az idény folyamán, a termény alakulásának befolyásolása érdekében?

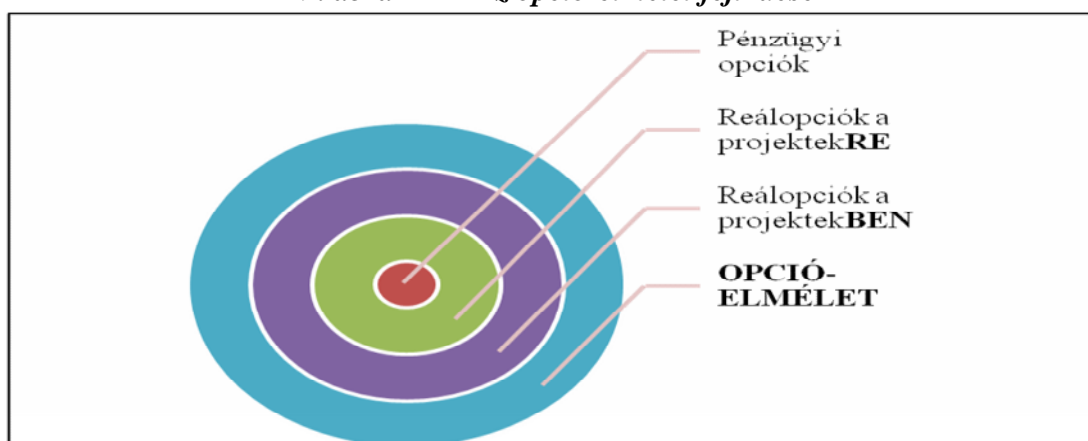
A tisztán passzív kertész meglátogatja a kertet a szezon utolsó napján, leszedi az érett paradicsomokat, és haza megy. A hétvégi, hobby kertész gyakran lemegy a kertbe, és leszedi az érett darabokat, mielőtt megrohadnak, vagy a (Luehrman által *mókusnak, rágcsálónak* nevezett) kártevők megszerzik azokat. Az aktív kertészek sokkal többet tesznek. Nemcsak figyelik a kertet, hanem a látottak alapján művelik is: öntöznek, trágyáznak és gyomlálnak, mindent megpróbálnak, hogy azokból a köztes paradicsomokból (talán később, valószínűleg később) minél több jön és érjen meg, mielőtt kifutnak az időből. Természetesen az időjárás nagy úr, és nem minden paradicsom érkezik be. Mindazonáltal azt várnánk, hogy az aktív kertész magasabb terméshozamot realizál, mint a passzív kertész.

Az opcióárazás számos módon segíthet, hogy hatékonyabbá, aktív kertészekké váljunk. Lehet végezni, hogy megbecsüljük a teljes évi termés értékét (vagy akár egyetlen paradicsom értékét) mielőtt egyáltalán vége lenne az idénynek. Abban is segít, hogy felmérjük minden egyes paradicsom kilátásait, ahogy az idény halad előre, és közben elárulja, hogy melyiket szedjük le, és melyiket hagyjuk a száron. Végül javasolhatja, hogy mit tehetünk azért, hogy azok a köztes paradicsomok megérjenek a szezon vége előtt. Opcióterminológiával élve, az aktív kertészek többet tesznek pusztán gyakorlati döntéshozatalnál (leszedni vagy nem leszedni). Megfigyelik az opciókat, és megkeresik, hogy miként befolyásolhatják az opció értékét meghatározó értékgenerátorokat, közvetve az értékteremtés mértékét.

4.4. A reálopció-elmélet kiterjesztése

Az utóbbi évtizedben a reálopció-elmélet kiterjesztéseként a **reál-projektekre** értelmezett opciók mellett megjelent a **reál-projektekben** értelmezett opcionalitás fogalma. A projektekre értelmezett reálopciókra tekinthetünk úgy, mint egy-egy technológiára, reáliára kiírt pénzügyi opciókra, ahol maga a technológia fekete dobozként értelmezett. Ezzel szemben a projektekben vizsgált reálopciókat azért keltették életre, hogy az aktuális technológiai rendszert megváltoztassák (lásd 29. számú ábra).

29. ábra Az opció-elmélet fejl dése



Forrás: Saját szerkesztés (de Neufville, 2002; de Weck et. al., 2004; Wang – de Neufville, 2004) alapján

A projektekre értelmezett és a projektekben foglalt reálopciók közötti különbségek. A projektekre értelmezett reálopciók jellemzően a beruházási lehetőségek értékelésével foglalkoznak, míg a projektekben foglalt reálopciók a rugalmasság kialakításával. A projektekre értelmezett reálopciók fókuszában a pontos érték meghatározáson keresztüli döntéstámogatás áll, míg a projektekben foglalt reálopciók célja a „belevágni, vagy sem” kérdések megválaszolása. Ebből is következik, hogy az utóbbi esetben maga az érték meghatározás, illetve kvantifikálás nem kap kiemelt szerepet, itt elsősorban a rugalmasságnak kvalitatív megragadásán van a hangsúly (lásd 7. számú táblázat).

7. táblázat Projektekre értelmezett versus projektekben foglalt reálopciók

Projektekre értelmezett reálopciók	Projektekben foglalt reálopciók
Lehetőségeket értékel	A rugalmasságot elemzi, értékeli
A hangsúly az értékelésen	A hangsúly a döntésen
Viszonylag egyszerűen definiálható	Nehezen megragadható
Az egymástól függés, valamint az útfüggőség kevésbé fontos kérdés	Az egymástól függés, valamint az útfüggőség kulcskérdés

Forrás: Saját szerkesztés de Neufville, 2002; de Weck et. al., 2004; Wang – de Neufville, 2004) alapján

Ahogy az a 4.2.1. fejezetben láthattuk, a projektekre értelmezett reálopciók definiálása viszonylag egyszerű feladat. Ezzel szemben ahhoz, hogy a projektekben foglalt reálopciókat felismerjük, azonosítsuk, és megértsük, a technológia mély gazdasági, műszaki ismeretére van szükség. A projektekben értelmezett reálopciók kiemelt jelentőséget kapnak a műszaki rendszerek elemzésére irányuló tanulmányokban. Mindez a nagy méretű műszaki projektek három alaptulajdonságára vezethető vissza (Roos et. al., 2004):

- ❖ hosszú futamidő, hasznos élettartam (a távoli jövő keresletét szem előtt tartva kell terveznünk);
- ❖ méretgazdaságossági megfontolások gyakran ösztönöznek különösen nagy volumenű építkezéseket;
- ❖ a távoli jövőre vonatkozó, jellemzően hibás előrejelzések folytán jelentős bizonytalanság övezi őket.

A legnagyobb problémát emellett a rugalmasság nehéz felismerhetőségének problémája okozza. Míg a projektekre értelmezett reálopciók esetében a technológiai, műszaki szempontok, a kölcsönhatások, az út-függőség nem kapnak kiemelt figyelmet, addig a projektekben foglalt reálopciók esetében a komplex technológiai korlátok gyakran eredményeznek kölcsönhatásokat, út-függőséget. Többek között ezen nehézségek, a szükséges információk hiánya, valamint az opcióértékelés számára korlátozott rendelkezése állása folytán, viszonylag szűknek tekinthető a terület szakirodalmát.

Ugyanakkor ezen a ponton fontosnak tartom megjegyezni, hogy a reálopciók villamosenergia-beruházásokra alkalmazásának lehetőség-vizsgálata egy újabb nézőponttal bonyolódott, hiszen a szektor esetében egyértelműen a projektekben foglalt reálopciók dominálnak. Igazoltnak vélem ezen a ponton az elmélet villamosenergia-beruházásokra alkalmazhatóságát, ugyanakkor a következő szektor-specifikus sajátosságokra hívnám fel a figyelmet:

- ✓ Ahhoz, hogy képesek legyünk a villamosenergia-szektor beruházásait a reálopciók metodikával vizsgálni, magának a szektornak, illetve műszaki paramétereinek ismerete szükséges, vagyis „csupán” pénzügyi tudás birtokában lehetetlenné válik az elemzés.

- ✓ A projektekre értelmezett reálopciók elhatárolható, a kiválasztott binomiális értékelési eljárással megragadható problémát eredményeznek. A villamosenergia-szektor projektekben foglalt reálopciói azonban, ahogyan azt a kapacitás tervezés történeti áttekintése során láthattuk, egymástól kölcsönösen függ eseteket eredményeznek. Pontosan ez az interdependencia az, aminek megragadására, legyen szó új és új, vagy új és meglévő er_m közötti kölcsönhatásról, a rendelkezésre álló tervezési eljárások nem képesek. Ezen a ponton azonban újabb ellentmondást vélek felfedezni a források mondanivalójában. Ahogyan azt láthattuk, a projektekben értelmezett reálopciók nem tulajdonítanak kiemelt hangsúlyt az érték meghatározásra, megelégednek a projektekben foglalt rugalmasság kvalitatív közelítésével. Dolgozatom célja elsősorban annak a kérdésnek a vizsgálata, hogy a reálopció-elmélet képes-e az akkurátusabb beruházási döntéstámogatásra a villamosenergia-szektorbeli projektek kapcsán. Vagyis elengedhetetlennek tartom az egymással kölcsönhatásban lévő reálopciók, a reálopcióknak kvázi portfólió-szemlélet, a kvantifikálhatóságra fókuszáló vizsgálatát.
- ✓ Végül a projektekben foglalt reálopciók kapcsán véleményem szerint a projektekre értelmezett reálopciók tulajdonságának ellentmondó útfüggésre szintén a villamosenergia-szektor szolgáltatja a legtipikusabb példát. Egy kapacitás kiépítés kapcsán az adott er_m jövőbeli teljesítményét er_{sen} befolyásolja a jövőbeli villamos-energia használat. Amennyiben a kereslet magas akkor a beruházó kénytelen újabb beruházásokat eszközölni annak teljesítése érdekében. Vagyis a projektekben foglalt reálopció értékét egyéb tényezők jövőbeli alakulása befolyásolhatja.

A következőkben a fenti logika mentén, visszanyúlva a kapacitás tervezés során felvezetett fonalhoz, a reálopciók portfóliójának vizsgálatába kezdek.

4.5. Kapcsolat a portfólió elmélet és a reálopciók teória között

Mind a portfólió-elmélet, mind a reálopciók teória a kockázatot az eszközökből származó hozamok varianciájaként karakterizálja. A portfólió-elmélet esetében a kockázatot az adott hozam mellett minimalizálják, vagy a hozamot maximalizálják adott kockázati szint mellett azzal, hogy eltérő kockázati tulajdonságokkal rendelkező eszközöket kombinálnak diverzifikált portfólióba. A reálopciók teória optimalizálja a befektetéseket a jövőbeli

bizonytalan kimenetekre alapozva azzal, hogy figyelembe veszi a menedzseri flexibilitást a döntéshozatal során.

A portfólió-elmélet lényegében a CAPM modellel azonos alapfeltevésekre épül, vagyis a befektetett adott eszközöknek a teljes portfólió kockázat-hozam profiljához való hozzájárulása érdekl. A portfólió-elmélet feltevése konkrét piaci szektorra (esetünkben a villamos-energia ágazatra) is alkalmazható, a piac egésze helyett. Az e mögötti ráció az, hogy a t kebefektetőkön kívül vannak piaci szereplők, amelyeket befolyásol a villamos-energia árak kockázata. Ha a piacok tökéletesek lennének, akkor mindez nem számítana, hiszen az ellátás-biztonsághoz hasonló egyéni preferenciák és stratégiai megfontolások beépülnének a piaci árakba. Mivel a piacok nem tökéletesek, így a részvényt piacok nem viselik szükségszerűen az árvolatilitás teljes költségét.

A portfólió-elmélet alkalmas iparági szinten a villamos-energia összetétel azon portfólióinak azonosítására, amelyek valamilyen szempontból optimálisak (vagyis megfelelnek a hatékony határvonal feltételeinek, vagyis adott kockázati kitétség mellett minimalizálják) a kockázatot. Azonosíthatók azok a szituációk, amikor a villamos-energia összetétel kockázat-hozam szempontból szub-optimális, vagy amikor a villamosenergia-portfólió összetételének megváltoztatására irányuló kezdeményezések a teljes portfólió kockázat-megtérülés karakterisztikáját nem javítják. Ezek az optimális összetételtől való eltérések externáliaként értelmezendők, melyeket a piaci felépítmény nem képes megfelelően kezelni, s amelyek a szabályalkotói beavatkozás tipikus területei.

A kérdés itt nem is igazán az optimális összetétel „*top-down*” definiálása, hanem a bizonytalansággal, ám egyben a flexibilitással is, szembeállított befektetési döntések ösztönzőinek-mozgatóinak „*bottom-up*” megértése. Mindez a szabályalkotók érdeke lesz, akik szeretnék megérteni, hogy a vállalatok miként reagálnak a bizonytalan piaci körülményekre vagy a bizonytalan szabályozói ösztönökre.

4.6. A reáleszközök portfólió-elmélete

Csaknem másfél évtizeddel az első átfogó szakirodalmi hivatkozások megjelenését követően (Dixit – Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996) a reálopció-elmélet mára jól kidolgozott széles körben elfogadott elméletté n tte ki magát az egyedi projektértékelés szintjén. Bár az ugyanazon eszközre irányuló reálopciók kölcsönhatásának vizsgálatával már Brennan és Schwartz (1985), Kulatilaka (1995), valamint Dixit és Pindyck (2000)

munkáiban is találkozhatunk, a portfólió-elmélet reálopció-s görcs alá vétele, vagyis különböző reáleszközökre irányuló opciók közötti kölcsönhatás azonosítására és számszerűsítésére koncentráló kutatási irányvonal a mai napig háttérbe szorult. Egy konkrét beruházási lehetőség értékelése egy kockázatos világban azonban figyelembe kell, hogy vegye az adott lehetőség sztochasztikus korrelációját minden egyéb lehetőséggel. Mindez azt jelenti, hogy egy optimális globális stratégiára csak akkor leljünk, ha minden releváns alternatívát szimultán figyelembe veszünk (Franke - Hax, 1998).

4.6.1. Kiindulási keretrendszer

Amennyiben egy szakember a reálopció-elméletet használja fel beruházási döntése során, nem egyetlen reálopciót vizsgál, hanem reálopciók sokaságát, vagyis reálopciók portfólióját. A reáleszközök esete a portfólió-elmélet feltevésénél **gazdagabb kiindulási keretrendszert** igényel, hiszen nem kisebb feladattal találjuk szembe magunkat a reáleszközök és a reáleszközökbe ágyazott reálopciók halmazának vizsgálatakor, mint a közöttük lévő kölcsönhatások megragadásának kényszere. Sok esetben többszörös, egymással kölcsönhatásban lévő összetett opciók léteznek, melyek ugyanarra az eszközre irányulnak.

Tanulási hatás A reálopciók portfólióját vizsgálva jelen van egy tanulási hatás a más eszközökre kifejtett információs spill-overek formájában. Dias (2006) a portfólió-elméletet, a korreláció szinergiában és tanulásban játszott szerepére hangsúlyt fektetve terjeszti ki a reálopciókra, amikor kőolaj-feltárási portfóliókat vizsgál. A portfólió szemlélet véleménye szerint lehet végezni a tanulási hatás szerepének, a két vagy több eszköz közötti szinergiának, valamint a halasztási opcióknak portfólió-tervezésre kifejtett következményeinek megértését. A tanulás itt azt jelenti, hogy egy opció lehívásával egy pozitív externáliát hozunk létre egy másik eszközre, úgy, hogy az első lehetőség kihasználása vonzóbbá vagy kevésbé vonzóvá teheti a másikat.

Szinergia hatás A reálopciók összességének vizsgálatával, azok szakaszos, illetve együttes lehívásával a létrejövő méret- és változatosság-gazdaságosság hatására egyfajta szinergiahatás érvényesül. A projektek oszthatatlansága, illetve egyéb gyakorlati szempontok (erőforrás kényszer) megkövetelnek egy adekvát intertemporális portfólió-erőforrás tervezést a reálopciók optimális lehívásának megvalósítása érdekében. A problémát tovább bonyolítják többek között az ügynök kérdések, úgymint a vállalatvezetők ösztönzése az optimális portfólió menedzselésére; vagy a más vállalkozásokkal való

stratégiai kölcsönhatások kérdése (játék-elmélet) (Dias, 2006). Két reálopció közötti szinergia szerint az egyesített reálopció érték nagyobb, mint az egyedi reálopciók értékek összege. Mindez azt jelenti, hogy például a kutatás-fejlesztési beruházásokat méret növeléssel egyesíthetjük a projektek közötti szinergia kiaknázása érdekében, növelve az egyesített fejlesztés reálopció értékét. A feltárási opció egy összetett reálopció, mivel a lehívás esetében, valamint a siker esetén egy újabb opciót kapunk, mégpedig a felfedezett olajmez feltárásának lehet ségét.

Érték-additivitás Els re a reálopciók érték-additivitását feltételezhetnénk, ahogyan a pénzügyi opcióknál, vagyis feltételezhetnénk, hogy általában az eszközök összességének értéke megegyezik az egyenként vett eszközök értékének összegével. Az elvet sikeresen alkalmazták korábban mind pénzügyi eszközökre, mind beruházási projektek értékelésénél, t költségvetési kérdésekben. Ez azonban téves feltételezés a reálopciók esetében. A pénzügyi opciók bizonyos mennyiség alaptermék elosztási jogait testesítik meg, mely alaptermékek értéke jellemz en független az opció létezését l magától. Ezzel szemben a reálopciók gyakran elválaszthatatlanul összekapcsolódnak az alaptermékkel, hiszen az alaptermék tulajdonjoga el feltétele az opció birtoklásának, és ezzel az opció lehívása hatással lesz az alaptermék értékére. Egy intuitív példa erre egy er m leállításának opciója. Amikor az opció lehívásra kerül, minden egyéb opció megsz nik, vagyis értéktelenné válik. Nyilvánvaló, hogy az érték-additivitás ebben az esetben nem teljesül, hiszen az opciók egymással kölcsönhatásban állnak.

Csupán néhány szerz foglalkozott az értékadditivitás elvének sérülésével a reálopciók esetében. A publikációk, kísérletek els sorban egy konkrét problémára koncentráltak, amikor nélkülözhetetlen volt kölcsönhatásokat figyelembe venniük, és nem explicite magát a kölcsönhatás jelenséget vizsgálták. Kiemelhet ezen munkák közül Trigeorgis (1993) és Kulatilaka (1995) munkája, akik vizsgálták az opciók közötti kölcsönhatást, és rávilágítottak, hogy egy projekten belül létez reálopciók sokaságát nem célszer külön értékelni. Kester (1993) a szakaszos termék bevezetés esetét vizsgálja (növekedési reálopció) mely szinergiákat, és tanulási hatást eredményezett. Childs et. al. (1998) két projektet vizsgáltak, melyek párhuzamosan fejleszthet ek, de közülük csak egy valósítható meg. Bár ezek a tanulmányok foglalkoztak a reálopciók portfóliójával, egyikük sem vizsgálta meg expliciten a reálopciók portfóliójának értékelési problémáját általánosságban³⁶.

A kiindulási helyzet tehát bonyolult számos alapul szolgáló termék, s több reálopció lehet ség hozzájuk kapcsolódóan. A következő kben ismertetem, hogy az egyedi reálopció elemzés mennyiben tér el a reálopciók portfóliójának elemzését l, illetve az azonosított kölcsönhatások strukturálására teszek kísérletet.

4.6.2. Diverzifikációs hatás

A Markowitz-féle portfólió szelekciós modell értelmében mindaddig, amíg nem létezik tökéletesen pozitív korreláció a vizsgált értékpapírok hozamai között, a kockázat diverzifikációval csökkenthet , vagyis a portfólió elemzés releváns paramétere a **kovariancia**. A finanszírozási döntésekt l távolodva, egy vállalat beruházási programja nem más, mint reáleszköz-beruházások halmaza, melyben a diverzifikáció releváns tényez lesz, hiszen a különálló projektek pénzáram profilja jellemz en nem tökéletesen pozitív **korrelációs kapcsolat**ot mutat. Amennyiben egy újabb projektet adunk a portfólióhoz, a portfólió aggregált kockázata jellemz en kisebb mértékben fog növekedni, mint a projekt különálló kockázata.

A reál beruházások általában hosszabb **élettartamúak**, mint egy év, így az új projektek értékelése csak akkor lehetséges, ha figyelembe vesszük egyidej leg az összes új projektet, valamint minden már üzembe helyezett projektet, konkrétan a jövő beli pénzáramaik közötti kovarianciát (sztochasztikus kapcsolat).

Vagyis kijelenthet , hogy a diverzifikáció a beruházások portfóliójának releváns portfólió aspektusa, analóg az értékpapír portfóliókhoz. A diverzifikációt egy kockázatkerül , a teljes vagyont a vállalatába befektet igazolt céljának tekinthetjük. Azonban amennyiben ez igaz volna, akkor a vállalat a befektet jének hasznosságát kellene, hogy maximalizálja, és nem annak piaci értékét. Ezért a piaci értékét maximalizáló vállalatot explicite feltételezzük. Ez a vállalat nem képes értéket teremteni a diverzifikációval, hiszen a részvényesei képesek saját személyes portfólióik diverzifikálására. Továbbá feltételezzük, hogy létezik a különálló projektek piaci értéke. Következésképpen tökéletes t kepiacot feltételezve, a hasonló projektek portfóliójának piaci értéke egyenl kell, hogy legyen az egyenkénti piaci értékek összegével (Bodie – Kane – Marcus, 1999).

Bár a diverzifikáció, implicite a m kódési opció nélküli önálló projektek piaci értékei közötti korreláció, nem tekinthet releváns portfólió-aspektusnak; **a reálopciók esetében a**

korreláció relevánsá válik akkor, amikor a különálló projektek és a m kódési opciók egyesítésével létrejövő új piaci értéket vizsgáljuk.

4.6.3. Közvetlen kvalitatív kölcsönhatások

Betge (1995) osztályozása alapján a közvetlen kvalitatív kölcsönhatások azok a kapcsolatok, melyek eredete a beruházási tervben³⁷, vagy a már üzembe helyezett, de továbbra is pénzáramot generáló beruházások kölcsönhatásaiban keresend. A direkt kvalitatív kölcsönhatások nem sztochasztikus kapcsolatokról származnak, hanem a projekt fizikai tulajdonságaiból. Vagyis a diverzifikációval ellentétben ezek semmiképpen sem hagyhatóak figyelmen kívül.

Az azonos technikai tulajdonságokkal és funkcióval rendelkező projekteket egymást kölcsönösen kizáró projekteknek tekintjük, melyek a közvetlen kvalitatív kapcsolat szempontjából **egymást szigorúan helyettesít**nek minősülnek. Egy termékvonala esetében egy adott projekt megkövetelheti egyidejűleg egyéb projektek azonos idejű létezését, ezeket nevezzük beruházási értelemben egymástól függő, a kvalitatív kapcsolat szempontjából **egymást szigorúan kiegészít**ő projekteknek.

A való élet azonban ezen két véglet mellett természetesen megtalálható a köztes, átmeneti kapcsolatokat is létrehozhat. **Fokozatos kapcsolatnak** tekintjük, amikor egy projekt pénzáram profilját pozitívan és/vagy negatívan befolyásolja más projektek létezése. Pozitív fokozatos kölcsönhatás áll fenn például egy olyan termék esetében, melynek termelékenysége növekszik a többi termékkel való szinergia folytán. Ezek a kölcsönhatások lehetnek kölcsönösök vagy csupán egyirányúak. Kölcsönhatás jön létre két termék között, amennyiben mindkettő elnyeri a szinergia által, illetve egyirányú a kapcsolat, amikor a két termék közül az egyiket egyáltalán nem befolyásolja a másik létezése. Természetesen egyéb kombinációk is elképzelhetők, úgy mint két terméknek az esete, ahol az egyiket pozitívan, a másikat negatívan érinti a másik létezése.

Összefoglalóan ezek a kölcsönhatások befolyásolhatják a projektek profitabilitását, illetve azok megvalósíthatóságát egyaránt. Természetesen, ahogyan azt a beruházás-elmélet irodalmából megismerhettük, elfordulhat, hogy a projektek között nem érvényesül semmiféle kölcsönhatás, ebben az esetben **egymástól független** beruházásokról beszélünk. A következőkben igazodva Hax (1985) feltevéseihez csupán az egymást szigorúan

kiegészít projektekre koncentrálok, hiszen a kölcsönhatás vizsgálatoknak szigorú értelemben csupán ezen projektek esetében van értéke.

4.6.4. Indirekt kvalitatív kölcsönhatás

A kölcsönhatásnak ez a fajtája kvalitatívnak tekinthető, mert nem sztochasztikus kapcsolatok következménye. Közvetett, mert olyan általános körülmények és korlátok eredménye, melyek nem szükségszerűen velejárok a beruházási projekteknek, és ezért elkerülhetőek lehetnek, például további finanszírozási források felkutatásával (Brosch, 2001).

A közvetett kvalitatív kölcsönhatás az erőforrások közötti összehangoltság hiányából fakadó kvalitatív kölcsönhatásokat fedeli le. Az erőforrások tökéletes harmonizációjának hiányában a korlátos erőforrásokért versenyző projektek, valamint e verseny következtében létrejövő kölcsönhatások akár egyetlen erőforrás kiterjesztésévé válását eredményezhetik. Ezek a kölcsönhatások (korlátos erőforrások, költségvetési korlát) meghaladják a beruházási tervezési hatáskörét. A korlátos finanszírozási erőforrások következtében nem minden projekt támogatható.

Ebben a kontextusban a korlátos finanszírozási források azonosak bármely más tervben értelmezett költségvel³⁸. A közvetett kvalitatív kölcsönhatásokból eredő portfólió aspektus relevanciája a szakirodalmi forrásokban sem egyértelmű. Egyrészt amennyiben korlátos terveket feltételezünk, a jelenlegi tervek közötti dinamika (kölcsönhatások), a beruházási alternatívák, valamint a jövőbeni tervek együttes modellezésére vállalkozunk, mely meghaladja a dolgozat kereteit. Másrészt az amúgy tökéletes világban is csak nehezen leírható közvetett kölcsönhatások eredhetnek a releváns piacok sűrűlódásából, vagy a vállalat önkéntesen vállalt szervezeti kialakításából (Trigeorgis, 1996). Ezeket vagy megkíséreljük közelíteni, melynek nehézsége általában szub-optimális eredményekhez vezet, vagy eltekintünk a létezésüktől, tehát irrelevánsnak minősítjük őket. A következőkben a modellezési feladat komplexitásának egyszerűsítése érdekében az utóbbi utat választottam, és eltekintek a közvetett kvalitatív kölcsönhatások vizsgálatától.

4.6.5. Az opciók közötti kölcsönhatások

Ahhoz, hogy megértsük az opciók közötti kölcsönhatást, vegyünk két európai típusú reálopciót ugyanarra az alaptermékre, különböző lejáratokkal. A rövidebb futamidővel

rendelkez reálopció az els opció, míg a kés bb lejáró a második. A két opció értékelése egy id pontban kell, hogy megtörténjen, azonban a két opcióra kifejtett értékhatás, statikus módon külön-külön is kimutatható (Trigeorgis, 1993; Culik, 2010)).

Amennyiben bevonjuk az elemzésbe a második opciót, az els opció értéke módosulni fog, hiszen az alaptermékének értéke már nem csupán egy reália értéke, de annak a második opció értékével növelt értéke. Mivel az opció-érték sosem lehet negatív, az alaptermék értéke vagy változatlan lesz, vagy nagyobb a második opcióval. Amennyiben az els opció egy vételi (eladási) opció, az értéke növekedni (csökkenni) fog a második opcióval. Vagyis például egy növekedési opció értéke növekedni fog amennyiben a második opció egy elvetési opció. Mindez könnyen elfogadható: a második opció tekinthet kvázi biztosításként a jövő beli negatív kimenetekkel szemben, így a döntéshozó minden egyéb tényez változatlansága mellett nagyobb hajlandóságot mutat a növekedési opció lehívására. Következésképpen *az els opció csupán akkor árazható be, ha a második opciót is figyelembe vettük.*

Az els opció lehívása módosíthatja az alaptermékét, és annak értékét, mely egyben a második opció alapterméke. Ezzel a módosítással el fordulhat, hogy a növekedési opció lehívását követ en kevésbé valószínű válik a második, elvetési opció lehívása, vagyis a második opció értéke csökkenni fog. Mindez azt mutatja, hogy *a második opció nem árazható be az els figyelembe vétele nélkül.*

Mivel mindkét opció befolyásolja a másikat, szimultán kell árazni ket: az els vételi opció értéke növekszik a második, eladási opció értékével, ugyanakkor ahhoz, hogy beárazzuk a vételi opciót, szükségünk van az eladási opcióra, vice versa. A negatív kölcsönhatás extrém esete lehet, amikor a portfólió értéke megegyezik a legértékesebb, izolált opció értékével. Végül az is elképzelhet , hogy egyáltalán nincs is kölcsönhatás a vizsgált opciók között. Amennyiben több mint két opció létezik ugyanarra az alaptermékre vonatkozóan, a probléma még komplexebbé válik, ugyanakkor a kölcsönhatás alapelvei változatlanok maradnak: az opciókat egyidej leg kell árazni.

Mindez azonos egy összetett opció esetével, egy opcióval az opcióra, ahol az els opció alapterméke a második opció. Egyértelm , hogy ebben az esetben az opciók szimultán árazására van szükség: a kötési ár a szükséges árazási input, és itt a kötési ár megegyezik a másik opció ismeretlen értékével. Ugyanakkor a fent ismertetett reálopciók jellemz k és az

összetett opció közötti *analógia nem egyértelmű*, mivel a leírt reálopciók nem csak akkor keletkeznek, ha egy másik opció lehívásra került.

4.6.6. A reálopciók közötti korreláció

Ahogy az a 4.6.2. fejezetben láthattuk, a különálló projektek piaci értéke közötti korreláció irreleváns tényező, hiszen a lehetséges diverzifikáció nem képes az értékteremtésre. A célunk egy olyan új piaci érték meghatározása, melyet a különálló projektek kombinálásával érünk el, és ezen új és a régi piaci érték közötti különbség az értékteremtés mértéke.

Egy különálló projekt valamint egy reálopció az opciós keretrendszerben mint összetett opciók árazódnak. Most vegyünk egynél több projektet. Amennyiben ezek a projektek teljesen függetlenek egymástól, akkor természetesen a projekt értékek közötti korreláció irreleváns. Ezzel szemben amennyiben ezek a projektek bárminem kölcsönhatásban állnak, és ezáltal ahogyan az a 4.6.5. fejezetben láttuk szimultán árazandóak, akkor a korreláció fontossá válik. Amennyiben több projektet értékelünk, az adott alaptermékek értékének több sztochasztikus folyamata modellezendő, beleértve az azok közötti korrelációt is. Az értékelésnek figyelembe kell vennie, hogy ezek a folyamatok hogyan mozognak együtt, mindez analóg a standard pénzügyi összetett opciók árazásával.

Általánosságban a korreláció lehet konstans vagy időben változó, a reálopciók lehívásától függően. Fontos megjegyeznünk, hogy a korreláció lehet egyfajta mellékhatás, illetve az is elképzelhető, hogy létezik egy olyan reálopció, melynek egyetlen célja a korreláció befolyásolása. Ez az eset áll fenn akkor, amikor a reálopció lehívásával a projekt értékvolatilitása az alaptermék értékével szemben változik, így ez az opció lényegében az ármozgásokra reagálást szolgálja. Erre tipikus példa lehet a kettős futóanyagú ermetese (Kulatilaka, 1993).

4.7. Reálopciók az energia-szektorban

Ezen a ponton a fejezet bevezetőjében feltett kérdést fordítva teszem fel. A villamosenergia-szektor beruházásainak, a kapacitás tervezésnek mely karakterisztikái teszik azt különösen érdekes területté a reálopció-elmélet számára?
A bizonytalanság áthatja a legtöbb iparág befektetési döntéseit, melynek beruházási döntési folyamatba foglalásával, megragadásával, számszerűsítésével, ahogyan azt a

korábbiakban láttuk, számos egyéb módszer is kísérletezett, több kevesebb sikerrel a villamos-energia kapacitás tervezés során. *A szektort a beruházásokat körülvevő jelentős mértékű bizonytalanságnak, valamint a magas elsüllyedt költségek és a beruházás időzítésének rugalmassága közötti interakció kombinálásában rejlik potenciál együttesen teszi különösen érdekes területté a reálopció-elmélet számára.*

Az energia-szektor számos vagyoneleme, úgy mint a feltáratlan kőolaj-mezők, az erőművek, a villamos-energia átviteli hálózat, a gáztárolók modellezhető reálopciók segítségével. Egy energia eszköz reálopció értékelése nem más, mint az eszköz hasznos élettartam alatti működésének optimalizálása. A reálopció-elmélet nem csupán a működési rugalmasság értékét képes meghatározni, amire egyébként a hagyományos DCF módszerek nem képesek, de az aktuális piaci körülmények függvényében az optimális működési menetére is javaslatot tesz. Az energia termelő eszközök és beruházások rugalmasságát figyelembe véve az energia eszközbe történő befektetés lehetősége lényegében egy összetett opció a rugalmas eszközökre. A gyakorlatban találunk példát mind a növekedési, mind a biztosítási és tanulási reálopciókra. *(Az energia-szektor releváns forrásainak összefoglalását a 2. számú melléklet mutatja).*

Összességében az áttekintett források alapján a reálopció-elmélet villamosenergia-szektoron belüli alkalmazásának célja kettős, egyrészt az eszközértékelés, másrészt a beruházási döntéshozatal, mely irányulhat a termelés rövid távú működési menetrendjére, valamint a hosszú távú beruházási stratégiára egyaránt.

4.7.1. Korai reálopció alkalmazások az energia szektorban

A reálopció-elmélet villamosenergia-szektoron belüli alkalmazását **az egyedi beruházások szintjén** számos szerző vizsgálta a korábbiakban (Gitelman, 2002; Roques, 2008; Frayer et. al., 2001). A korai reálopció források leginkább az energia ellátási lánc első szakaszára, a kitermelési szakaszra, ezen belül is elsősorban a természeti erőforrásokba irányuló beruházások értékelésére koncentráltak, különösen a kőolaj, valamint földgáz kitermelésre szakosodott feltörekvő iparágakra. Ebben a szellemben születtek meg a terület releváns, mára klasszikussá váló munkái (Paddock és tsai, 1988; Brennan – Schwartz, 1988; Pickles – Smith, 1993; Dias, 2004).

A kőolaj feltárási és kitermelési jogok gyakran a kormányok között cserélnek gazdát. Az egyes piaci szereplők kénytelenek szembenézni azzal a kockázattal, hogy esetleg túl sokat

fizettek a megszerzett vagyonért, vagy túl alacsony összegért értékesítették azt. A magas tranzakciós gyakoriság és a hatalmas beruházási összegek a k olaj tulajdonok esetében pontos és megbízható értékelési módszereket követelnek meg. Ezért a petróleum javak pontos értékelésének képessége kritikus pontja a k olaj és földgáz termel k pénzügyi sikerének. A k olaj és földgáz javak értékelése a fenyeget bizonytalansági tényez k következtében nem egyszer feladat. A k olaj és földgáz mez kbe irányuló beruházásokra tekinthetünk úgy, mint szekvenciális fázisokkal rendelkező szakaszos reálopciókra. Ezeket a szekvenciális reálopciókat együtt az egyes szakaszokban hozott beruházási döntésekkel a következő táblázat szemlélteti.

8. táblázat Szakaszos reálopciók a villamosenergia-termelés kitermelési fázisában

Szakasz	K olaj/földgáz eszköz	Beágyazott opció(k)
Feltárás	Kockázatos mez	Feltárási opció - <i>lehívás</i>
Értékelés	Körül nem határolt mez	Növekedési opció - <i>lehívás</i>
Fejlesztés	Feltáratlan tartalékok	Fejlesztési/halasztási opció - <i>lehívás</i>
Termelés	Termel tartalékok	B vitési/Ideiglenes leállási opció/Elvetési opció - <i>lehívás</i>

Forrás: Saját szerkesztés

A feltérési szakaszokban a menedzserek arról döntenek, hogy végrehajtsák-e a kockázatos fúrásokat. A feltérési kiadások relatíve kis összeg ek, így a legtöbb esetben optimális a feltérési opció lehívása. A sikeres fúrások esetében, vagyis amennyiben k olajat vagy földgázt találnak, a vállalat rendelkezik a körül nem határolt mez be, valamint további 3D-s szeizmikus tesztekbe irányuló beruházás lehet ségével, annak érdekében, hogy több információt szerezzenek a tartalék méretér l és min ségér l. Ezek a tevékenységek a második fázis tevékenységei - az értékelési fázisé. Amennyiben kecséget kilátást mutatnak a tartalékokról a feltért információk, a vállalat lehívhatja fejlesztési opcióját nagy volumen beruházási összegek eszközésével a fejlesztési fázisban. Ellenkez esetben a vállalat leállhat a projekttel a fejlesztési jogok feladásával vagy várhat további kedvez bb információk felszínre kerüléséig. Az opciós érték, különösen a halasztás opciójának értéke ebben a fázisban fontos az eszközölt hatalmas t kekiadások folytán. A tartalékok termelési fázisa alatt a vállalat rendelkezik olyan m ködési opciókkal, mint a termelés b vítésének opciója, a termelés ideiglenes leállításának opciója, és az elvetés opciója.

A teljes folyamatra tekinthetünk úgy, mint egy összetett opcióra, ahol a kés bbi fázisok opciós döntései függnnek a megelőző fázisok opcióinak lehívásától. Hogy egyszer sítsük a problémát gyakran csak egy, a beruházási lehet ség értékét leginkább meghatározó

konkrét opciós típusra koncentrálunk. A gyakorlatban ez a reálopció a legtöbbször a fejlesztési opció³⁹. Azzal, hogy csupán erre az opcióra fókuszálunk, mindössze közelítjük a problémát azzal a feltevéssel, hogy a többi opció a projekten belül ignorálható.

4.7.2. Reálopciók a villamosenergia-szektorban

Az energia szektor következő reálopciók alkalmazásai a **villamos-energia piacokra** koncentráltak. A deregulált és környezeti kényszerek által sújtott villamos-energia piacok beruházóit fenyeget bizonytalansági források számának emelkedésével, azok piaci szempontból, nem csupán a bizonytalan fogyasztói keresletnek kitéttek, de a fluktuáló azonnali és határidős villamos-energia áraknak egyaránt. A tradicionális DCF-elemzés alapján az alacsony marginális költség termékek felépítése javasolt, még abban az esetben is, ha az alternatív projektek jelentős opcionalitást mutatnak. A reálopciók elmélet alkalmazása révén, a flexibilitás figyelembe vételével ez a hiba elkerülhető. Gitelman (2002), valamint Frayer et al. (2001) a reálopció-elméletet különösen az alacsony terhelésű, rugalmas villamos-energia eszközök (gáztüzelésű csúcstermék, megújuló energiaforrás alapú technológiák) esetében tartják hatékonyan alkalmazhatónak, azzal érvelve, hogy ezek a kapacitások akár el is veszíthetnék az opcionalitás figyelmen kívül hagyásával reálértékük jelentős részét.

4.7.2.1. A technológiai bizonytalanság kezelése reálopciókkal

A gyakorlatban a **termelési technológia beruházásokra többszörös és független reálopciók egyaránt jellemzők**. Egy termelési jellemzően a következő rugalmasságokkal rendelkezik: Az termelési ködtet egyrészt rugalmasan képes kiejánlani a termelt villamosenergiát az output piacra; rugalmasan képes ütemezni a karbantartási és átvizsgálási leállásokat, illetve kiadásokat; képes rugalmasan kezelni a hasznos élettartamot pótlólagos eszközberuházásokkal, az termelési életciklus b vítésével; végül a kibocsátási kvótákkal szabadon kereskedhet, mellyel szintén rugalmasan képes alakítani pénzáramait.

A technológiai beruházásokba ágyazott reálopciók lehetővé teszik a menedzsment számára, hogy olyan racionális, érték növelő, kockázatcsökkent intézkedéseket hozzanak, amelyek elnyösen befolyásolhatják a beruházás termelési jellemzőit az időzítést, a kiterjedést és a hatáskört illetően. A reálopciók alkalmazást gondosan meg kell tervezni, és minden beruházáshoz külön, a körülményekhez igazítva kialakítani, így lehetővé téve a

döntéshozók számára a különböző reálopciók kiterjedésének és relatív fontosságának megítélését. A vállalkozások általában kétféle technológiai opcióba fektetnek: **növekedési (stratégiai) reálopcióba** és **biztosítási (termelés-rugalmassági) reálopcióba** (lásd 9. számú táblázat).

9. táblázat Bizonytalanság és reálopciók a villamosenergia-szektorban

BIZONYTALANSÁG / REÁLOPCIÓK		Növekedési reálopció	Biztosítási reálopciók			Tanulási reálopciók			
			Méretezési reálopció	Váltási reálopció	Leállítási / újraindítási reálopció	Halasztási reálopció	Elvetési reálopció	Szakaszos reálopció	Feltárási reálopció
Hosszú távú	Technológiai	X	X	X	X	X	X	X	X
	Gazdasági	Piaci	X	X		X	X	X	X
		Pénzügyi				X		X	X
		Költség			X	X	X	X	X
	Szabályozási	Politikai/jogszabályi				X	X	X	
		Piaci szerkezet			X	X			
Engedélyezési					X				
Rövid	Erőforrás		X		X			X	
	Időjárás, földrajzi			X	X				

Forrás: Saját szerkesztés

A technológiai beruházások volumenét mindig az üzleti növekedési stratégiához igazítják. Vegyünk példának egy vállalkozást, amelynek üzleti stratégiája az agresszív terjeszkedés. Egy sikeres terjeszkedés megnövelheti az értékteremtési lánc átmenet tranzakció-forgalmát. A piaci siker bekövetkeztének időpontja és nagysága azonban bizonytalan. A reálopció-elmélet támogatja a döntéshozókat a kapacitásbővítésében azzal, hogy összekapcsolja a beruházások értékét a lehetséges jövőbeni forgatókönyvek különböző változataival, továbbá azonosítja a kulcsfontosságú paraméter-variációk legfontosabb mérföldköveit, melyek jelzik, mikor léphet a terjeszkedés a következő szintre. Ezek a **növekedési reálopciók** általában olyan beruházásokból származnak, melyek célja alapvetően technológiák kifejlesztése, vagy tapasztalatszerzés (**tanulási reálopciók**) ígéretes, később akár a szervezeti képességek meghatározójává váló technológiák terén.

A **biztosítási, a termelés rugalmasságából adódó reálopciók** olyan technológiai beruházásokra jellemzők, melyek közvetlenül mérhető eredményeket produkálnak. A rugalmas stratégia lehetővé teszi a beruházó számára, hogy könnyebben és gyorsabban

változtassa termékjellemz it vagy szolgáltatási összetételét, azért hogy a változó piaci körülményekhez alkalmazkodhasson. A flexibilis termelési rendszerekbe való beruházás klasszikus példája annak, amikor későbbi időpontokban érvényes termék- és termelés rugalmassági opciókat teremtenek a termékösszetétel és a termelés áteresztő képességének vonatkozásában.

A reálopciók alkalmazása révén a szolgáltatók rendelkezhetnek a legalacsonyabb teljes életciklus költséggel rendelkező termelési egység villamosenergia-termelésbe vonásának, illetve szükség esetén a csúcserőművek beindításának lehetőségével. A csúcserőművek tulajdonosai bekapcsolják, majd leállítják az általuk üzemeltetett erőművet, reagálva a villamosenergia- és a tüzelőanyag árak közötti különbségre. Az erőmű flexibilitásnak ezen fajtáját *spark spread*⁴⁰ opciónak nevezzük.

Egy konkrét üzemanyag égetésével létrejövő villamos-energia előállításának lehetőségét "*spark spread*" opciónak nevezzük. A *spark spread* nem más, mint a villamos-energia ára mínusz az egységnyi fogyasztása, valamint az üzemanyagár. Egy termál-erőmű értéke modellezhető az erőmű hasznos élettartama alatt egy *spark spread* vételi opció sorozat értékének összegeként (Deng és tsai, 2001; Gardner – Zhunag, 2000; Ronn, 2002).

A *spark spread* opciók mellett számos **egyéb flexibilitás** létezik, melyek szignifikáns relevanciával bírhatnak egy villamosenergia-termelés számára. Egy termál-erőmű például azonnal egyéb módosítási rugalmasságokkal is jellemezhető. Az IGCC⁴¹ termál-erőmű esetében a módosított üzemanyag váltás lehetőségével, mely egy váltási reálopciónak tekinthető. Az üzemanyag váltási reálopció értéke kalkulálható a Kulatilaka (1993) által bevezetett módszerrel, amely során a két üzemanyag árának hányadosát használjuk fel új állapot változóként a probléma egyszeri eldöntése érdekében. A CHP⁴² erőmű esetében a módosított kimenetek - hő és villamosenergia-összetételét, vagyis a kimeneti mix-et, mely erőmű értékeléséhez felhasználhatjuk a költséggel korrigált villamos-energia árak közötti *spark spread* opciót. Sok egyéb eszköz rendelkezik, illetve magában foglalja a fentiekhez hasonló menedzseri flexibilitást, és ezáltal reálopciókat.

A villamos-energia nem tárolhatósága, valamint a fogyasztók véletlenszerűen jelentkező túl- illetve alul-fogyasztása megköveteli a termelési kapacitásra való aktív reagálást. Emellett fel kell készülniük a feszültség vagy frekvencia támogatásra a villamosáramminőségnek megfelelő szintre zuhanása esetén. A szabályozott piacokon forgótartalékok⁴³ és rendszerszintű szolgáltatásokat⁴⁴ tartalmaznak a rendszerkapacitási

díjak. A versenypiacokon a termelők dönthetnek afelől, hogy nyújtanak-e rendszerszint szolgáltatásokat, illetve hogy gyártanak-e egyáltalán villamosenergiát. Ez a spread opcióknak egy következő fajtája, mely a rendszerszint szolgáltatások ára, valamint a spark spread opció ára között jön létre (He, 2007).

A víztermelés mellett egyéb, elsősorban rövid távú bizonytalanságokkal is kénytelenek szembe nézni (csapadékmennyiség), ugyanakkor nagyobb rugalmassággal gazdálkodnak. A víz egy tározóban tárolható, elraktározható árunak minősül, és azonnal villamosenergiává alakítható. A víztermelés mellett képes lehet a nagyobb értékteremtésre a vízszint megfelelő menedzselésével, dönthet arról, hogy egyáltalán termeljen-e a turbinákat, illetve mikor, mennyi villamosenergiát termeljen (Abadie – Chamorro, 2006).

4.7.2.2. A szabályozási bizonytalanság kezelése reálopciókkal

Electric Power Research Institute (EPRI, 1999) által végzett elemzés koncentrált elször teljes egészében a szabályozói bizonytalanság hatásaira, illetve azok kezelési lehetőségeire. Ishii és Yan (2004) a szabályozói bizonytalanságnak az amerikai beruházási rátára kifejtett hatásának ismertetésére törekedett, míg a rövid távú szabályozás-tervezés területén a reálopciókat többek között Tseng és Barz (2002) és Hlowskova et. al. (2005) alkalmazták.

A szabályozási bizonytalanság kezelésére elsősorban a tanulási reálopciók alkalmazhatóak, ezek közül is a gyakorlatban leggyakrabban a várakozási, valamint az elvetési opció bevetése terjedt el. A következőkben **termelési, beruházói oldalról** ismertetem a szabályozási bizonytalanság pozitív és negatív következményeinek azonos valószínűségét feltételezve a potenciális beruházói magatartásokat. Ezt követően a pozitív és negatív hatások terjedelmének, a szabályozási bizonytalanság mértékének illusztrálásaként a **szabályozók oldaláról végrehajtott**, a szabályozási politikára vonatkozó **reálopció elemzésbe** **kezdek**. Vagyis megvizsgálom a szabályozási bizonytalanság beruházásokra kifejtett hatásait, a várható szabályozói bizonytalanságról t -dik időpontban beszerezhető információkra várakozás gazdasági ésszerűségét (IEA, 2007b). A várakozással beszerezhető információ kiterjedhet új szabályok bevezetésére, vagy egy meglévő szabály új szakaszának életbelépésére, melynek hatása lehet pozitív és/vagy negatív egyaránt, de mindenképpen hatással lesz a projekt pénzügyi kimenetére. Az egyszerűség érdekében a pozitív és negatív hatás valószínűségét azonosnak feltételezzük, így a várható érték nem módosul. Egy vállalkozásnak a hagyományos szemlélet szerint a szabályozási

bizonytalanságra reagálva két lehetőség van, választania kell az azonnali beruházás vagy a beruházás elvetése közül. Ebben az esetben amennyiben a projekt várható nettó jelenértéke pozitív, a beruházó a jövőbeni bizonytalanság ellenére a beruházás megvalósítását választja (nem kockázatkérül befektetést feltételezve).

Amennyiben egy beruházó rendelkezik a beruházási időzítésének rugalmasságával, pénzügyi elnyel járhat várakozni a beruházással, az új szabályok projekthatásaira vonatkozó információk elérhetővé válásáig, az értékromboló projekt elkerüléséig. A várakozási opció értéke figyelembe kell hogy vegye, a várakozás használdozati költsége (*a várakozási opció futamideje alatt, a várakozásig felmerülő bevételekről való lemondás*) mellett, a várható projektérték növekedésének lehetőségét.

Minél nagyobb a bizonytalanság terjedelme és minél kisebb a várakozás futamideje, annál nagyobb lesz a reálopció értéke. Annak érdekében, hogy a vállalat az azonnali beruházást válassza a várakozás lehetőség helyett, ez az opcióérték vissza kell, hogy tükrözdjön a projektértékben, vagyis az azonnali beruházás várható értékének növekednie kell a várakozás értékét leküzdendő. Másképpen közelítve a problémát, amennyiben a „most, vagy soha” jellegű projektértékelés értékteremtésének mértéke elegendően nagy a várakozás költsége képest, akkor a várakozás használdozati költsége ellensúlyozza a várakozás értékét. A várakozás opciós értéke ezért egy addicionális pénzügyi küszöböt hoz létre, melyet a projektnek át kell lépnie az azonnali beruházás jogosságát igazolandó.

A villamosenergia-termelési technológiába irányuló beruházási intézkedések, ösztönzők tervezésekor a szabályozók figyelembe kell, hogy vegyék az adott technológia életciklusát, piaci versenyképességét, jövőbeli fejlesztési lehetőségeit, fejlesztési potenciálját, valamint azok társadalmi elfogadottságának mértékét, kiválasztva a promócióra leginkább alkalmas technológiákat. A tradicionális fosszilis energiaforrás alapú termelési technológiáknál kevésbé érett megújuló termelési technológiák több kormányzati támogatást igényelnek a villamosenergia-termelési költségek csökkentéséhez. Mivel a megújuló energiaforrás alapú technológiák nem rendelkeznek azokkal a gazdasági ösztönzőkkel, melyek képesek volnának a magánbefektetők vonzására, ezért a kezdeti fejlesztési időszakban a szabályozóknak segítséget kell nyújtani az érdekeltek számára a beruházókat fenyegető bizonytalanság csökkentése, illetve az új technológiákat fejlesztő magánbefektetések indukálása érdekében.

Növekedési reálopciók Általában akkor születnek, amikor egy adott megújuló energiaforrás alapú technológia érettsége és a villamosenergia-termelés költségeinek versenyképessége a kormányzat által kitűzött célokat közelíti. A kormányzat az aktuális intézkedések bevitelét vagy azok folytatását igyekszik elérni, hogy az adott technológia önfenntartóvá válhasson.

Elvetési reálopciók A megújuló energiaforrás alapú technológia az érettség szakaszába jut és a termelési költségek versenyképessé válnak, illetve a kormányzati és szabályozási politika a célkitűzéseit elérte. A szabályozó visszavonja hatályos intézkedéseit és ösztönzi, megkönnyítve ezzel a technológiai fejlődést a kompetitív piacon.

Fejlesztési intézkedések összehúzója (méretezési reálopció) Ahogyan azt fent láttuk, amikor egy megújuló energiaforrás alapú villamosenergia-termelési technológia teljes életciklus költsége versenyképessé válik, a szabályozó csökkentheti a beruházási/használati támogatások mértékét. Amennyiben az adott technológia életciklusának növekedési fázisában van, a szabályozó folytathatja a beruházást, használatot ösztönző intézkedéseit, azonban amennyiben annak nyílt piaci fejlődése lehetővé vált, a beavatkozások, intézkedések és támogatások mértéke csökkenthető.

Fejlesztési intézkedések bevitelének (méretezési reálopció) Attól függetlenül, hogy egy megújuló energia termelési technológia kifejezetten csekély hatású beruházási ösztönzővel rendelkezik, illetve életciklusának mindössze kezdeti szakaszaiban jár, a szabályozók potenciálisan perspektivikusnak minősíthetik kompetitív környezeti-, energiabiztonsági, esetleg környezetvédelmi szempontból. Következésképpen a jövőbeli növekedés megkönnyítése érdekében a szabályozók a technológia elterjedését segítő beruházások, a magánbefektetők ösztönzését választja politikai irányzataként.

Váltási intézkedések Amennyiben a kormányzat a különféle megújuló energia termelési technológiák egyidejű fejlesztését tűzi ki célul, akkor minden egyes technológia jövőbeli kilátásait figyelembe kell vennie, valamint ki kell választani a támogatásban részesítendő technológiákat. A kormányzati intézkedések hatékonysága nő, ha a kormányzati erőforrások a perspektivikus technológiákat támogatják, akkor is, ha ezek köre, összetétele időben változó.

A fenti intézkedések felfoghatók a szabályozók villamosenergia-termelési technológiák fejlesztésére irányuló opció-elméletre alapozott terveiként. A szabályalkotóknak a

technológiák fejlesztését leghatékonyabban szolgáló opciós cselekedet mellett kell dönteniük. Ez a megközelítés lehet vé teszi, hogy a kormányzat fiskális er forrásait a leghatékonyabban alokálja, a szükségtelen társadalmi költségek elkerülése mellett Trigeorgis (1997).

4.7.2.4. A rövid távú bizonytalanság kezelése reálopciókkal

Egy vízer m m ködtet je rendelkezik a stratégiai m ködtetés opciójával, azzal, hogy tartalék készletét körözteti. A tartalék lehívható az azonnali energia termelési el nyeit kihasználva (a jelenlegi piaci ár alapján), vagy a termelés halasztható azzal a várakozással, hogy az árak magasabbak lesznek. Ugyanígy a tulajdonos rendelkezhet a kapacitás tartalékolás opciójával a m ködési tartalék megóvása céljából, vagy minden bevethet kapacitását az azonnali energia piacokra ajánlhatja. Erre a kapacitás tartalékolási stratégiára úgy tekinthetünk, mint a rendszerm ködtet szempontjából végzett vételi opció értékelésre, amikor is attól függetlenül, hogy a rendszerm ködtet érvényesíti-e az opciót vagy nem (vagyis aktiválja-e a tartalékot vagy sem) a termel megtarthatja az opciós prémiumot. Továbbá az er m karbantartásra költött megfelelő nagyságú pénzösszeg és a megfelelő hosszúságú leállási id ismétl d opciók, melyek befolyásolhatják a jöv beli termelési költségeket és az er m átfogó teljesítményét. Hasonló megközelítéssel, egy előreged er m leszerelésére vonatkozó döntés, vagy hasznos élettartamának növelését szolgáló jelent s t kekiadás kezdeményezése stratégiai opció, amely függ az er m teljesítményét l és a piaci kilátásoktól.

4.7.3. A reálopció-elmélet alkalmazási lehet sége a kapacitás tervezés során

A reálopcióknak **összetétel-optimalizálás, kapacitás tervezés területén alkalmazásának szakirodalma** korántsem tekinthet olyan gazdagnak, mint amit az egyedi, egymást kölcsönösen kizáró projektértékelés forrásainak áttekintése során tapasztalhatunk. Costello (2005) a reálopció elmélet alkalmazását a portfólió-teória hiányosságainak kiküszöbölése érdekében javasolja. Roques (2008) szerint a reálopció-elmélet elemzésbeli értéke szorosan kapcsolódik a flexibilitás birtokolhatóságához. A nagyobb rugalmasság biztosítása általában egyetlen termel -eszközre vonatkozik, s a portfólió rugalmasság mint egész figyelmen kívül marad. Gitelman (2002) támogatja a reálopció-elmélet alkalmazását az összetétel-vizsgálati kérdésekben, véleménye szerint a rendelkezésre álló beruházás-

értékelési eljárások közül a legtöbb belső információval rendelkező, legsokoldalúbb, és leginkább éleslátó elemzési eszköz, szemben a csupán a várható hozamra alapozott módszerek szub-optimális villamos-energia portfólió-javaslatával.

A reálopció-elmélet nem biztosítja a villamos-energia technológiák költségminimalizálási problémái szempontjából fontos karakterisztikák teljesülését, ugyanez vonatkozik a megbízhatóság és biztonság korlátozott kezelhetőségére. A reálopciók metodika – növekvő népszerűsége ellenére – az eszközértékelési problémák megoldásához nyújt csupán segítséget, a villamosenergia-ipari eszközök optimális portfóliójának kialakításához kevés iránymutatást ad. Míg a reálopció-elmélet elemzési eszközként népszerűségnek örvend a villamosenergia-szektorban, addig a portfólió optimalitás területén korlátozott értékkel bír.

4.8. A reálopciók módszertan alkalmazásának előnyei és hátrányai

4.8.1. Pénzügyi opciók versus reálopciók

A reálopció-elmélet ugyanazokon az alapelveken nyugszik, mint a pénzügyi opció-elmélet. A pénzügyi opciókhoz hasonlóan a reálopciók birtoklása szintén jog, és nem kötelesség, tehát olyan működési fedezeti mechanizmusok tulajdonosává válunk, melyek a rugalmasságot, a környezetre való aktív reagálás képességét viszik be a menedzseri eszköztárba azzal, hogy a pénzügyi termékeknél jelenlévő lehetőségeket fizikai eszközökre értelmezzük. A reálopciók azért értékesek, mivel rugalmasságot és lehetőségeket (potenciált) testesítenek meg. Azonban az a tény, hogy a reálopciók hasonlítanak a pénzügyi opciókhoz, nem jelenti azt, hogy teljesen azonosak velük.

A legnagyobb **különbség a pénzügyi opciók és a reálopciók között**, hogy míg a pénzügyi opciók pénzügyi instrumentumokra (értékpapír, deviza stb) kiírt, addig a reálopciók reáliákra, reál t. kezevekre szóló opciók (Kumar, 1999). Emellett a triviális különbség mellett az opcióanalógia reáliákra alkalmazásának problémáit formai, homályosodási, endogenitási eltérések okozzák.

A **formai különbséget** a pénzügyi- és reálopciók között elsősorban az opció tulajdonjogbeli, az alaptermék méretbeli és az opciók futamidejére vonatkozó eltérések okozzák. A pénzügyi opciókkal ellentétben a reálopciók tulajdonjoga sok esetben nem egyetlen beruházóhoz, egyetlen vállalathoz rendelhető, az *opció lehívásának kizárólagossága nem biztosított*. A konkurencia lépéseinek kiszámíthatatlansága növeli az

opciós kifizetések bizonytalanságát, illetve az opció futamidejének torzítását okozhatja. A pénzügyi opciókat piaci forgalomban lévő alaptermékerekre kötik, amelyek ára sosem lehet negatív. A reálopciók szerzők számára ritkán kötöttek, alaptermékük lehet fiktív, illetve éppen a vizsgált beruházás útján megvalósuló eszköz, melynek nyilvános piaca nem létezik, így *semmi sem garantálja, hogy az alaptermék ára ne legyen negatív*. A pénzügyi opciók konstrukciójukban viszonylag egyszerű értékpapírok, egyszerű lehívási árfolyammal. A reálopciók lehívási árfolyama ezzel szemben idővel változhat, akár véletlenszerűen is alakulhat. További problémát jelent, hogy sok esetben ugyanazon reálra több opciónak is alapterméke⁴⁵. Végül a pénzügyi opciók általában rövid futamidejű (kevesebb mint 1 év), míg a reálopciók hosszú távú, sok esetben lejárat nélküli opciók.

Az ún. **homályosodási problémát** egyrészt az okozza, hogy a reálopció alapterméke sok esetben nem figyelhető meg, nem létezik, esetleg az opció tárgyának kivitelezése közben kerül megvalósításra; illetve maga az alaptermék komplex, nehezen elhatárolható, más reálopciókkal való kölcsönhatást eredményez⁴⁶. A pénzügyi opciók jövője mindössze az alaptermékétől, és nem egyéb opcióktól függ. Tovább homályosítja a reálopciók világát az a jelenség, melynek kezelése érdekében többek között azokat létrehozták, mégpedig a jelentős számosságú bizonytalansági forrás jelenléte. Fennáll a veszélye, hogy a reálopció elemzés nem képes az összes bizonytalansági forrás figyelembe vételére, illetve leképezésére.

Az **endogenitás jelensége** a menedzsment, opciós értéket meghatározó faktorok (bizonytalansági tényezők, költségek, lejáratidő, verseny) befolyásolási képességére utal. Endogén bizonytalansági faktorok merülhetnek fel a potenciális versenytársakkal szembeni játékelméleti szituációkban. Ez az eltérés a pénzügyi opciókhoz képest nem korlátozza a reálopció-koncepció elméleti alapjait, viszont egy növekvő modell komplexitást eredményez (Pritsch, 2000).

Bár ahogyan az a fenti leírásból kiderül a reál- és pénzügyi opciók analógiája több területen is sérül, ez semmiképpen sem jelenti a reálopció-elmélet általános megkérdőjelezését, és elvetését. Ugyanakkor fel kell hívni a figyelmet az elméleti modell-helyesség, a modellelérhetőség, illetve a gyakorlati alkalmazást illetően kötendő, szükségszerű kompromisszumokra.

Bár a reálopció-elmélet nem vált a beruházás-elmélet általánosan elfogadott paradigmájává, a nagy horderejű, stratégiai jelentőségű kérdések döntéshozói számára

létfontosságú a reálopciók által nyújtott elnyök figyelembe vétele (Latimore, 2002). A reálopciók általános tulajdonságai:

- ❖ a bizonytalanság növekedésével a reálopciók értéke emelkedni fog;
- ❖ a nagy bizonytalanságú projekteket célszerű szakaszosan megvalósítani, hiszen egy viszonylag alacsony összeg kezdeti elkötelezés megteremtheti a menedzsment azon képességét, hogy az információgyűjtés és tanulás által felülemelkedjen a bizonytalanságon, így a nagyobb volumen beruházás megvalósíthatóvá válik az alacsonyabb bizonytalanságú jövőben.
- ❖ Az egyes projekt fázisokat, a szakaszos döntéshozatal tárgyait célszerű portfólióként vizsgálni. A projekt-portfólió átfogó eredménye az, ami végső soron számít, nem az egyes projekt-fázisok egyéni teljesítménye.
- ❖ A reálopciók megközelítés fel-, illetve elismeri, hogy a projekt elvetés igencsak alternatíva, amit a projekt indítás kezdetétől, a tervezési, értékelési szakasztól célszerű figyelembe venni. Egy projekt elvetése nem feltétlenül jelenti azt, hogy a konkrét projekt-team vallott kudarcot.
- ❖ A technológiai fejlesztések lehetővé teszik a leállított, felfüggesztett projektek újraindítását hónapok, akár évek múlva, mely lehetővé teszi némi kezdeti, viszonylag alacsony összeg pénzügyi elkötelezés nélkül akár örökre elveszne.
- ❖ Bár a reálopciók intuitíve vonzóak, a várt érték megvalósítása nehézkes. A reálopció pontos értékének megállapítása nem feltétlenül, ugyanakkor az értékmozgatók megértetése, számszerűsítése a hagyományos módszerekkel szemben kritikus, költséges eljárás.

5. AZ EMPIRIKUS KUTATÁS EREDMÉNYEI

Hipotéziseim vizsgálata során a kiválasztott 18 villamosenergia-termelési technológia kapacitás tervezéshez szükséges adatainak el állítását végeztem el els ként. A kapacitás tervezési eljárások alkalmazásának kiinduló pontja a diszkontált pénzáram módszerek közé tartozó teljes életciklus költség származtatása.

5.1. A teljes életciklus költség eljárás gyakorlati alkalmazása

A bizonytalansági tényez k figyelmen kívül hagyása ellenére az LCOE máig elfogadott, transzparens mér száma a termelési költségeknek, és széles körben alkalmazott módszere a különböz villamosenergia-termelési technológiák összehasonlításának. A következ kben bemutatom, hogy az összegy jtött input adatok alapján 18 villamos-energia el állítási technológia esetében milyen teljes termelési költség adatokat sikerült azonosítanom, a két elérhet kalkulációs módszer közül az annuitás típusú megközelítés választásával.

Az LCOE lényegében egyenl a diszkontált költségelemek összegének, valamint a diszkontált villamosenergia-termelés mennyiségének hányadosával. Amennyiben a villamos-energia ára megegyezik a technológia teljes életciklus költségének egységnyi outputra jutó értékével, egy beruházó befektetése pontosan visszatérül, sem értékteremtés, sem értékrombolás nem történik a beruházás kapcsán.

A teljes termelési költség módszer fenti kvalitatív leírását követ en a kvantitatív modell a következ képpen írható fel:

<p>2. képlet <i>A teljes életciklus költség számítása karbon költségek nélkül</i></p> $LCOE = \frac{\frac{BK}{t} \cdot \frac{(e^{-r \cdot 0} - e^{-r \cdot t})}{r} + \left[(OMFC + \frac{OMVC}{1000} \cdot 8760 \cdot TT) + (\frac{FA}{1000} \cdot 8760 \cdot \frac{TT}{EFF}) \right] \cdot \frac{(e^{-r \cdot t} - e^{-r \cdot (t+n)})}{r}}{\sum OUTPUT}$ $= \frac{NPV_{BK} + NPV_{OM} + NPV_{FA}}{\sum OUTPUT}$ <p><i>Forrás: Saját szerkesztés (IEA, 2010) alapján</i></p>

ahol

10. táblázat A teljes életciklus költség paramétereinek magyarázata		
jelölés	Megnevezés	Mértékegység
BK	Beruházási költségek	\$/KW
OMFC	M kódési és karbantartási állandó költségek	\$/KW
OMVC	M kódési és karbantartási változó költségek	\$/MWh

jelölés	Megnevezés	Mértékegység
FA	F t anyag költségek	\$/MWh
t	Kivitelezési id	év
n	Hasznos élettartam	év
r	Diszkontráta	%
TT	Terhelési tényez	%
EFF	Hatékonyági tényez	%

Forrás: Saját szerkesztés

Miel tt a képlet alkotóelemeit, tehát a számlálóban feltüntetett három költségelemet, vagyis a beruházási, m ködési és karbantartási, valamint f t anyag költség-tényez k számítását, valamint a nevez diszkontált villamos-energia mennyiségének származtatását ismertetném, tekintsük át a képletben foglalt paraméterek tartalmát. Ahogyan azt korábban a 17. számú ábra is mutatta, a három költségelem együttesen befolyásolja a teljes életciklus költség nagyságát, illetve magukra a költségelemekre tényez k sokasága fejt ki hatását.

A villamos-energia el állítás teljes költségének kalkulálása során felhasznált paramétereket két csoportba sorolhatjuk, a m szaki, technológiai eredet tényez kre, valamint a pénzügyi-gazdasági becslésekre alapozott változókra (lásd 10-11. számú táblázat). Számításaim során 13 adatbázisra támaszkodtam (AEO, 2008; AEO, 2011; EERE, 2008; EIA, 2010; IEA, 2010; Minicam, 2008; NREL-SEAC, 2008; Oxera, 2011; POWER SWITCH, 2003; PB, 2011; Raeng, 2004; Risto T. - Aija, K. 2008; Stretton S., 2010). Az adatbázisok eltér részletettséggel közölnek eltér mértékegység , pénznem , illetve id pontra vonatkozó információkat a technikai, valamint pénzügyi-gazdasági paraméterekr l. Következésképpen számításaim kivitelezése érdekében els lépésben "közös nevez re" kellett hoznom ezeket az adatokat, vagyis elvégeztem a megfelelő átváltásokat, illetve a disszertáció egésze során feltételeztem 8%-os kockázatmentes rátával az egy id pontra hozatalt. Ezt követ en a kapott adatok továbbra is jelent s szóródást mutatnak, melynek érdekében minimumokat, maximumokat, valamint átlagértéket számoltam (ennek eredményét lásd 3. számú melléklet), majd minden egyes paraméter esetében megfelelő indoklást követ en a felhasználandó adathalmazt kiválasztottam.

A következ kben ezen tényez k értelmezése, tartalmi tulajdonságaik ismertetése, valamint ezeknek a modell alkotás során feltételezett tartományainak bemutatása következik.

11. táblázat

A teljes életciklus költség befolyásoló tényezők csoportosítása

	Paraméter	Forrás
Technikai paraméterek	Kivitelezési idő	(Stretton, 2010)
	Hasznos élettartam	(Risto, Aija, 2008; NREL-SEAC, 2008; MiniCAM, 2008; POWER SWITCH, 2003; Stretton, 2010)
	Kapacitás (terhelési) faktor	(POWER SWITCH, 2003; AEO, 2008; NREL-SEAC, 2008; MiniCAM, 2008; EERE, 2008; EIA, 2010)
	Hatékonysági ráta	(Stretton, 2010; Raeng, 2004; PB, 2011; IEA, 2010; Risto, Aija, 2008)
	Méret	(Stretton, 2010; IEA, 2011)
Pénzügyi - gazdasági paraméterek	T költség	(Oxera, 2011)
	Beruházási költség	(Stretton, 2010; IEA, 2010; AEO, 2009, EERE, 2008)
	M kódési és karbantartási fix költség	(AEO, 2009; NREL-SEAC, 2008; MiniCAM, 2008; Stretton, 2010; AEO, 2011)
	M kódési és karbantartási változó költség	(AEO, 2009; NREL-SEAC, 2008; MiniCAM, 2008; Stretton, 2010; AEO, 2011)
	F t anyag költség	(AEO, 2009; NRELSEAC, 2008; MiniCAM, 2008; Stretton, 2010)
	Karbon költség	(IEA, 2011; Stretton, 2010)

Forrás: Saját szerkesztés

5.1.1. A számítások technikai paraméterei

5.1.1.1. Idő tényező

A számításaim során két *idő tényező* t használtam, egyrészt a technológia kiépítésének, a tervezési, elkezületi fázistól kezdve, az engedélyeztetési szakaszon keresztül a konkrét üzembe helyezésig tartó *kivitelezési periódusát*; valamint az adott villamosenergia-termelési technológia *hasznos élettartamát*. A leszerelési fázis vizsgálatától eltekintettem. A rendelkezésre álló adatbázisok jelentősen szóródó idő tényezőket közölnek. A következő táblázat az adatbázisokból kigyjtott adatok minimum, maximum, átlag, valamint szórás értékét összegzi. A rendkívül széles skálán mozgó adatsor véleményem szerint annak köszönhető, hogy a források más-más évben közölt, nyilvánosságra hozott adatbázisokból származnak.

A korai, 2000-es évek elején, közepén közölt adatok jellemzően hosszabb kivitelezési időszakot jeleztek a megújuló energiaforrás alapú technológiák esetében, valamint az akkor még gyerekcipőben járó CCS-technológiával kiegészített alternatíváknál. Az azóta bekövetkező piaci változások azonban az életciklus egy következő szakaszába lendítették a megújuló technológiákat, így azok egy egysége mára jóval rövidebb kivitelezési idővel jellemezhető. Következésképpen ennél az egy paraméternél nem az átlagokkal, hanem a minimumokkal kalkuláltam, mely egyébként megegyezik az OECD, a Nemzetközi

Energiaügynökség, valamint a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség legfrissebb adatközlésével (2011) a megújuló technológiák vonatkozásában.

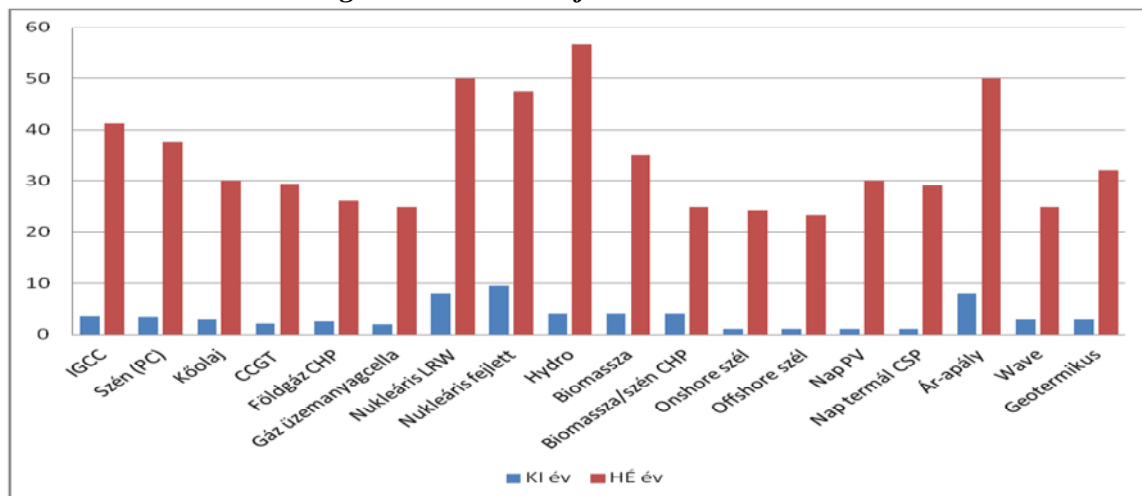
12. táblázat A hagyományos és megújuló technológiák kivitelezési ideje, valamint hasznos élettartama

	Technológia	Kivitelezési idő				Hasznos élettartam			
		Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás
Hagyományos technológia	IGCC	3	4	4	0,6	30	60	41,25	14,36
	Szén (PC)	3	4	4	0,5	25	60	37,5	12,54
	Kőolaj	3	3	3	0,0	30	30	30	0
	CCGT	2	3	2	0,3	20	45	29,29	7,868
	Földgáz CHP	3	3	3	0,0	25	30	26,25	2,5
	Gáz üzemanyagcella	2	2	2	0,0	25	25	25	0
	Nukleáris LRW	7	9	8	1,4	30	60	50	12,91
	Nukleáris fejlett	9	10	10	0,7	40	60	47,5	9,574
Megújuló technológia	Hydro	4	6	5	1,4	50	60	56,67	5,774
	Biomassza	4	4	4	0,0	25	45	35	9,354
	Biomassza/szén CHP	4	4	4	0,0	25	25	25	0
	Onshore szél	1	3	2	1,0	20	30	24,29	4,499
	Offshore szél	1	3	2	1,2	20	30	23,33	4,082
	Nap PV	1	2	2	0,6	20	40	30	6,325
	Nap termál CSP	1	3	2	1,2	25	30	29	2,236
	Ár-apály	8	8	8	0,0	50	50	50	0
	Hullámvíz (wave)	3	3	3	0,0	25	25	25	0
	Geotermikus	3	4	4	0,7	20	50	32	10,95

Forrás: Saját számítás

A paraméterrel kapcsolatosan egyetlen dolgot kell megjegyezni. A hasznos élettartam nem egyezik meg az er m üzemeltetési idejével. Üzemeltetési idő alatt egy újabb paraméter, egy er m -technológiai paraméter, a terhelési faktor segítségével kalkulált éves üzemeltetési idő szakot értjük, melynek magyarázatára az utóbbi tényező ismertetésekor térünk ki.

30. ábra 18 technológia kivitelezési idejének és hasznos élettartamának összevetése



Forrás: Saját szerkesztés

5.1.1.2. Terhelési tényez

A következőkben az *er m -technológiai paramétereket* ismertetem, ezek közül is els ként a kapacitás, vagy más néven terhelési-, csúcskihasználási-, vagy átlagos kihasználási tényez t. A *terhelési tényez* a villamosenergia-szektorban nem más, mint az adott *er m* teljesítményének annak maximális teljesítményéhez viszonyított hányadosa. Két általános számítási módszere terjedt el: az átlagos terhelés kapacitáshoz viszonyított hányadosa; valamint az átlagos terhelés csúcsterheléshez viszonyított hányadosa.

Egyértelm nek látszik, hogy a cél a minél nagyobb terhelési tényez realizálása, hiszen minél nagyobb a terhelési tényez , a villamosenergia-termelés állandó költségei annál nagyobb kWh-ban vagy MWh-ban értelmezhet outputra oszlanak szét. A nagyobb terhelési tényez egyúttal ugyanis nagyobb kibocsátást, vagyis villamosenergia-termelést eredményez. Vagyis általánosságban kijelenthet , hogy a magasabb terhelési tényez nagyobb termelést, és ezáltal alacsonyabb egységköltséget eredményez, ami pedig a villamos-energia termel oldaláról a befektetés megtérülésére visszamaradó árhányad (értékesítési ár-egységköltség) magasabb értékét produkálja.

13. táblázat A hagyományos és megújuló technológiák terhelési tényez je

		Terhelési tényez			
		Min	Max	Átlag	Szórás
Technológia		%			
Hagyományos technológia	IGCC	80	87	82,3	2,92
	Szén (PC)	80	85	83	2,45
	K olaj	50	54	52	2,83
	CCGT	40	87	79	14,9
	Földgáz CHP	30	50	40	14,1
	Gáz üzemanyagcella	50	54	52	2,83
	Nukleáris LRW	89	90	89,9	0,35
	Nukleáris fejlett	90	90	90	0
Megújuló technológia	Hydro	34	57	46,6	9,37
	Biomassza	20	90	76,8	20,2
	Biomassza/szén CHP	70	70	70	0
	Onshore szél	22	47	36,2	8,27
	Offshore szél	26	45	35	7,62
	Nap PV	10	73	28,9	16,2
	Nap termál CSP	18	50	26,8	9,27
	Ár-apály	30	40	36,3	5,51
Hullámzás (wave)	15	40	30	13,2	
Geotermikus	70	95	85,7	6,94	

Forrás: Saját számítás

A táblázatból jól látszik, hogy a hagyományos technológiák jellemz en nagyobb terhelési tényez vel rendelkeznek. A megújuló technológiák közül egyedül a geotermikus *er m* vek mutatnak 80% feletti kapacitás tényez t.

A gyakorlatban elterjedt az erőművek terhelési tényező szerinti kategorizálása. A 75% feletti terhelési tényezővel rendelkező erőműveket **alaperőműveknek** nevezzük, ezek tipikusan 400 MW-nál nagyobb egységméretű, jellemzően fosszilis, illetve nukleáris technológia alapú erőművek. A megújuló energia alapú technológiák közül az alaperőmű csoportba csupán a geotermikus és biomassza erőműveket sorolják, ahogyan az a fenti táblázatból is implikálódik.

Fontos megjegyezni, hogy a Föld egyes régióiban a vízenergia alapú erőművek képesek 75% feletti kapacitás kihasználtságot produkálni, azonban ez semmiképpen sem jellemző érték, több tényező egybeesésére van szükség ahhoz, hogy mindez teljesülhessen; többek között a kiszámíthatatlan időjárási viszonyok, földrajzi adottságok mellett a megfelelő műszaki kialakításnak.

A **menetrendtartó erőmű** kategóriába a 40 és 60% közötti kapacitás tényezőket produkáló erőműveket soroljuk, ezek viszonylag kis egységméretű (100 és 300MW közötti) szén-erőművek illetve a földgáz és kőolaj közötti tüzelésű CCT technológiák. A nap- illetve szélenergia alapú megújuló technológiák egyes esetekben, megfelelő földrajzi, időjárási sajátosságok esetében ebben a kategóriába eshetnek, ahogyan azt az adatbázisokból elérhető maximális kapacitás tényező adatok jelzik (lásd 13. számú táblázat).

A harmadik erőmű csoportba a **csúcserőmű** csoportba a nagyon alacsony éves terhelési tényezővel rendelkező (5-15%) erőműveket soroljuk. Mindez azt jelenti, hogy ezek a technológiák mindössze az év 8760 órájából 440-1350 órányi időszaktól üzemelnek maximális kapacitásuknak megfelelően. Ide sorolhatjuk a földgáz-turbinákat, a legtöbb szárazföldi, átlagos területi és időjárási adottságokkal jellemezhető területen kiépített szélenergia-erőművet, a napkollektorokat, valamint a koncentrált szolár-termál egységeket.

Ezen a ponton felmerülhet az olvasóban a kérdés, hogy van-e értelme különböző terhelési tényezővel rendelkező technológiákat azok villamosenergia-termelési egységköltsége alapján összehasonlítani? Hiszen lehet, hogy egy alacsony terhelési faktorú, tehát csúcserőműnek minősülő technológiát, valamint egy magas terhelési tényezőjű alaperőművet hasonlítunk össze. Természetesen az összehasonlításnak önmagában nem sok értelme van. A terhelési tényező, a terhelési tényező alapján történő kategorizálás azonban egy régió erőműösszetételének kialakításakor, a kapacitásbővítési döntés meghozatalakor kulcstényező lehet.

5.1.1.3. Hatékonysági ráta

Egy villamos-energia előállítás technológia *hatékonysága* többféleképpen ragadható meg. Energiahatékonyság alatt a *h*-fogyasztást (*heat rate*) értjük, mely megmutatja annak a *f* *t* anyagnak a mennyiségét, amelynek égetésére egységnyi villamos-energia előállításához szükség van⁴⁷. Minél nagyobb a *f* *t* érték annál alacsonyabb a hatékonyság. A magas energiahatékonysági értékkel rendelkező technológiák kevesebb, vagy zero *f* *t* anyag felhasználással képesek egységnyi villamos-energia előállítására. A *h*-fogyasztás egyenlő lesz az *er* *m* *h*-felhasználásának, valamint az adott periódus villamosenergia-termelésének hányadosával, mértékegysége Btu/kWh, vagy kJ/Kwh⁴⁸. A megújuló energia alapú technológiák, melyek nem használnak *f* *t* anyagot 100% energia hatékonyságúak.

3. képlet *H*-fogyasztás

$$H - \text{fogyasztás} = \frac{H}{E}$$

ahol *H*= egy *er* *m* adott periódus alatt felhasznált *h* mennyisége (számára adott periódus alatt szolgáltatott *h* mennyisége) (Btu, KJ)

E=adott periódus villamos-energia outputja (kWh)

Forrás: Saját szerkesztés Beaty (2001) alapján

Ebből az energiahatékonysági mutatóból képesek vagyunk a hatékonyságnak egy újabb mérőszámát előállítani, mégpedig a termálhatékonyság mutatóját, mely mutató az alábbi képlettel kalkulálható, mértékegysége %.

4. képlet *Termálhatékonyság*

$$EFF = \frac{341.275}{H - \text{fogyasztás}}$$

Forrás: Saját szerkesztés Beaty (2001) alapján

14. táblázat A hagyományos és megújuló technológiák hatékonysága

	Technológia	Hatékonyság			
		Min	Max	Átlag	Szórás
				%	
Hagyományos technológia	IGCC	39%	48%	43%	4%
	Szén (PC)	38%	44%	41%	2%
	Kőolaj	25%	25%	25%	0%
	CCGT	53%	58%	56%	2%
	Földgáz CHP	34%	40%	38%	3%
	Gáz üzemanyagcella	48%	48%	48%	0%
	Nukleáris LRW	30%	37%	34%	5%
	Nukleáris fejlett	35%	100%	68%	46%
Megújuló technológia	Hydro	100%	100%	100%	0%
	Biomassza	24%	34%	29%	7%
	Biomassza/szén CHP	30%	30%	30%	0%

Technológia	Hatékonyság			
	Min	Max	Átlag	Szórás
				%
Onshore szél	100%	100%	100%	0%
Offshore szél	100%	100%	100%	0%
Nap PV	100%	100%	100%	0%
Nap termál CSP	33%	33%	33%	0%
Ár-apály	100%	100%	100%	0%
Hullámzás (wave)	100%	100%	100%	0%
Geotermikus	9%	9%	9%	0%

Forrás: Saját számítás

E két hatékonysági mutató mellett beszélhetünk gazdasági hatékonyságról és működési hatékonyságról, ahol az előbbi a termelési költségek és a villamosenergia-termelés mennyiségének hányadosa, míg az utóbbi az összes villamosenergia-termelés adott periódus alatti mennyiségének és a potenciális villamosenergia-termelés mennyiségének hányadosa. A számításaim során a négy hatékonysági mutató közül az elsővel, valamint az utóbbi két mérőszámmal nem foglalkozom. Az adatgyűjtés során a termál-hatékonyság adatokat használtam fel az üzemanyag költségek becslésekor.

Jól látszik, hogy a megújuló technológiák többsége fűtőanyag-felhasználás híján 100%-os hatékonysági rátával rendelkezik. Mindössze a fűtőanyagot felhasználó biomassza technológia, illetve a kifejezetten kombinált villamos-energia előállításra, valamint hőtermelésre telepített termál-szolár egységek mutatnak alacsony hatékonysági értékeket. Az adatok alapján a kőolaj alapú technológiák esetében van szükség a legnagyobb fűtőanyag mennyiségre egységnyi villamos-energia output előállításához.

5.1.2. Pénzügyi-gazdasági paraméterek

5.1.2.1. Tervezési-beszerzési-építési (EPC) költségek

Egy villamos-energia előállítási technológia beruházási költsége alatt azokat a pénzkiramlásokat értjük, melyek eszközlése szükséges az erőmű üzembe helyezésére érdekében. Ide tartoznak az erőmű építésének, a berendezések beszerzésének költségei, melyeket a szakzsargon összefoglalóan *tervezési-beszerzési-építési (EPC)* költségeknek nevez. Az EPC-költségek mellett a beruházási költségekhez soroljuk az infrastruktúra, illetve hálózatra csatlakozási költségeket, utóbbi esetében legyen szó akár fűtőanyag-, akár hőtermelési-hálózatról.

Az utóbbi költségtényező nagysága attól függ, hogy azokat elzárva az EPC-költségekben figyelembe vették-e vagy sem. A fejlesztési, beleértve engedélyeztetési-,

hatósági díjakat, illetve az ingatlan beszerzéseket hagyományos szemléletben szintén egy beruházás kezdeti költségeiben vennék számításba, ezek közül azonban az ingatlan beszerzési költségeket figyelmen kívül hagyom a teljes termelési költség (LCOE) kalkulálása során. Az elérhető adatbázisokból összegyűjtött, egy időpontra hozott beruházási költségek KW energiára vetített dollárértékei a következők (lásd táblázat):

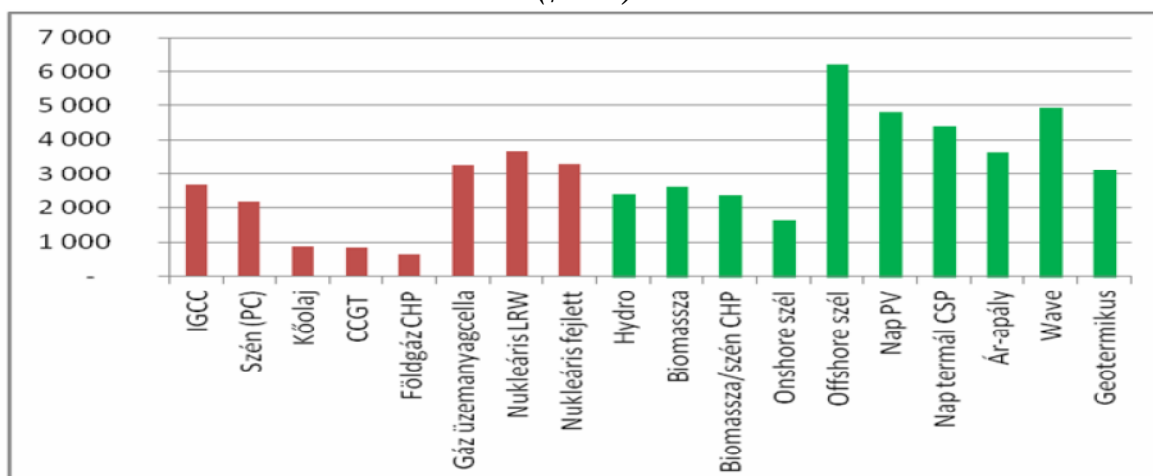
15. táblázat A hagyományos és megújuló technológiák beruházási költségei

		Beruházási költség			
		Min	Max	Átlag	Szórás
Technológia		\$/KW			
Hagyományos technológia	IGCC	1 431	5 050	2 680	1 213
	Szén (PC)	1 200	5 350	2 170	1 103
	Kőolaj	800	1 000	883	104
	CCGT	500	1 300	849	263
	Földgáz CHP	411	1 094	645	389
	Gáz üzemanyagcella	1 620	4 520	3 266	1 287
	Nukleáris LRW	1 510	7 550	3 665	2 210
	Nukleáris fejlett	3 000	3 700	3 305	358
Megújuló technológia	Hydro	2 000	3 226	2 393	425
	Biomassza	1 750	4 300	2 626	865
	Biomassza/szén CHP	2 385	2 385	2 385	-
	Onshore szél	500	2 500	1 617	565
	Offshore szél	1 000	30 000	6 216	10 557
	Nap PV	3 000	6 000	4 805	1 097
	Nap termál CSP	2 000	7 000	4 413	1 580
	Ár-apály	2 951	5 000	3 650	1 169
	Hullámzás (wave)	4 927	4 927	4 927	-
	Geotermikus	1 150	10 000	3 121	2 257

Forrás: Saját számítás

Ábrázolva a számítások során felhasznált átlagértékeket azt láthatjuk, hogy a megújuló energia alapú technológiák létesítése KW energiára vetítve jelentősen magasabb, mint a hagyományos, jellemzően fosszilis tüzelőanyag, illetve nukleáris alapú technológiák beruházási költsége. Kivételt képeznek a jelentős méretű, korlátozott kialakítási lehetőségekkel rendelkező vízerőművek, valamint a kvázi fosszilis technológiának minősülő, fűtőanyagot felhasználó biomassza erőművek. A beruházási szempontból "legolcsóbb" technológiák a szénhidrogén alapú, kőolaj és földgáz tüzelőanyagú erőművek.

31. ábra A hagyományos és megújuló technológiák fajlagos beruházási költségei (\$/KW)



Forrás: Saját számítás és szerkesztés

5.1.2.2. M kódú és karbantartási költség (állandó és változó)

A m kódú és karbantartási költségeken belül elkülönítjük az állandó, valamint a változó költségeket. Az **állandó költségek** között jellemzően a személyi jellegű ráfordításokat, a tervezett, valamint az előre nem tervezett karbantartási költségeket, a biztosítási díjakat, az ingatlanadókat (kamatok), valamint a rendszerhasználati díjakat mutatjuk ki.

16. táblázat A hagyományos és megújuló technológiák m kódú és karbantartási költségei (\$/KW; \$/MWh)

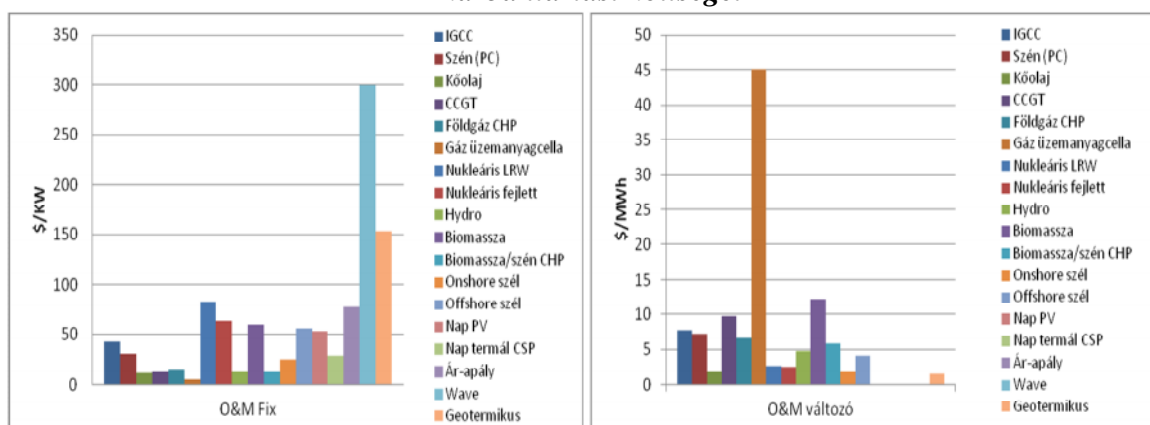
Technológia	O&M Fix				O&M változó			
	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás
	\$/KW				\$/MWh			
Hagyományos technológia								
IGCC	38,7	59,2	43,1	9,0	2,92	25,7	7,78	10
Szén (PC)	25	36,8	30,5	4,8	1,77	24,3	7,21	8,46
Kőolaj	11,5	11,5	11,5	0,0	1,9	1,9	1,9	0
CCGT	11,3	15	12,9	1,6	2	45,6	9,76	17,6
Földgáz CHP	15	15	15	0,0	6,7	6,7	6,7	0
Gáz üzemanyagcella	5,32	5,32	5,32	0,0	45,1	45,1	45,1	0
Nukleáris LRW	63	93,8	82,6	12,8	0,4	11,7	2,6	4,5
Nukleáris fejlett	63	63	63	0,0	2,49	2,49	2,49	0
Hydro	13,1	13,1	13,1	0,0	3,3	6,3	4,8	2,12
Biomassza	36,8	72,9	59,5	13,7	2	42,3	12,2	15
Biomassza/szén CHP	12,9	12,9	12,9	0,0	5,8	5,8	5,8	0
Onshore szél	12	40	25	12,3	0	5,91	1,85	2,88
Offshore szél	15,6	89,5	55,9	37,4	0	16,7	4,17	8,34
Nap PV	48,8	56,8	53,1	4,3	0	0,11	0,02	0,04
Nap termál CSP	9,92	58,4	29	24,6	0	0	0	0
Ár-áply	77,4	77,4	77,4	0,0	0	0	0	0
Hullámzás (wave)	300	300	300	0,0	0	0	0	0
Geotermikus	86,2	184	153	38,9	0	9,5	1,58	3,88

Forrás: Saját számítás

A **változó költségek** között az outputtal kapcsolatos javítási és karbantartási költségeket, a károsanyag-kibocsátás költségét, melyet jellemzően összefoglalóan karbon költségként

definiálnak, valamint egyes adatbázisok esetében az üzemanyag költségeket mutatjuk ki. A teljes termelési költség számítás során azonban a f t anyag költségek elkülönítetten, önálló paraméterként szerepelnek, ezért az adatgyjtés során az ezen költségelemet nem tartalmazó változó m kódési és karbantartási költségekre koncentráltam. A változó költségek közé soroljuk továbbá a hulladék kezelési, szállítási és raktározási költségeket. A számítások során használt állandó, valamint változó költség adatokat a fenti táblázat, illetve a következő ábra mutatja:

32. ábra A hagyományos és megújuló technológiák állandó és változó m kódési és karbantartási költségei



Forrás: Saját szerkesztés

5.1.2.3. F t anyag költség

A f t anyag költséget a számítások során egységnyi villamos-energia outputra (MWh) vetítve vettem figyelembe, ezzel némileg egyszerűsítve a számításokat. Bár a különböző adatbázisok (OECD, IEA) közlik régióként a földgáz f t anyag esetében a millió brit h egységre (MMBtu), a szén f t anyag esetében a tonnára jutó, a k olaj f t anyag esetében a hordónkénti egységköltségeket, a számításaim során az elérhető MWh-ra vetített költségadatokról indultam ki.

17. táblázat

A hagyományos és megújuló technológiák f t anyag költségei (\$/KW; \$/MWh)

		Min	Max	Átlag
Hagyományos technológia	IGCC	13,9	23,6	18,57
	Szén (PC)	14,1	21	18,87
	K olaj	40	40	40
	CCGT	26	58	39,36
	Földgáz CHP	43,5	64	53,75
	Gáz üzemanyagcella	26	43,5	34,75
	Nukleáris LRW	8,2	13	10,81
	Nukleáris fejlett	8,2	13	10,81
Megújuló energia	Hydro	0	0	0
	Biomassza	17,5	32	24,72

	Min	Max	Átlag
Biomassza/szén CHP	16	25,3	20,65
Onshore szél	0	0	0
Offshore szél	0	0	0
Nap PV	0	0	0
Nap termál CSP	0	0	0
Ár-apály	0	0	0
Hullámzás (wave)	0	0	0
Geotermikus	0	0	0

Forrás: Saját számítás

5.1.2.4. A diszkontráta

A feladat a villamos-energia beruházások, a kapacitás tervezés pénzkiáramlásainak értékelése során a villamosenergia-termelés költségeinek becslése, mely nem azonos egy projekt nettó jelenértékének becslésével, hiszen ebben az esetben pusztán pénzkiáramlások elemzését hajtjuk végre. Kevés a kockázatos pénzkiáramlások értékelésével foglalkozó szakirodalmi hivatkozás (Seitz et. al, 1995; Copeland - Weston, 1988), holott ehhez hasonló értékelési problémával találkozunk bármely, a bevételeket érintetlenül hagyó technológiai beruházás tervezésekor. Általánosságban kijelenthetjük, hogy a projektek költségeinek értékelése során használt diszkontráta⁴⁹ alacsonyabb, mint a nettó pénzáramok t késítése során alkalmazott. Ezen kívül a költségek eltér kockázati tulajdonságokkal rendelkeznek, így abban az esetben, ha például az azonosított három költségelem, a beruházási-, a m ködési és karbantartási- (állandó és változó), valamint a f t anyag költségek értékelése során azonos diszkontrátát alkalmazunk, akkor az eredményeink jelent sen torzulhatnak (Awerbuch, 1993, 1995, 2000).

A villamos-energia projektek költségelemei nem kézenfekv , nem szokványos kockázati tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek a diszkontráták becslése során ellentmondásos jelzéseket küldhetnek. Annak ellenére, hogy a hosszú távú villamos-energia tervezési döntések háttérében meghúzódó technikai megfontolások sok esetben a beruházás, a pénzügyi, gazdaságossági értékelést végrehajtó számára rejtve maradnak, ezen pénzügyi értékelésre alapozott döntések egész nemzetek, ha nem a Földünk teljes lakosságának jólétét befolyásolhatják. Annak ellenére, hogy a jöv nemzedékeit is érint döntéseket hozunk, tesszük ezt olyan, az ipari termelés korszakából eredeztethet költségmodellek segítségével, melyek máig a kockázatos fosszilis energiahordozókra épül technológiákat favorizálják a viszonylag állandó költségárammal rendelkező megújuló energia alapú villamos-energia el állítási technológiákkal szemben.

A villamosenergia-szektor számára a piaci liberalizáció tehát véleményem szerint csupán egy gát volt, melyet át kellett ugrani. Egy következő szint, mely hosszú távon hozzájárulhat az energiapolitika döntések jelentős változásához, a döntések minőségének javulásához, a villamosenergia-termelési költségek becslésének fejlesztése.

A számítások során felhasznált kamatrátáról annak állandóságát és folytonosságát feltételeztem. A különböző technológiák esetében az elérhető adatbázisok, források, irodalmi hivatkozások alapján eltérő diszkontráták ismertek (lásd 18. számú táblázat).

18. táblázat A hagyományos és megújuló technológiák diszkont-tényezői

		Min	Max	Átlag
Hagyományos technológia	IGCC	10%	10%	10%
	Szén (PC)	10%	10%	10%
	Kőolaj	10%	10%	10%
	CCGT	6%	9%	8%
	Földgáz CHP	10%	10%	10%
	Gáz üzemanyagcella	10%	10%	10%
	Nukleáris LRW	9%	13%	11%
	Nukleáris fejlett	9%	13%	11%
Megújuló energia	Hydro	6%	9%	8%
	Biomassza	9%	13%	11%
	Biomassza/szén CHP	9%	13%	11%
	Onshore szél	7%	10%	9%
	Offshore szél	10%	14%	12%
	Nap PV	6%	9%	8%
	Nap termál CSP	10%	10%	10%
	Ár-árpály	12%	17%	15%
Hullámozás (wave)	10%	14%	12%	
Geotermikus	10%	10%	10%	

Forrás: Saját számítás

Számításaim során az egyszerűsítés érdekében 5 és 10%-os diszkontrátákkal számoltam, hasonlóan a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) módszertanához.

5.1.3. A teljes életciklus költség számítása

A paraméterek áttekintését, a felhasznált adatok önálló elemzését követően a következőkben az LCOE számítás lépéseit mutatom be. A számítások során elsőként, a fenti tényezők alapján, a teljes életciklus költség három aggregált alkotóelemének, a három költség-tényezőnek kalkulálását végeztem el. Mint azt a korábbiakban jeleztem, a teljes életciklus költség számítását az annuitás alapú megközelítéssel végeztem el, mindezt az egyes költségelemek szintjén alkalmaztam, vagyis a beruházási költségek esetében az összegyűjtött KW-ra vetített dollár-adatokat (BK) szétszítottam a kivitelezési periódus éveire (t), majd ezt követően azonosítottam azt az annuitás típusú pénzáramot, mely a pénz

id értékét figyelembe véve azonos jelenértéket mutat, mint a kivitelezési periódus egy évére vetített beruházási költségek jelenérték-összege.

5. képlet *A villamosenergia-termelési technológia beruházási költsége*

$$NPV_{BK} = \frac{\frac{BK}{t} \cdot (e^{-r \cdot 0} - e^{-r \cdot t})}{r}$$

Forrás: Saját szerkesztés (IEA, 2010) alapján

A **m ködési és karbantartási költségek** kalkulálása a két alkotóelem, az állandó és változó költségek szükséges együttes figyelembe vétele kapcsán összetett feladatnak bizonyult. Az állandó költségek esetében a fent már ismertetett módszerrel egy költség-egyenértékest azonosítottam a kivitelezési id pont utolsó pillanata, valamint a hasznos élettartam utolsó pillanata közötti id szakra vonatkozóan (OMFC).

A változó költségek esetében az adatbázisokból elérhet adatok MWh-ra vetített dollár adatok voltak, vagyis ebben az esetben els lépésként KWh adatokat kellett kalkulálnom, majd egy év összes, 8760 órájából ténylegesen termeléssel töltött id vel felszorozni, melyet ahogyan azt fent kifejtettem a 8760 óra, valamint a terhelési tényez (TT) szorzataként fejezhetünk ki. Ezen változtatások elvégzését követ en a változó költségek esetében is egy költség-egyenértékest kalkuláltam.

6. képlet *A villamosenergia-termelési technológia m ködési és karbantartási költsége*

$$NPV_{OM} = \frac{(OMFC + \frac{OMVC}{1000} \cdot 8760 \cdot TT) \cdot (e^{-r \cdot t} - e^{-r \cdot (t+n)})}{r}$$

Forrás: Saját szerkesztés (IEA, 2010) alapján

Végül a **f t anyag-költségek** esetében a szintén MWh-ra vetített dollár adatokból egy 1000-rel való osztást követ en KWh adatokat nyertem, majd a terhelési tényez (TT) és a hatékonysági ráta (EFF) hányadosát képezve meghatároztam, hogy hány órányi terheléssel számolhatunk egy perióduson belül f t anyag-égetés szempontjából⁵⁰.

7. képlet *A villamosenergia-termelési technológia f t anyag költsége*

$$NPV_{FA} = \frac{(\frac{FA}{1000} \cdot 8760 \cdot \frac{TT}{EFF}) \cdot (e^{-r \cdot t} - e^{-r \cdot (t+n)})}{r}$$

Forrás: Saját szerkesztés (IEA, 2010) alapján

A teljes életciklus költség nevez jében lév **villamos-energia mennyisége** diszkontált villamos-energia mennyiség, melyet szintén egy költség-egyenértékesként fejeztem ki a kivitelezési id pont utolsó pillanata, valamint a hasznos élettartam utolsó pillanata közötti id szakra vonatkozóan. Az egy év alatt termelt villamos-energia mennyisége eszerint a diszkontráta mellett egyetlen technikai paraméternek, a terhelési tényez nek függvénye.

8. képlet *A villamos-energia kibocsátás mennyisége*

$$\sum OUTPUT = \frac{(8760 \cdot TT) \cdot (e^{-r \cdot t} - e^{-r \cdot (t+n)})}{r}$$

Forrás: Saját szerkesztés (IEA, 2010) alapján

A befolyásoló paraméterek áttekintését követ en a számított teljes életciklus költség adatok a következ ek (lásd **19. számú táblázat**).

19. táblázat Teljes életciklus költség három feltételezett forgatókönyvre*

		LCOE (\$/MWh)					
		5%			10%		
	Technológia	Pesszimista	Átlagos	Optimista	Pesszimista	Átlagos	Optimista
Hagyományos technológia	IGCC	124,30	80,33	56,92	164,00	102,62	69,15
	Szén (PC)	123,34	76,70	53,49	165,07	94,03	63,44
	K olaj	179,01	177,89	177,21	190,28	188,22	186,94
	CCGT	159,29	89,84	64,08	167,69	95,88	71,11
	Földgáz CHP	188,33	167,10	151,75	200,72	176,24	159,50
	Gáz üzemanyagcella	207,25	171,49	127,72	252,07	205,11	145,07
	Nukleáris LRW	122,87	76,55	48,79	206,43	117,17	65,69
	Nukleáris fejlett	43,60	56,36	37,34	89,50	97,37	74,55
	Hydro	47,92	42,49	47,20	93,04	80,34	90,56
Megújuló technológia	Biomassza	182,21	132,45	162,82	214,82	155,79	222,54
	Biomassza/szén CHP	122,41	106,91	91,41	144,34	128,84	113,34
	Onshore szél	61,04	46,93	25,14	89,34	68,55	36,14
	Offshore szél	625,49	173,35	39,55	988,57	258,51	58,00
	Nap PV	71,97	146,22	281,71	116,44	231,01	434,74
	Nap termál CSP	124,06	138,19	91,25	203,81	221,44	147,46
	Ár-apály	117,66	101,13	104,66	242,17	201,21	202,64
	Hullámzás (wave)	191,93	255,90	511,81	264,26	352,35	704,69
	Geotermikus	113,92	50,04	26,73	181,64	72,47	36,86

*Karbon költség nélkül; 5 és 10%-os t kekötség mellett (\$/MWh)

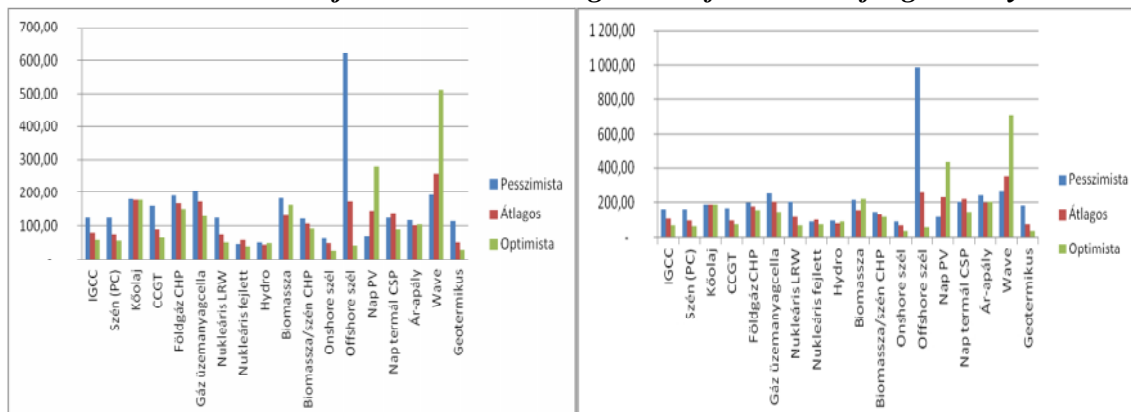
Forrás: Saját számítás

A számításokat **három forgatókönyvre**, egy az adatbázisokból elérhet minimum adatokra alapozott pesszimista, az átlagértékekre alapozott átlagos, valamint a maximum értékekre alapozott optimista forgatókönyvre **építettem**. Mindhárom scenáriót egy 5, valamint egy 10%-os diszkontrátát feltételezve számítottam a nyolc hagyományos, valamint a tíz megújuló energia forrás alapú technológia esetében.

A táblázat, valamint a lenti ábrák tanúsága szerint a hagyományos technológiák alacsonyabb egységköltséggel képesek villamosenergiát el állítani, mint a megújuló

technológiák. A legolcsóbb villamosenergia-termelési technológia a nukleáris technológia, valamint a megújuló technológiák közül a vízenergia és a szárazföldi szélenergia er m vek.

33. ábra *Teljes életciklus költség három feltételezett forgatókönyvre**



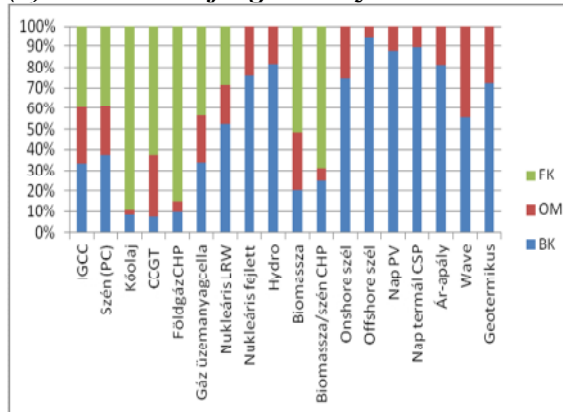
*Karbon költség nélkül; 5 és 10%-os t ke költség mellett (\$/MWh)

Forrás: Saját szerkesztés

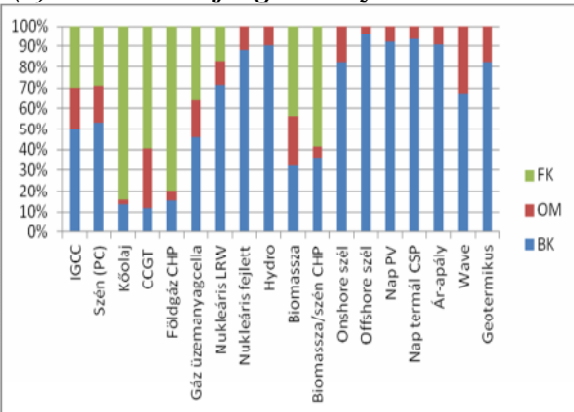
Amennyiben megvizsgáljuk az egyes technológiák esetében 5 és 10%-os t ke költség mellett a teljes életciklus költség bels összetételét, azt látjuk, hogy a pesszimista forgatókönyv költség-növekedését a beruházási költségek tényerése eredményezi, míg egy optimista forgatókönyv esetében a hagyományos technológiák kedvez beruházási költség alakulásának eredménye a f t anyag-költség dominancia lesz, amely tendencia a megújuló energia alapú technológiák egységköltségének szignifikáns csökkenését, például a szárazföldi szél er m esetében az LCOE értékek nukleáris teljes életciklus költség alá csökkenését, vagyis a legolcsóbb technológia esetében trónfosztást jelentene.

34. ábra A teljes életciklus költség bels összetétele*

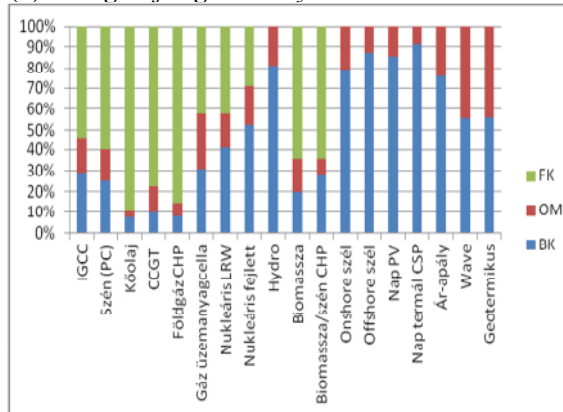
(a) Pesszimista forgatókönyv $r=5\%$



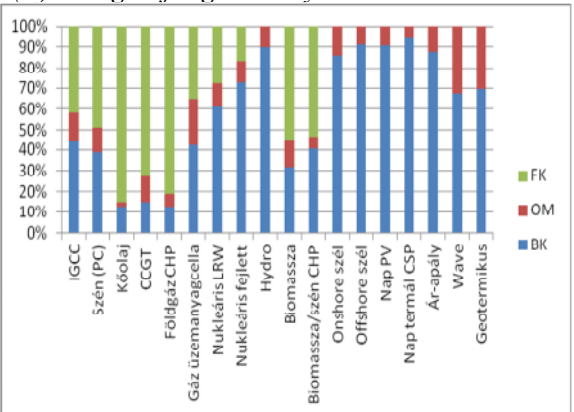
(b) Pesszimista forgatókönyv $r=10\%$



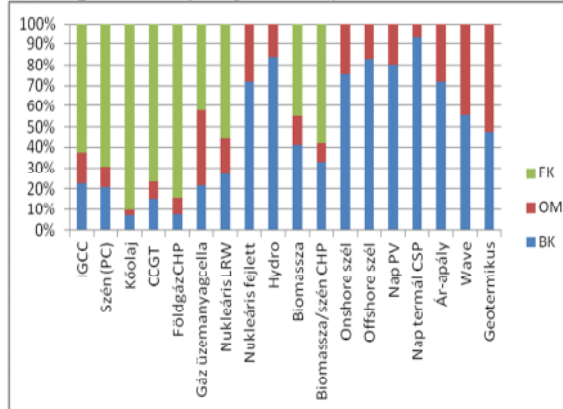
(c) Átlagos forgatókönyv $r=5\%$



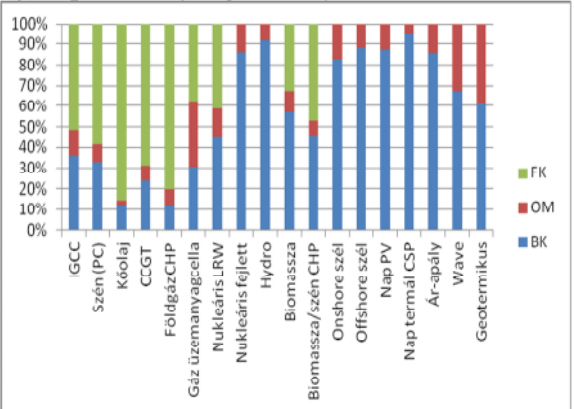
(d) Átlagos forgatókönyv $r=10\%$



(e) Optimista forgatókönyv $r=5\%$



(f) Optimista forgatókönyv $r=10\%$



*Karbon költség nélkül; 5 és 10%-os t ke költség mellett (\$/MWh)

Forrás: Saját szerkesztés

A 34. számú ábra a három forgatókönyv LCOE értékeinek egymás melletti ábrázolásával tökéletesen tükrözi az egyes technológiák költség alakulásának bizonytalanságát. A megújuló technológiák esetében a három forgatókönyvre értelmezett teljes életciklus költségek jelentős szóródást mutatnak, ami elsősorban a beruházási költségek magas volatilitásának következménye.

A következő táblázatban 5 és 10%-os diszkontráta, valamint a három feltételezett forgatókönyv mellett állítottam össze a karbon költségeket mell z teljes életciklus költségek alapján a technológiák "termelésbe hívásának" sorrendjét, vagyis érdemességi sorrendjét.

20. táblázat Érdemességi sorrend a karbon költségeket mell z teljes életciklus költségek alapján

	5%			10%		
	Pesszimista	Átlagos	Optimista	Pesszimista	Átlagos	Optimista
1	Nukleáris fejlett	Hydro	Onshore szél	Onshore szél	Onshore szél	Onshore szél
2	Hydro	Onshore szél	Geotermikus	Nukleáris fejlett	Geotermikus	Geotermikus
3	Onshore szél	Geotermikus	Nukleáris fejlett	Hydro	Hydro	Offshore szél
4	Nap PV	Nukleáris fejlett	Offshore szél	Nap PV	Szén (PC)	Szén (PC)
5	Geotermikus	Nukleáris LRW	Hydro	Biomassza/szén CHP	CCGT	Nukleáris LRW
6	Ár-apály	Szén (PC)	Nukleáris LRW	IGCC	Nukleáris fejlett	IGCC
7	Biomassza/szén CHP	IGCC	Szén (PC)	Szén (PC)	IGCC	CCGT
8	Nukleáris LRW	CCGT	IGCC	CCGT	Nukleáris LRW	Nukleáris fejlett
9	Szén (PC)	Ár-apály	CCGT	Geotermikus	Biomassza/szén CHP	Hydro
10	Nap termál CSP	Biomassza/szén CHP	Nap termál CSP	K olaj	Biomassza	Biomassza/szén CHP
11	IGCC	Biomassza	Biomassza/szén CHP	Földgáz CHP	Földgáz CHP	Gáz üzemanyagcella
12	CCGT	Nap termál CSP	Ár-apály	Nap termál CSP	K olaj	Nap termál CSP
13	K olaj	Nap PV	Gáz üzemanyagcella	Nukleáris LRW	Ár-apály	Földgáz CHP
14	Biomassza	Földgáz CHP	Földgáz CHP	Biomassza	Gáz üzemanyagcella	K olaj
15	Földgáz CHP	Gáz üzemanyagcella	Biomassza	Ár-apály	Nap termál CSP	Ár-apály
16	Hullámzás (wave)	Offshore szél	K olaj	Gáz üzemanyagcella	Nap PV	Biomassza
17	Gáz üzemanyagcella	K olaj	Nap PV	Hullámzás (wave)	Offshore szél	Nap PV
18	Offshore szél	Hullámzás (wave)	Hullámzás (wave)	Offshore szél	Hullámzás (wave)	Hullámzás (wave)

Forrás: Saját szerkesztés

Összevetve eredményeimet a releváns források, ügynökségek által közölt érdemességi sorrenddel, a nukleáris er m vek minden diszkontráta, és minden forgatókönyv mellett értelmezett TOP5-ös helyezése igazolja számításaim helyességét.

A jöv villamosenergia termelési technológiájának kihirdetett geotermikus energia el kel helyezése a megújuló energiaforrás input-adatainak megnyugtató feed-backje. Ugyanakkor meglep módon el kel helyre került majd minden scenárió esetében a szárazföldi szélenergia termelés. A megújuló energiaforrás alapú technológiák köztudottan beruházási költség érzékeny termelési eljárások, ezért mindenképpen fontosnak tartom a teljes életciklus költség-tényez k érzékenység-vizsgálatát (err l b vebben kés bb).

Amennyiben a környezeti externáliákat is figyelembe vesszük a karbon költség formájában, a fosszilis villamosenergia termelési technológiák teljes életciklus költség adatai módosulnak.

21. táblázat

Teljes életciklus költség karbon költségekkel*

		LCOE (\$/MWh)					
		5%			10%		
	Technológia	Pesszimista	Átlagos	Optimista	Pesszimista	Átlagos	Optimista
Hagyományos technológia	IGCC	147,21	105,91	85,12	186,91	128,20	97,36
	Szén (PC)	177,88	135,23	116,65	219,61	152,57	126,60
	K olaj	257,01	255,89	255,21	268,28	266,22	264,94
	CCGT	185,15	116,43	92,39	193,55	122,48	99,42
	Földgáz CHP	225,83	206,92	195,86	238,22	216,06	203,62
	Gáz üzemanyagcella	232,25	196,49	152,72	277,07	230,11	170,07
	Nukleáris LRW	123,27	77,00	49,29	206,83	117,62	66,19
Megújuló technológia	Nukleáris fejlett	43,75	56,59	37,77	89,65	97,59	74,98
	Hydro	47,98	42,55	47,26	93,10	80,40	90,62
	Biomassza	186,62	137,62	169,07	219,23	160,97	228,79
	Biomassza/szén CHP	127,41	111,91	96,41	149,34	133,84	118,34
	Onshore szél	61,19	47,08	25,29	89,49	68,70	36,29
	Offshore szél	625,64	173,50	39,70	988,72	258,66	58,15
	Nap PV	72,57	146,82	282,31	117,04	231,61	435,34
	Nap termál CSP	125,88	140,01	93,07	205,63	223,25	149,27
	Ár-apály	117,96	101,43	104,96	242,47	201,51	202,94
	Hullámzás (wave)	192,98	256,95	512,86	265,31	353,40	705,74
	Geotermikus	115,59	51,70	28,40	183,31	74,14	38,52

*5 és 10%-os t kekötség mellett (\$/MWh)

Forrás: Saját számítás

A következ táblázatban, mely az új érdemességi sorrendet mutatja a karbon költségek figyelembe vételével kalkulált teljes életciklus költség alapján, már csupán azokat a villamosenergia termelési technológiákat emeltem ki (a fenti táblázatban használtakkal megegyez színnel), melyek jelent s visszaesést produkáltak a sorrendben. Mint az várható volt, a szürkével jelölt széner m vek, a korábbiakban viszonylag el kel "TOP10"-es pozíciójukat elveszítették, hiszen ezen termelési technológia szennyezi leginkább környezetünket, vagyis a kibocsátott károsanyag-mennyiség alapján számított karbon költsége ezen er m veknek a legmagasabb egységnyi MWh villamosenergiára vetítve.

22. táblázat

Érdemességi sorrend a karbon költségek figyelembe vételével kalkulált teljes életciklus költségek alapján

	5%			10%		
	Pesszimista	Átlagos	Optimista	Pesszimista	Átlagos	Optimista
1	Nukleáris fejlett	Hydro	Onshore szél	Onshore szél	Onshore szél	Onshore szél
2	Hydro	Onshore szél	Geotermikus	Geotermikus	Geotermikus	Geotermikus
3	Onshore szél	Geotermikus	Nukleáris fejlett	Nukleáris fejlett	Hydro	Offshore szél
4	Nap PV	Nukleáris fejlett	Offshore szél	Offshore szél	Nukleáris fejlett	Nukleáris LRW
5	Geotermikus	Nukleáris LRW	Hydro	Hydro	Nukleáris LRW	Nukleáris fejlett
6	Ár-apály	Ár-apály	Nukleáris LRW	Nukleáris LRW	CCGT	Hydro
7	Nukleáris LRW	IGCC	IGCC	IGCC	IGCC	IGCC
8	Nap termál CSP	Biomassza/szén CHP	CCGT	CCGT	Biomassza/szén CHP	CCGT
9	Biomassza/szén CHP	CCGT	Nap termál CSP	Nap termál CSP	Szén (PC)	Biomassza/szén CHP
10	IGCC	Szén (PC)	Biomassza/szén CHP	Biomassza/szén CHP	Biomassza	Szén (PC)
11	Szén (PC)	Biomassza	Ár-apály	Ár-apály	Ár-apály	Nap termál CSP
12	CCGT	Nap termál CSP	Szén (PC)	Szén (PC)	Földgáz CHP	Gáz üzemanyagcella
13	Biomassza	Nap PV	Gáz üzemanyagcella	Gáz üzemanyagcella	Nap termál CSP	Ár-apály
14	Hullámzás (wave)	Offshore szél	Biomassza	Biomassza	Gáz üzemanyagcella	Földgáz CHP
15	Földgáz CHP	Gáz üzemanyagcella	Földgáz CHP	Földgáz CHP	Nap PV	Biomassza
16	Gáz üzemanyagcella	Földgáz CHP	K olaj	K olaj	Offshore szél	K olaj
17	K olaj	K olaj	Nap PV	Nap PV	K olaj	Nap PV
18	Offshore szél	Hullámzás (wave)	Hullámzás (wave)	Hullámzás (wave)	Hullámzás (wave)	Hullámzás (wave)

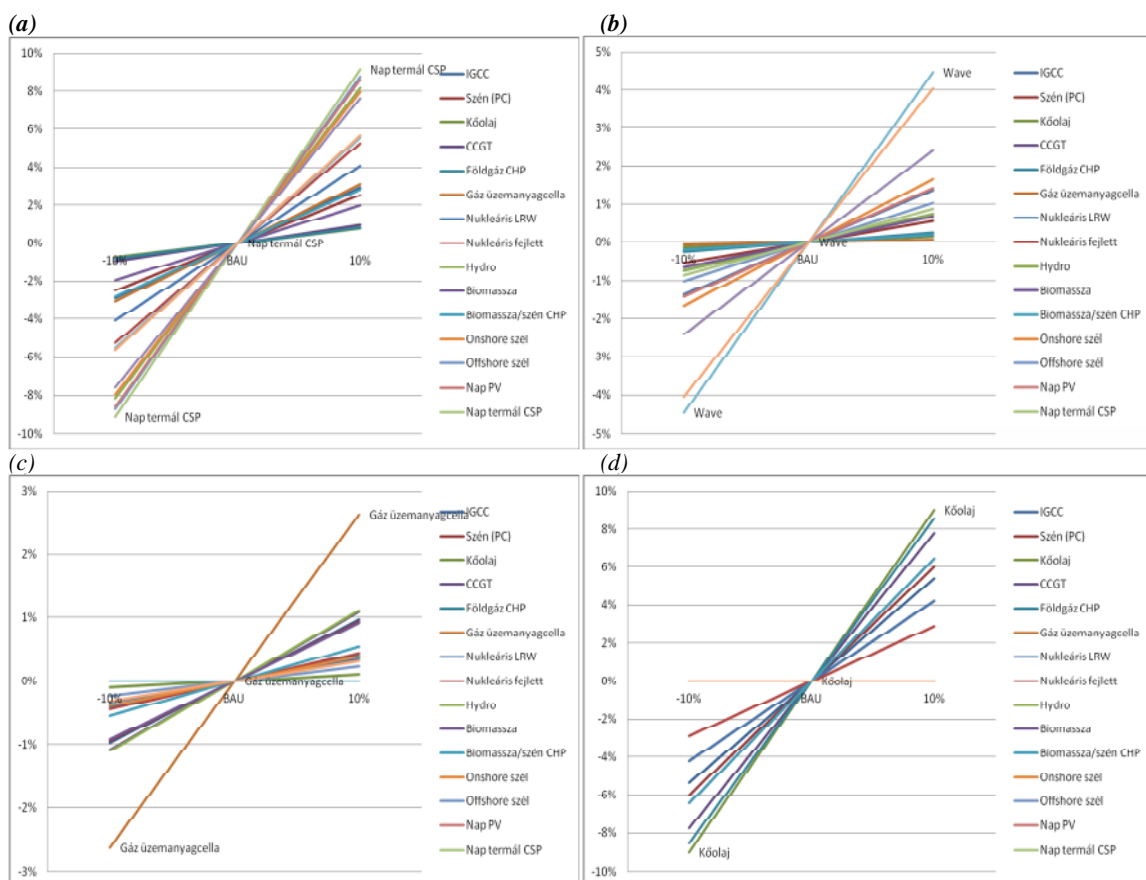
Forrás: Saját szerkesztés

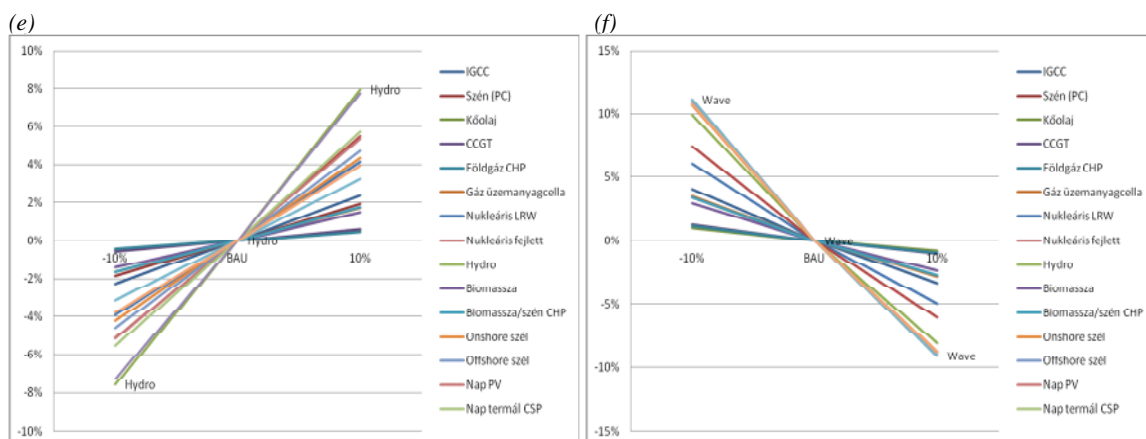
A 2011-es OECD villamoenergia el állítási költség el rejelzése alapján a sorban következ két legszennyez bb technológia a k olaj, valamint a földgáz els dleges er forrásokra épül er m vek. Ezek szintén jelent s visszaesést produkáltak a sorrendben. A f t anyag költségük alapján amúgy sem preferált k olaj er m vek egyértelm en sereghajtókká váltak, míg a földgáz alapú technológiák termelési költsége emelkedett, ezzel a érdemességi sorrendben hátra sorolódtak (22. számú táblázat).

5.1.4. A teljes életciklus költség paramétereinek érzékenység-vizsgálata

Hat tényez re végeztem érzékenység-vizsgálatot az átlagos forgatókönyvb l kiindulva. Minden paraméter esetében 10%-os növekedést, illetve csökkenést feltételezve végeztem el a teljes életciklus költség számítást minden egyéb tényez t változatlanul feltételezve. A 18 technológia LCOE értékére végrehajtott érzékenység-vizsgálatok eredményeit a következ ábrák mutatják. Minden ábrán a legmeredekebb, azaz legérzékenyebben reagáló technológiát emeltem ki, némileg egyszerűsítve az ábrák komplexitását.

35. ábra Az LCOE érzékenysége a különböző befolyásoló tényez k +/-10%-os változásra*





**Az ábrák az átlagos forgatókönyv esetében mutatják az LCOE érzékenységét [(a) beruházási költség; (b) m ködési és karbantartási állandó költség; (c) m ködési és karbantartási változó költség; (d) f t anyag költség; (e) diszkontráta; (f) terhelési tényez]*

Forrás: Saját szerkesztés

Ahogy az a fenti eredmények alapján is várható volt, a beruházási költségelem változására a megújuló technológiák mutatják a legnagyobb érzékenységet (a). Pontosan ezek voltak azok a technológiák melyek beruházási költség adatai a legnagyobb szórást mutatták a különböző adatbázisok alapján (lásd 3. számú melléklet), így a villamosenergia összetételben játszott szerepük további vizsgálatra szorul (lásd később). A m ködési és karbantartási állandó költségekre elzetesen a komplex, jelentős szakmai támogatást igénylő technológiák érzékenységére számítottam. Ez a várakozás némileg beigazolódt, hiszen egy viszonylag kevésbé elterjedt megújuló energiaforrás alapú, a tengerek, óceánok hullámzása által keltett energiára épülő technológia, ezt követően a geotermikus, majd az ár-árpály alapú technológiák mutatják a legnagyobb érzékenységet (b).

A m ködési és karbantartási változó költségek +/- 10%-os változtatására a MWh-ra jutó legnagyobb m ködési és karbantartási változó költséggel rendelkező gáz üzemanyagcellák teljes életciklus költsége reagált a legérzékenyebben, mely technológia 0,1 MW-os rendkívül alacsony egységmérete folytán irreleváns a későbbi energia összetétel vizsgálatok során. Az érzékenységi sorban következő technológiák a kőolaj, valamint vízenergia alapú technológiák, melyek viszonylag alacsony egységnyi változó költséggel, a teljes életciklus költségen belül szintén alacsony arányt képviselő költségelem változtatására mutatnak jelentős érzékenységet (c).

Ahogy az várható volt, a f t anyag költségek változtatására a fosszilis technológiák LCOE értékei reagálnak a legérzékenyebben. Ezen belül is a legjelentősebb költségváltozást a kőolaj alapú, majd sorban a földgáz, végül a szén alapú technológiák

mutatják (d). A megújuló technológiák esetében egy vízszintes görbe jelzi az abszolút érzéketlenséget.

A diszkontráta változtatására az átlagos forgatókönyv szerint a költség-összetételükben a beruházási költségeket legnagyobb arányban tartalmazó technológiák mutatják a legnagyobb érzékenységet, így a vízenergia, az ár-apály, valamint jellemzően a megújuló energiaforrás-alapú technológiák (e). A terhelési tényező az egyetlen paraméter, melynek érzékenységi függvényei negatív meredekségűek lesznek, hiszen az adott erőmű teljesítményének annak maximális teljesítményéhez viszonyított hányadosát növelve az egységnyi MWh-ra jutó költségek csökkenését kell tapasztalunk. Az egységnyi változtatásra legérzékenyebben az alacsony terhelési tényezővel rendelkező megújuló energiaforrás alapú technológiák (szárazföldi és off-shore szélenergia), valamint a magas terhelési tényezővel, és az összes költségelem közül a terhelési tényező alakulásától leginkább függő, működési és karbantartási költségek kiemelten magas értékével jellemezhető (geotermikus, hullámvás energiájára épülő) erőművek reagálnak.

Az elérhető, műszaki karakterisztikájuk alapján is jelentősen differenciálódó termelési technológiák számának növekedésével az LCOE-alapú eljárásnak paraméterérzékenysége, az optimális döntést eredményező további megfontolások komplexitása keltette életre az igényt az újabb, a döntéshozatalt hatékonyabban szolgáló eljárások kifejlesztése iránt.

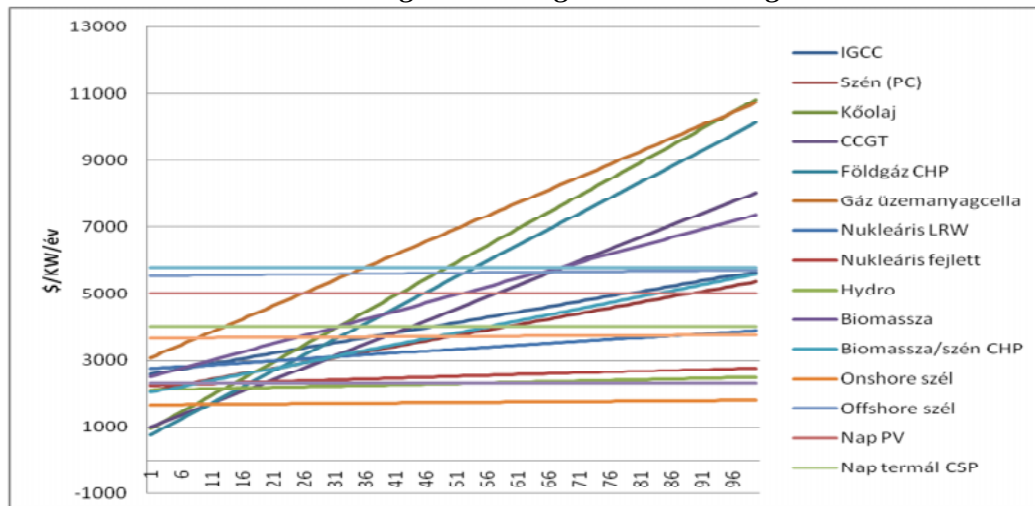
5.2. A sz r -görbe elemzés gyakorlati alkalmazása

A sz r -görbe elemzés túlmutat a teljes életciklus költség módszerrel azzal, hogy nem csupán a technológiák önálló, egységköltség alapú elemzését teszi lehetővé, de rajta keresztül elsőként kaphatunk képet egy optimális villamos-energia összetételről, valamint a különféle villamos-energia előállítási technológiák relatív gazdaságossági sorrendjéről (*merit*). A módszer alap gondolata, hogy szűrjük ki a magas egységköltségű technológiákat, mindezt úgy, hogy minden bizonytalansági tényezőt, és a technológiák közötti kölcsönhatásokat is figyelmen kívül hagyjuk.

Egy sz r -görbe az egyes technológiák teljes életciklus költségeit ábrázolja különböző terhelési tényezők mellett. Vagyis ahelyett, hogy a teljes életciklus számítások során feltételezett egyetlen terhelési faktor alapján hasonlítsunk össze a különböző villamos-energia előállítási technológiákat, **a módszer egy nyilvánvaló adalékkal szolgál, mégpedig a tévesen becsült terhelési faktor kockázatának közelítésével.**

A rostáló görbe abszcisszája a terhelési faktor lesz, ordinátája pedig a teljes életciklus költség (\$/KW/év). Az általam vizsgált 18 technológia esetében elvégeztem a sz r -görbék szerkesztését (36. számú ábra). A terhelési görbe különböző szintjei mellett a teljes életciklus minden olyan paraméterének újraszámítására volt szükség, melyet befolyásolt a terhelési faktor értéke⁵¹. Ahogyan a következő ábra is jelzi, mindez a sz r -görbék alakulása szempontjából azt eredményezte, hogy alacsony terhelési szinten viszonylag vonzóvá váltak azon technológiák, melyek alacsony beruházási költségük mellett magas m ködési költség-áramokkal jellemezhet ek (lásd k olaj, földgáz technológia), valamint a magasabb kapacitási szintek mellett a terhelési tényez változására kevésbé reagáló, magas beruházási, ugyanakkor alacsony m ködési költség (jellemz en megújuló) technológiák preferálása implikálódik.

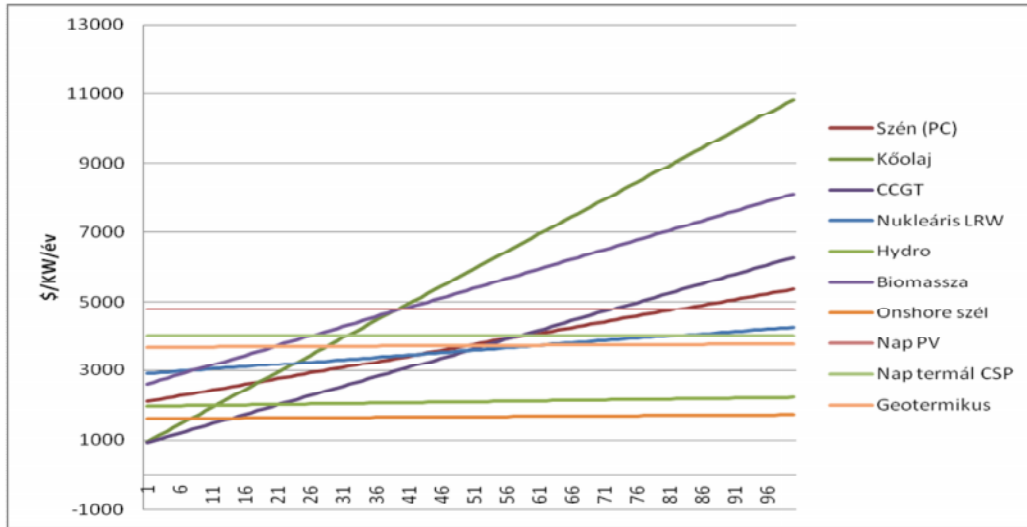
36. ábra Sz r -görbe a vizsgált 18 technológia esetében



Forrás: Saját szerkesztés

A sz r -görbe lehetővé teszi a kapacitás tervezés számára, hogy a terhelési faktorok függvényében sorbaállítsák a technológiákat, és "kirostálják" a magas költség eljárásokat. A sz r -görbék elemzése 18 technológiát feltételezve megkönnyíti a villamos-energia összetétel vizsgálatára irányuló feladatunkat, ezért lesz kitétem a technológiák körét, a potenciálisan a hazai villamos-energia portfólióba bevonható technológiákra (lásd 37. számú ábra).

37. ábra Sz kített sz r -görbe I.

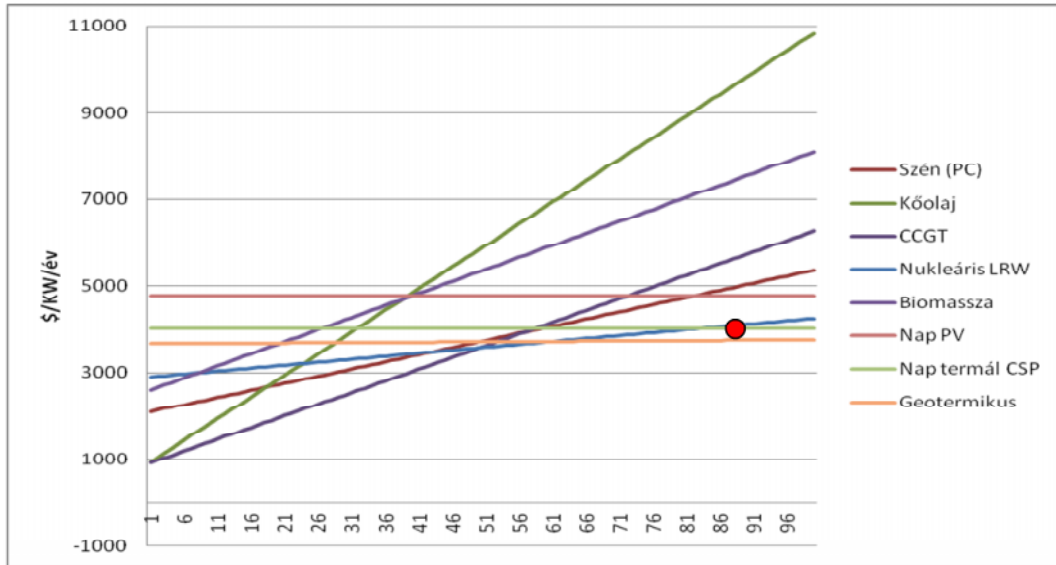


Forrás: Saját szerkesztés

A görbe lehet vé teszi a technológiák sorba rendezését különböző terhelési igények mellett. Amennyiben alacsony terhelési tényez mellett kívánunk termelni, a leggazdaságosabb technológia a legalacsonyabban futó sz r -görbével rendelkező földgáz er m , majd a szárazföldi szél er m sz r -görbéjével való metszéspontjától a legolcsóbb technológia szerepét átveszi az utóbbi a terhelési tényez k teljes terjedelmében. Nyilvánvaló azonban, hogy amennyiben egy ország teljes terhelésének lefedésében gondolkodunk, az alacsony egységmértékkel rendelkező megújuló energiaforrás alapú technológiák alaper m ként nem jöhetnek számításba.

Amennyiben kivesszük a vizsgált technológiák köréb l a szárazföldi szél er m veket, a problémánk csak részben oldódik meg, hiszen a megközelít leg 21%-os terhelési szintnél kialakuló következő metszéspontja a földgáz technológiának a víz er m rostáló görbéjével jön létre. A nagy víz er m vek képesek lehetnek jelent s kapacitásigény kielégítésére (lásd *Brazília 18314 MW teljesítmény víz er m* (OECD, 2011)) a hazai villamos-energia portfólióba mindössze kisvíz er m vek bevonása feltételezhető (a jelenlegi hazai villamos-energia összetételben a víz, a hydro er m vek 0,5%-ban vannak jelen (Mavir, 2011)). Következésképpen célszerűnek láttam a víz er m vek sz r -görbéjének eltávolítását az elemzés során.

38. ábra Sz kített sz r -görbe II.

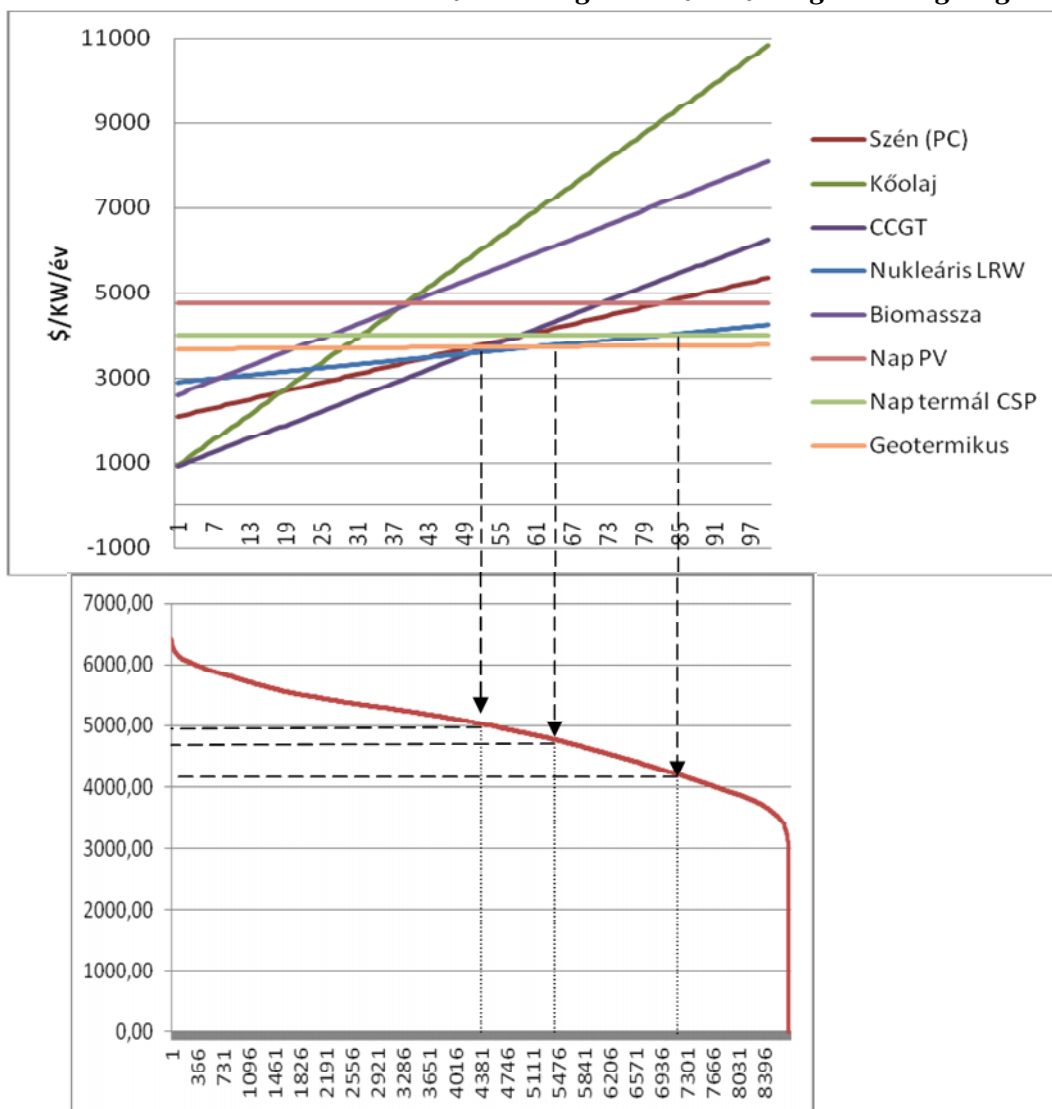


Forrás: Saját szerkesztés

Az így létrejövő ábra nyolc technológiából áll. A sz r -görbe rendszer metszéspontjai alapján egészen az 51%-os terhelésig a földgáz erőművek bizonyulnak a leggazdaságosabb portfólió elemnek, ezt követi a nukleáris technológia 66%-ig, majd átveszi a legolcsóbb technológia szerepét a geotermikus erőmű. A 38. számú ábrán bejelöltem a 86%-nál létrejövő metszéspontot, melyet abban az esetben értelmezhetnénk, ha a geotermikus erőműveket kivesszük a vizsgálatból. Ebben az esetben ugyanis az 51%-os terhelés és a 86%-os terhelés között atomenergiával volna gazdaságos villamosenergiát előállítanunk.

A villamos-energia portfólió optimalizálás e tradicionális megközelítése során tehát minden technológia esetében meghatároztuk a költséggörbéket a terhelési faktor függvényében. Egy kiegészítő lépéssel előállíthatunk egy éves terhelési görbét, mely terhelési görbe a termelési kapacitás és a kapacitás hasznosítás közötti kapcsolatot ábrázolja. Az utóbbi görbe abszcissza tengelye az órák száma, míg az ordináta a tényleges kapacitás. Egy alternatív ábrázolási mód az abszcissza tengelyen a kapacitás hasznosítási rátát, míg ordináta tengelyén a kapacitás igényt ábrázolja (lásd 39. számú ábra). A sz r -görbék metszéspontjainak levetítésével a terhelési görbére, lehetővé válik a különböző technológiák kiépítendő kapacitásának meghatározása.

39. ábra *Er m* összetétel meghatározás *s r* -görbék segítségével



Forrás: Saját szerkesztés

A módszer tökéletesen alkalmas arra, hogy elvégezzük a technológiák, a portfólióba potenciálisan bevonható alternatívák rostálását anélkül, hogy figyelembe vennénk az intertemporális költség-hatékonysági kölcsönhatásokat, valamint a különféle beruházások hozzájárulását a rendszer stabilitásához.

*Ugyanakkor a vizsgálat során figyelmen kívül hagyott, az optimális összetételt befolyásoló tényezők (technológia egység méret, variabilitás, rendszer stabilitás, kényszerített *er m* leállások stb.) száma folytán a módszer csak kiegészítő, és semmiképpen nem helyettesíti je egy részletes kapacitás tervezési eljárásnak.*

5.3. A determinisztikus egyenértékes eljárás gyakorlati alkalmazása

Jelenünk kapacitás tervezés feladata a bizonytalansági tényezők számossága, a versenykörnyezet dinamizmusa, valamint az egyre volatilisabbá váló f t anyag-árak következtében rendkívül bonyolulttá vált. A bizonytalansági tényezők elemzésbe foglalásának **első állomása egy determinisztikus, a lineáris programozás eljárását felhasználó modell** volt, mely a bizonytalanságot még meglehetősen egyszerű módon, egy várható érték azonosításán keresztül vette figyelembe.

A determinisztikus egyenértékes eljárás a villamos-energia beruházási problémát egy **tradicionális lineáris programozási feladatként** írja le. A módszer lényege egy optimális kapacitás beruházási terv azonosítása, mely során választ kapunk a bevonandó alternatívák körére, a beruházás időpontjára, a kiépítendő kapacitás nagyságára, azzal, hogy akár a már üzembevezetett erőműveket, kapacitásokat is figyelembe tudjuk venni különféle korlátokon keresztül.

A lineáris programozás algoritmikus erősségeinek kihasználása, a kereslet, a kapacitás és a f t anyag rendelkezésre állás korlátai mellett, továbbra is a legalacsonyabb költség összetétel azonosítása a célunk.

Ahogy azt a determinisztikus egyenértékes elnevezés is jelzi, **a módszer determinisztikus, vagyis minden input adatot ismerünk, melyek eleve determinálják a lehetséges kimeneteket, valamint a módszer determinisztikus korlátokkal dolgozik, a linearitást pedig a célfüggvény és a korlátok linearitása teremti meg.** A bizonytalan tényezőkről, úgy mint a f t anyag árak, a várható kereslet alakulása stb., azt feltételezzük, hogy állandóak a vizsgált időintervallum alatt. Ezek értékét az elemzéskor elérhető legpontosabb és leghitelesebb információk alapján tápláljuk be a modellbe. Vagyis minden egyes input paramétert azok várható értéke alapján vesszük figyelembe ahelyett, hogy a valószínűség-eloszlásokra támaszkodnánk, és ezzel sztochasztikus modellt vizsgálnánk.

A determinisztikus módszerek nem veszik figyelembe a kapacitás tervezés döntés szekvenciális természetét. Vagyis a determinisztikus eljárással meghatározott beruházási ütemterv mindössze a vizsgált intervallumra tekinthető optimálisnak. A lehető legjobb döntés meghozatala érdekében a tervezési időhorizontot célszerű rövid optimalizációs szakaszokra osztani, és ezekre végrehajtani az eljárást. Majd a következő szakaszra, az

input adatokra készített újabb elrejelzések alapján új futtatást végezni, majd mindezt ismételni egészen a tervezési időhorizont végéig.

A módszer egyértelmű elnyei és máig is tartó sikerének titka annak matematikai gyökereiben, vagyis számítási erejében rejlik, hiszen lineáris függvényeivel megfelelően képes közelíteni az alapvető technikai és költségkapcsolatokat. Éppen ezért célszerűnek láttam a módszer elnyeinék saját kutatáson keresztüli feltárását, **a korábbi legalacsonyabb költség alapú közelítésekhez képesti hozzáadott értékének azonosítását.**

Első lépésként egycélú lineáris programozási modellt alkottam. **A célfüggvény:**

9. képlet *A villamosenergia-termelés költségminimalizálásra irányuló LP modellje*

$$\text{Min } TC = \sum_{i=1}^{11} w_i \cdot (LCOE_i^{BK} + LCOE_i^{OMFC} + LCOE_i^{OMVC} + LCOE_i^{FA} + LCOE_i^{KARBON})$$

Forrás: Saját szerkesztés (Sun et al., 2006) alapján

A korlátok:

10. képlet *Az LP modell korlátai*

$$\sum_{i=1}^{11} w_i \geq 0; \quad \sum_{i=1}^{11} w_i = 40.000.000 \text{ MWh}$$

$$6.000.000 \text{ MWh} \leq w_{szén} \leq 6.500.000 \text{ MWh}$$

$$15.000.000 \text{ MWh} \leq w_{nukleáris} \leq 16.000.000 \text{ MWh}$$

$$11.000.000 \text{ MWh} \leq w_{földgáz} \leq 12.000.000 \text{ MWh}$$

ahol

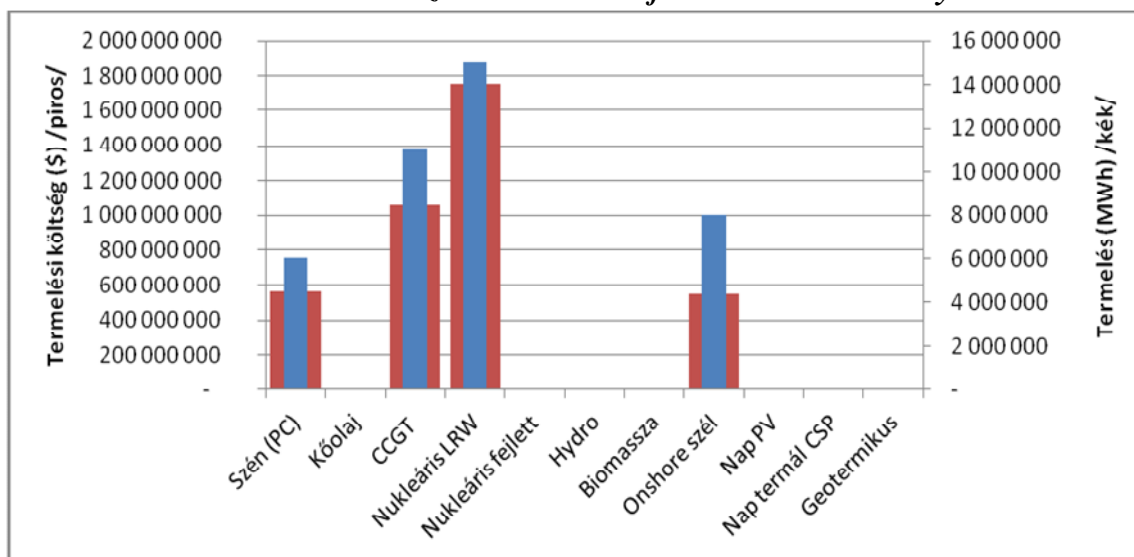
- ❖ w_i az i technológia villamosenergia-termelése (MWh) (változó)
- ❖ $LCOE_i^{BK}$ az i technológia beruházási teljes életciklus költsége (\$/MWh)
- ❖ $LCOE_i^{OMFC}$ az i technológia működési és karbantartási állandó teljes életciklus költsége (\$/MWh)
- ❖ $LCOE_i^{OMVC}$ az i technológia működési és karbantartási változó teljes életciklus költsége (\$/MWh)
- ❖ $LCOE_i^{FA}$ az i technológia földgáz teljes életciklus költsége (\$/MWh)
- ❖ $LCOE_i^{KARBON}$ az i technológia karbon teljes életciklus költsége (\$/MWh)

Forrás: Saját szerkesztés

Az optimalitás vizsgálatot a Microsoft Excel™ Solver segítségével végeztem el 11 kiválasztott, a hazai villamosenergia-portfólióba potenciálisan bevonható technológiára nézve⁵². A 11 kiválasztott technológia, melyre végrehajtottam a költség-minimalizálási optimalizációt a hagyományos technológiák közül a szén-, a kőolaj-, földgáz-, valamint nukleáris hasadóanyag alapú technológiák; a megújuló technológiák közül pedig a víz-, szárazföldi szél-, a nap-, a geotermikus, valamint a biomassza erőművek voltak.

A teljes életciklus adatok esetében az átlagos forgatókönyv 10%-os t keköltség mellett értelmezett adatsorait használtam fel. A korlátok megfogalmazásakor a *Magyar Villamos-energia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkör en M köd Részvénytársaság* (továbbiakban Mavir Zrt.) által minden évben, a Magyar Villamos-energia-rendszerr l (VER) közölt statisztikai adatokat (2011) használtam fel, mely szerint a hazai villamosenergia-termelés éves szinten 40 TWh⁵³.

40. ábra Az LP modell els futtatásának eredménye



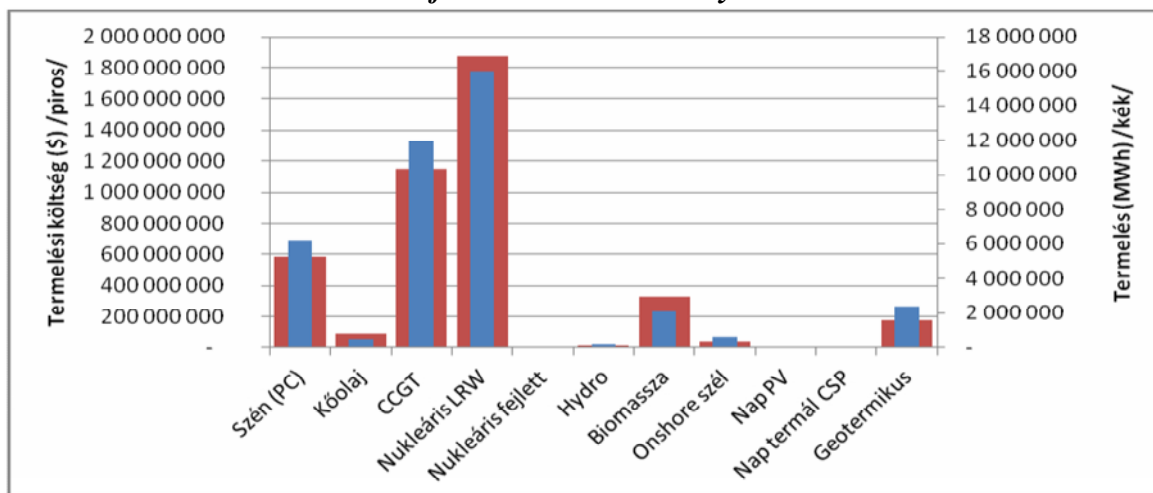
Forrás: Saját szerkesztés és számítás

Az egyes technológiák villamosenergia-termelésére vonatkozó korlátokat azok múltbeli adatsorainak átlagai alapján határoztam meg. A futtatás eredménye szerint egy, a fenti korlátoknak megfelel , költség-minimalizáló portfólió 15%-ban szén, 28%-ban földgáz, 38%-ban nukleáris technológiából, valamint 20%-ban szárazföldi szélenergiából származik (lásd **40. számú ábra**)⁵⁴.

A kapott eredmény szerint a fixen a portfólióba bevonandó szén-, földgáz- és nukleáris technológia mellett a szárazföldi szél er m vek bevonása érdemes 8 millió MWh-nyi termeléssel, ami figyelembe véve az aktuális hazai összetételen belüli 1,43%-os, 534 ezer MWh-nyi szélenergia alapú villamosenergia-termelést nyilvánvalóan nem reális részesedés. A Magyar Szélenergia Társaság (2010) adatai szerint a hazai szárazföldi szél er m vek átlagos teljesítménye 2 MW er m venként, ami a külföldi adatbázisokból elérhet átlagos 37%-os terhelési tényez alapján egységenként 6500 MWh-nyi villamosenergia-termelést helyez kilátásba. A 8 millió MWh-nyi termelést 1230 egységnyi

széler m képes el állítani. Vagyis ezen a ponton célszer nek láttam egy újabb korlát megfogalmazását, mégpedig a megújuló energiaforrás alapú technológiákra vonatkozóan⁵⁵.

41. ábra Az aktuális 2010. évi hazai villamos-energia-összetételre felírt LP modell futtatásának eredménye



Forrás: Saját szerkesztés és számítás

A **41. számú ábráról** jól látszik a megújuló energiaforrás alapú technológiák egységmértéke alapján megfogalmazott reális modell korlátok eredményeként a biomassza, valamint a geotermikus technológiák tényerése. Ezt követ en a kapott adatokhoz, összetételekhez és a teljes költséggel eljárással való összehasonlítás érdekében célszer nek láttam az aktuális hazai villamos-energia-összetételre vonatkozó modell futtatást. Az eredményt a következ ábra összegzi. A módosított korlátok a következ képpen lettek betáplálva (Mavir, 2011).

11. képlet

Az LP modell új korlátai

$$\sum_{i=1}^{11} w_i \geq 0; \quad \sum_{i=1}^{11} w_i = 40.000.000 \text{ MWh}$$

$$w_{\text{földgáz}} = 12.000.000 \text{ MWh};$$

$$w_{\text{nukleáris}} = 16.000.000 \text{ MWh};$$

$$w_{\text{víz}} = 200.000 \text{ MWh}$$

$$w_{\text{biomassza}} = 2.100.000 \text{ MWh};$$

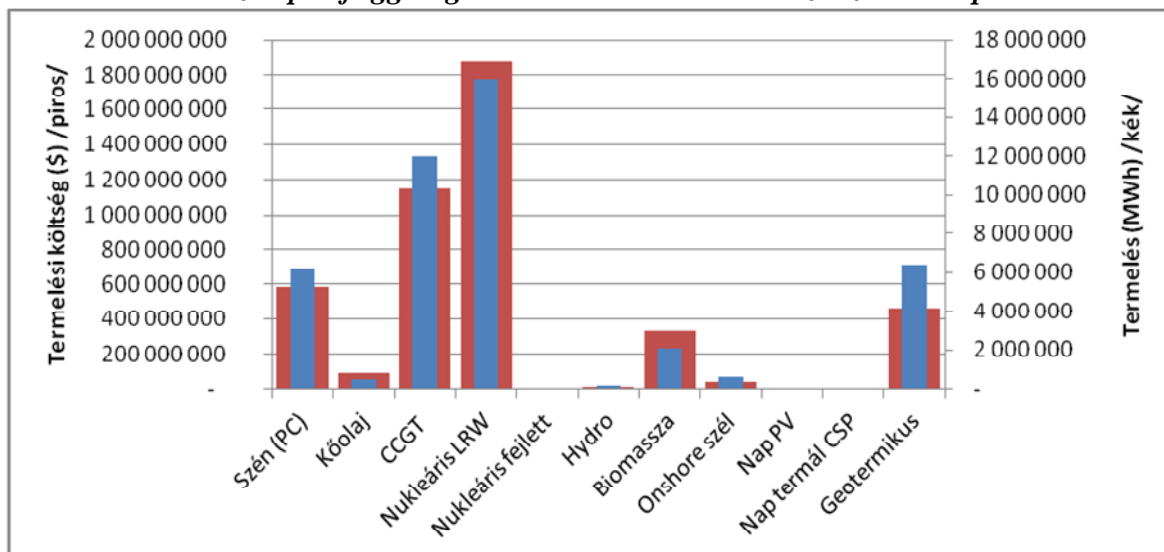
$$w_{\text{szél}} = 600.000 \text{ MWh};$$

$$w_{\text{szén}} = 6.200.000 \text{ MWh}$$

$$w_{\text{olaj}} = 500.000 \text{ MWh}$$

Forrás: Saját szerkesztés

42. ábra Az importfüggőség csökkentése érdekében eszközrendezés kapacitásb vítés



Forrás: Saját szerkesztés és számítás

Egy további vizsgálat során 10%-os keresletnövekedést feltételezve a villamosenergia kapacitás b vítésének lehet ségét elemeztem, továbbra is a költségminimalizálást célként megfogalmazva. Az új egycélú lineáris programozási modellem korlátainak azonosításakor a potenciálisan az összetételben szerepl , illetve szerepeltethet technológiák jelenlegi súlyarányát alsó korlátként, illetve a Kádár (2010) által megfogalmazott b vítési lehet ségek alapján kalkulált kapacitás-arányokat fels korlátként definiáltam.

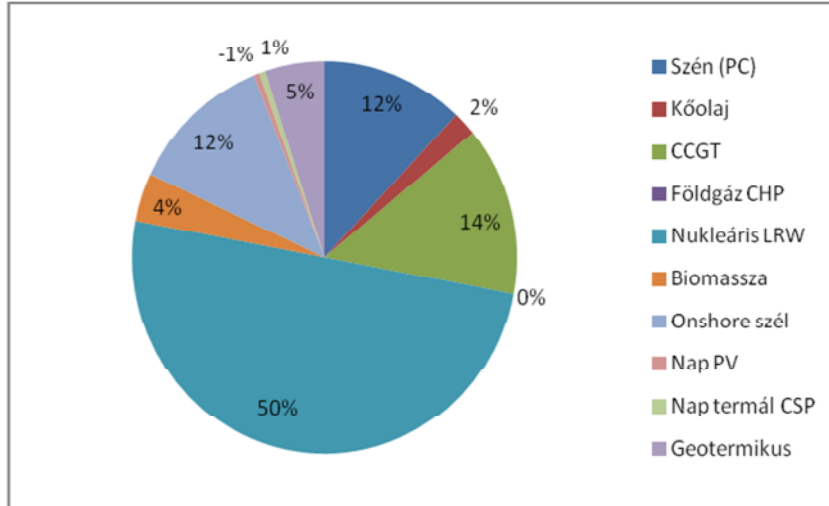
12. képlet	A 3. számú LP modell korlátai		
$\sum_{i=1}^{10} w_i \geq 0$;	$\sum_{i=1}^{10} w_i = 100\%$		
$12\% \leq w_{szén} \leq 15\%$;	$2\% \leq w_{kőolaj} \leq 5\%$;	$30\% \leq w_{földgáz} \leq 35\%$;	
$40\% \leq w_{nukleáris} \leq 50\%$;	$4\% \leq w_{biomassza} \leq 6\%$;	$4\% \leq w_{szél} \leq 12\%$;	
$0,5\% \leq w_{nap1} \leq 2\%$;	$0,5\% \leq w_{geotermikus} \leq 5\%$;	$0,5\% \leq w_{nap2} \leq 2\%$	

Forrás: Saját szerkesztés

A napenergiára vonatkozó korlátok megfogalmazásakor a Mavir (2011) statisztikák által összesítve közölt értékek esetében a jelenlegi (1%-os) részarányt, valamint a potenciális részarányt (4%) felezve jártam el. A minimális összköltség összetétel elmozdul az egységköltséget tekintve drága hagyományos fosszilis technológiáktól az olcsó egységköltségű nukleáris, illetve megújuló technológiák irányába.

A következő ábra a modell eredményeit mutatja.

43. ábra A kapacitás b vítés figyelembe vétele a költségminimalizálás során

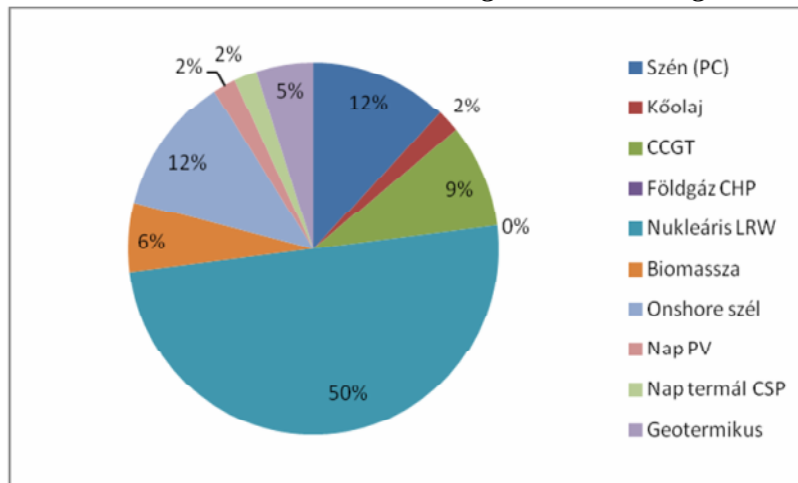


Forrás: Saját szerkesztés és számítás

Vegyük észre, hogy a minimális összköltség termelési portfólió 80%-ban hagyományos technológiából áll, valamint 20%-ban megújuló erőforrásokból. Figyelembe véve a 13%-os uniós célkitűzést Magyarország esetében, az eredmény több szempontból elemzendő. Egyrészt a megújuló energia mellett károsodók ezeket az adatokat felhasználhatják a technológiák propagálása érdekében, hiszen költség szempontból, hangsúlyosan a technológiák közötti kölcsönhatások figyelmen kívül hagyásával, egységnyi villamosenergia outputra vetített költségek alapján létjogosultnak bizonyulnak a jövő energia összetételében.

Más részről amennyiben egy lineáris programozási modell keretében a teljes összetétel karbon költségének minimalizálását definiáljuk modell célként, a villamosenergia-mix további aránytölődését tapasztaljuk a megújuló technológiák irányába.

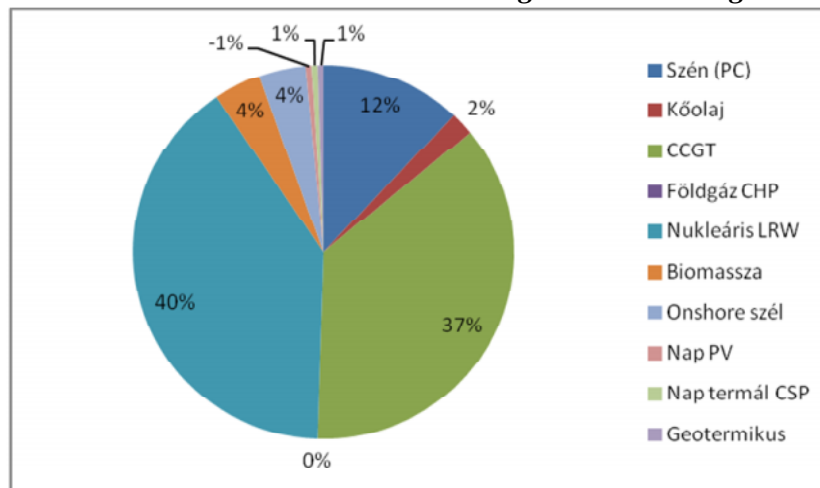
44. ábra A minimális karbon költség villamosenergia-összetétel



Forrás: Saját szerkesztés és számítás

Ugyanakkor amennyiben egy újabb programozási feladat céljaként a teljes villamosenergia-összetétel beruházási költségének minimalizálását tesszük ki, többé kevésbé választ kapunk arra, hogy a fenti arányeltolódás a megújuló energiaforrás alapú technológiák irányába miért nem zökken mentes. **Ahogy az a korábbiakban a teljes életciklus költség költség belső szerkezetének elemzésekor láttuk, a megújuló technológiák beruházási egységköltsége jelentősen meghaladja a hagyományos technológiák azonos költség paraméterét. Mindez következtében minimális beruházási költség villamosenergia összetétel eredményezi.** (Vegyük észre, hogy a lineáris programozási feladat a teljes rendszer kiépítését feltételezi, a b vítvend kapacitás beruházási költsége nem különül el.)

45. ábra A minimális beruházási költség villamosenergia-összetétel



Forrás: Saját szerkesztés és számítás

A villamosenergia-mix ebben az esetben 9,5%-ban megújuló energiaforrás alapú, 90,5%-ban a hagyományos technológiákra épül. Amennyiben a modell újabb korlátjaként a megújuló technológiák 13%-os részarányát definiáljuk, az összetétel rávilágít a megújuló technológiák preferált fajtájára, illetve fajtáira. Az eredmény alapján a biomassza 2%-os növelése, illetve a szélenergia részarányának 1,5%-os növelése eredményezi a beruházási költségek szempontjából optimális energia-összetételt, jellemzően az "olcsó" földgáz technológiák "kárára".

A lineáris programozás számos egyedi elemzési perspektíva, a területi, földrajzi, környezeti, technológiai, illetve tervezési adottságokhoz igazodó korlátok, és nem utolsósorban a meglévő kapacitáshoz képesti b vitések hatásainak figyelembe vételét teszi lehetővé. A módszer korlátok megfogalmazásán keresztül egyaránt képes megragadni egy-egy technológia iránt a társadalom oldaláról érkező negatív, illetve

pozitív jelzéseket; a szabályozók környezeti szempontok mentén megfogalmazott elvárásait; valamint a fogyasztók költség-, illetve ár-érzékenységét. A modellek hátrányaként mindenképpen, azok kockázatok és technológiák közötti kölcsönhatások mell zésével végrehajtott, pusztán költség-alapú döntéstámogatását emelném ki.

5.4. A portfólió-elmélet gyakorlati alkalmazása

Mivel a teljes költség módszer nem képes megfelelni a visszatükrözni az üzleti kockázatokat a kompetitív piacokon, olyan módszerekkel kell kiegészíteni, melyek képesek a jövőbeni költségekkel és bevételekkel kapcsolatos kockázatok figyelembe vételére. A dolgozat elméleti fejezetében kifejtésre került, hogy erre a Markowitz-féle portfólió-elmélet képes. A portfólió-elmélet hasznos lehet a tradicionális értékelési megközelítések kiegészítésére, és egy ország vagy közm szolgáltató informálására, egy a liberalizált energia piacokon jelentkező kritikus kockázatokat, kockázati hatásokat minimalizáló optimális villamos-energia portfólió azonosításakor.

Az energia politika esetében a portfólió alapú technikák képesek javaslatot tenni a diverzifikált villamosenergia-termelési portfólió el állítására olyan ismert kockázati szintek mellett, melyek arányosak a várható átfogó villamos energia termelési költségekkel. Vagyis a hatékony villamosenergia-termelési portfóliók képesek lehetnek a társadalom energiaár-kockázatának minimalizálására.

Az energia tervezés nem sokban tér el a pénzügyi eszköz befektetésektől, melyek portfólióit a befektetők széles körben alkalmazzák kockázatkezelési és teljesítmény maximalizálási célra. A villamos energia termelés esetében sem az adott technológia mai költségei mérvadóak, hanem az adott technológia portfólió költségei. **Egy adott időpontban a portfólió egyes elemei rendelkezhetnek magas költségekkel, míg mások alacsonnyal, ugyanakkor idővel az alternatívák egy megfelelően megválasztott kombinációja képes lehet a kockázathoz viszonyított átfogó villamosenergia-termelési költségek minimalizálására.**

A villamosenergia-tervezés azonban el kell hogy vonatkoztasson az egyetlen legalacsonyabb költség alternatíva kutatásától, hogy inkább a hatékony (illetve optimális) villamos-energia el állítási portfóliók azonosítására koncentráljon.

A következőkben a Markowitz-féle portfólió-elmélet segítségével kísérlem meg a különböző érdeklési körök szempontjai szerint optimális villamosenergia-összetétel azonosítását. A korábbiakban vizsgált 18 villamosenergia-termelési technológia körét szűkítettem öt technológiára. Ezek a földgáz-, a szén-, a kőolaj alapú, a nukleáris, valamint egy megújuló technológia. A megújuló technológiák közül a hazai aktuális villamos-energia mixben legnagyobb részarányt képviselő szélenergiát választottam.

5.4.1. A portfólió-kockázat számszerűsítése

A célunk egy adott kockázati szinten legalacsonyabb költség, illetve adott költség szinten legalacsonyabb kockázatú összetétel azonosítása, így hozamnak a villamos-energia portfólió költségét fogjuk tekinteni, amit a már korábbiakban, három lehetséges forgatókönyv esetében ismertetett teljes életciklus költséggel (LCOE) vonunk be a vizsgálatba.

A kockázat ezzel szemben korántsem ilyen egyszerű kérdés. **Hogyan fejezhetnénk ki a villamos-energia összetétel kockázatát?** Számos tanulmány eltérő feltevéseivel találkozottam a források áttekintésekor. Ezek a feltevések nyilvánvalóan kiindultak a pénzügyi instrumentumok esetében értelmezett portfólió kockázattal való analógiából, vagyis a portfólió kockázat függ az egyes portfólió elemek múltbeli adatok alapján kalkulált egyedi kockázatától, a portfólióba bevont elemek hozamainak együttmozgásától, valamint azoknak a portfólión belüli súlyarányától.

Amennyiben ezt az analógiát a villamos-energia előállítás technológiákra értelmezzük, akkor a villamosenergia-portfólió kockázata függ

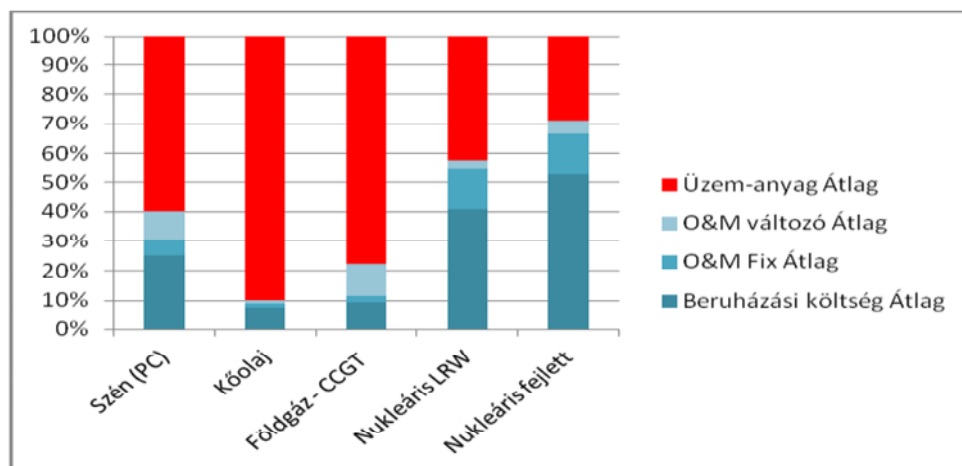
- ✓ *a portfólióba bevont technológiák teljes életciklus költségének múltbeli adatok alapján kalkulált egyedi szórásától,*
- ✓ *a technológiák költségalakulásának együttmozgásától,*
- ✓ *valamint azoknak a portfólión belüli súlyarányától.*

A probléma ott kezdődik, hogy az egyes villamos-energia előállítás technológiák esetében nem áll rendelkezésre múltbeli adatsor azok költségalakulásáról, következésképpen azok együttmozgásának irányáról, illetve erősségéről sem tudunk megállapításokat tenni. Amennyiben ezen a ponton felmérjük a lehetőségeinket észrevehetjük, hogy a teljes életciklus költség kockázatának számszerűsítése komplex feladatnak bizonyul.

Számos tanulmány próbálkozott már e kockázat számszer sítésével. (Awerbuch, 2000; Awerbuch et. al., 2004; Awerbuch - Berger, 2003). A legtöbbben éltek azzal a feltevéssel, hogy a teljes életciklus költség kockázata kifejezhető a f t anyag költség kockázatával, melyet az egyes f t anyagok világsi áralakulásának (HPR) volatilitásával fejeztek ki. Mindegyértelm leegyszer sítése az egyes termelési technológiák költségkockázatának, és a megújuló energiaforrás alapú technológiák kockázatmentes technológiává kikiáltása.

Amennyiben a portfólió-elemzés során kockázatnak mindössze a f t anyag-kockázatot tekintenénk, valóban minden megújuló energiaforrás alapú technológia teljesen kockázatmentesnek bizonyulna. Ez az egyszerű sítés a korábbi energia-összetétel vizsgálatok során azért is bizonyult helytállónak, mert a hagyományos, fosszilis energia alapú technológiák teljes életciklus költségének jelent s részét a f t anyag költségek teszik ki (46. számú ábra).

46. ábra A hagyományos technológiák költség szerkezete az átlagos forgatókönyv esetében



Forrás: Saját szerkesztés

Az, hogy egy adott technológia, illetve a technológiák egy csoportja (megújuló) egy költségelemre (f t anyag) kockázatmentesnek tekinthető, az nem jelenti azt, hogy a másik három költségparaméter esetében is kockázatmentes.

A megújuló technológiák moduláris jellegük, flexibilitásuk, alacsony egységmérték folytán (Browser et. al., 1997; Hoff, 1997, Venetsanos et. al., 2002) viszonylag csekély beruházási költség kockázattal jellemezhetőek, azonban ne felejtjük el, hogy ez a modularitás egyben azt is eredményezi, hogy a hagyományos technológiák átlagos egységmértékét a megújuló energiák számos moduljának üzembe helyezésével tudnánk

kiváltani, illetve pótolni, mely az egységnyi MWh-ra vetített beruházási költséget jelent sen növeli.

Következésképpen fontosnak tartom a mind a négy költségtényező szempontjából történő kockázat-számszerűsítést. A f t anyag-költség kockázatát a forrásokhoz hasonlóan a f t anyagár-alakulás volatilitásaként fejeztem ki, kihasználva az elérhető historikus adatsorok adta lehetőséget. A másik három költségelem esetében azonban ezen adatsorok híján nem élhettem az évenkénti költségváltozás szórásának számszerűsítésével, így becslési eljárásokhoz kellett folyamodnom, vagyis olyan adatsorokat találnom, melyek képesek replikálni az egyes befolyásoló LCOE-paraméterek költségalakulását.

Amennyiben ezen költségelemeket egymástól függetlennek tekinthetnénk, azok teljes életciklus költségen belüli súlyarányuknak megfelelően meghatározhatóvá tennék az egyes technológiák költségkockázatát. A költségelemek alakulása azonban egyértelmű, hogy nem függetlenek egymástól.

13. képlet *Egy adott technológia költség-varianciájának számszerűsítése*

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + 2 \cdot \left(\sum_{j=1}^n \sum_{k>j}^n w_j \cdot w_k \cdot \sigma_{jk} \right)$$

ahol

- ❖ σ_p a portfólió szórás, illetve annak négyzete a portfólió variancia, ahol most portfólió szórás alatt az adott technológia egyedi költségkockázatát értjük
- ❖ σ_i az adott költségelem szórása
- ❖ σ_{jk} a j-dik és a k-dik költségelem kovarianciája; és $\sigma_{jk} = \rho_{jk} \cdot \sigma_j \cdot \sigma_k$, ahol ρ_{jk} a j és k költségelem közötti korreláció
- ❖ w_i az adott költségelem teljes életciklus költségen belüli súlyaránya

Forrás: Saját szerkesztés (Markowitz, 1952) alapján

Vagyis a villamos-energia összetétel vizsgálatakor a portfólióba bevonandó technológiák kockázatának számszerűsítésekor egy újabb portfólió-elméleti feladat előtt találtam magam, hiszen a technológiák kockázatát csak úgy voltam képes azonosítani, ha elsőslegesen a költségelemek egyedi kockázatának meghatározását követően az azok közötti korrelációt becsülöm, majd a teljes életciklus költségen belüli súlyarányuk alapján egy négy elemű portfólió szórását számszerűsítem⁵⁶.

23. táblázat
Portfólió-súlyok

	BK	OMFC	OMVC	FA
Szén (PC)	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
K olaj	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Földgáz - CCGT	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Nukleáris LRW	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Nukleáris fejlett	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Biomassza	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Onshore szél	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Nap PV	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Nap termál	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
Geotermikus	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄

A költség-portfóliók kockázat-számszer sítésének input adatai
A költségelemek egyedi szórásai

	BK	OMFC	OMVC	FA
Szén (PC)	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
K olaj	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Földgáz - CCGT	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Nukleáris LRW	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Nukleáris fejlett	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Biomassza	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Onshore szél	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Nap PV	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Nap termál CSP	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
Geotermikus	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4

Korrelációk

KÖLTSÉGELEM	BK	OMFC	OMVC	FA
BK	ρ_{11}	ρ_{12}	ρ_{13}	ρ_{14}
OMFC	ρ_{21}	ρ_{22}	ρ_{23}	ρ_{24}
OMVC	ρ_{31}	ρ_{32}	ρ_{33}	ρ_{34}
FA	ρ_{41}	ρ_{42}	ρ_{43}	ρ_{44}

Forrás: Saját szerkesztés

A portfólió súlyok a korábbi teljes életről költség számításokból ezen a ponton rendelkezésre állnak három forgatókönyv esetében, két lehetséges (5 és 10%-os) diszkontrátát feltételezve. Ezek a súlyok a következő táblázatnak megfelelően alakulnak (24. számú táblázat).

24. táblázat A költség-portfóliók portfólió súlya*

		Szén (PC)	K olaj	Földgáz - CCGT	Nukleáris LRW	Nukleáris fejlett	Bio-massza	Onshore szél	Nap PV	Nap termál	Geotermikus
Átlag_5%	BK	25%	8%	9%	41%	52%	20%	79%	86%	91%	56%
	OMFC	5%	1%	2%	14%	14%	7%	17%	14%	9%	41%
	OMVC	9%	1%	11%	3%	4%	9%	4%	0%	0%	3%
	FA	60%	90%	78%	42%	29%	64%	0%	0%	0%	0%
Átlag_10%	BK	39%	13%	15%	61%	72%	32%	86%	91%	94%	70%
	OMFC	4%	1%	2%	9%	8%	6%	12%	9%	6%	28%
	OMVC	8%	1%	10%	2%	3%	8%	3%	0%	0%	2%
	FA	49%	85%	73%	28%	17%	55%	0%	0%	0%	0%

*5 és 10%-os diszkontára, illetve három lehetséges forgatókönyv esetében

Forrás: Saját számítás

A következő lépés a költségelemek szórásának számszer sítése. Mivel sem az állandó, sem a változó működési és karbantartási költségek, illetve a beruházási költségek esetében sem érhet el múltbeli adatsorok, ezért az egyetlen megoldásnak a költségtényez k

közelítése, illetve becslése adódott. Ahogyan azt a források áttekintésekor tapasztaltam sok szerző feltételezte ezzel analóg, hogy fellelhető olyan pénzügyi instrumentum, mely a működési és karbantartási költségekhez hasonló időbeli lefutást mutat.

Az állandó működési és karbantartási költségek esetében Brealey és Myers (2000) azokat egy vállalat adósságaival azonos pénzügyi lefutásúnak titulálja. Vélekedésük szerint mindaddig, míg egy bizonyos létesítmény birtokában lévő vállalat elegendő árbevételt képes realizálni, addig képes a működési és karbantartási fix kötelezettségeit kielégíteni. Mindez hasonlítható egy vállalat kamatkötelezettségéhez, melyek rendezésére addig képes, amíg megfelelő nagyságú bevételhez jut.

Berger és társai (2003) az európai energia-összetétel tanulmányozásakor éppen ezen logikát felhasználva az állandó működési költségek szórását a vállalatok hosszú távú adósság-állományának szórásával közelítették. Az elérhető 2010. évi Ibbotson Évkönyv (2010) hosszú lejáratú vállalati kötvényhozamai 1926-2009 között 8,3%-os szórást mutatnak (**25. számú táblázat**). A működési és karbantartási állandó költségek szórását a továbbiakban ezzel az értékkel közelítettem.

25. táblázat	Hosszú lejáratú kötvényhozamok 1926 és 2009 között		
	Geometriai átlag	Aritmetikai átlag	Szórás
Hosszú lejáratú vállalati kötvények	5,9%	6,2%	8,3%

Forrás: Ibbotson (2010) 4. oldal

A változó működési és karbantartási költségek szórásának becslése volt a következő feladat. E költségtényező volatilitásának becsléséhez szintén egy közelítést alkalmaztam. A költségcsoportot azért tekintjük változónak, mert a kibocsátás alakulásával, vagyis az energiaszektor MWh-ban értelmezett villamos-energia output mennyiségével mutat (lineáris, degresszív, vagy progresszív) kapcsolatot. Ez a villamos-energia kibocsátás egy nemzetgazdasági gazdasági aktivitásának, ezzel közvetetten makrogazdasági hatásoknak függvénye.

Mivel a gazdasági aktivitás, a makrogazdasági hatások volatilitását legtöbbször a piac fluktuációjával közelítjük, ezért az energiatervezés során nem torzítjuk szignifikánsan az adatokat, ha a működési és karbantartási változó költségek szórását egy jól diverzifikált piaci portfólió hozamainak szórásával becsüljük. A Standard and Poor's 500-as Indexének 1950-2012 közötti adatsora alapján a tartási periódusra jutó hozamok szórása 17,8%.⁵⁷

26. táblázat S&P 500-as index hozam és szórás alakulása 1950-2012

	Aritmetikai átlag	Szórás
S&P 500	9,21%	17,8%

Forrás: finance.yahoo.com

A **beruházási költségek szórásának** becslésekor több tényezőt figyelembe vételére volt szükség. Egyes tanulmányok, illetve jelentések megkísérelték leírni a beruházási költségek általános alakulását (Tidball et. al., 2010), megbecsülték azok volatilitását; összességében azonban a technológiánkénti megkülönböztetés elmaradt. Csekély azon tanulmányoknak a száma, melyek teljes körűen, az összes, a piacon elérhető technológia esetében becsülnék meg a beruházási, kivitelezési költségeket, illetve azok kockázatát, holott a technológia komplexitása, a kivitelezési időszak hossza, a technológia egységmérete csak néhány, a volatilitást egyedivé tevő tényezők közül (Awerbuch - Yang, 2008).

Berger és társai (2002) munkájukban a beruházási költségek kockázatát minden technológia esetében a működési és beruházási változó költségekhez hasonlóan egy jól diverzifikált piaci index volatilitásával közelítették, míg Bacon et. al. (1996) egy, a Világbank számára, a termál és vízenergia alapú erőművek költségalakulásáról készített munkájukban az előbbi esetében 23, az utóbbiak esetében 38%-os volatilitást tapasztaltak az 1965 és 1986 közötti időszak adatai alapján. Awerbuch és társai (2005) kivitelezéssel, fejlesztéssel készített interjúk alapján egyedileg becsülték a költségkockázatot a különböző technológiák esetében.

27. táblázat Beruházási költség kockázat (%) a szakirodalomban

	Technológia	Awerbuch et. al. (2005)	Awerbuch - Berger (2003)	Berger et. al. (2003)
Hagyományos technológia	Szén (PC)	23	20	17,8*
	Kőolaj	23	n.a	17,8
	CCGT	15	15	17,8
	Nukleáris LRW	23	20	17,8
	Nukleáris fejlett	23	20	17,8
	Biomassza	20	n.a	0
Mégújuló technológia	Onshore szél	5	5	0
	Nap PV	5	5	0
	Nap termál CSP	5	5	0
	Geotermikus	15	15	0

Forrás: Saját szerkesztés

Véleményük szerint a meglévő technológiák beruházási kockázata zérus. Az újonnan kialakítandó erőművek esetében 5 és 38%-között szóródó értékeket becsültek (lásd táblázat).

28. táblázat

Beruházási költségkockázat a portfólióba bevonandó technológiák esetében

	BK
Szén (PC)	17,8%
K olaj	17,8%
Földgáz - CCGT	17,8%
Nukleáris LRW	17,8%
Nukleáris fejlett	17,8%
Biomassza	17,8%
Onshore szél	5,0%
Nap PV	5,0%
Nap termál CSP	5,0%
Geotermikus	15,0%

Forrás: Saját szerkesztés

A fenti források, valamint szakértővel készített interjúk alapján úgy vélem, hogy a hagyományos technológiák, valamint megújuló technológiák köréből a f t anyag alapú biomassza technológia esetében helytálló a beruházási költség kockázat diverzifikált piaci portfólió volatilitásával való közelítése; azonban a többi megújuló energiaforrás alapú technológiák esetében a beruházási költség kockázat alacsony szintjének megválasztását, illetve a zero érték feltételezés elvetését választom a fentieknek megfelelően (28. számú táblázat).

A f t anyag-költségek variabilitásának azonosításakor értelem szerően nem élhettem azzal az egyszerűsítéssel, mint a működési és karbantartási költségek, illetve részben a beruházási költségek szórásának becslésekor, vagyis hogy azok kockázata minden technológia esetében részben vagy egészben azonos, hiszen a különböző f t anyag felhasználású technológiák f t anyagköltsége inputtól és hatékonysági rátától függetlenül jelentős fluktuációt mutat.

29. táblázat

F t anyag költségkockázat

	FA
Szén (PC)	25%
K olaj	39%
Földgáz - CCGT	32%
Nukleáris LRW	33%
Nukleáris fejlett	33%
Biomassza	20%
Onshore szél	0%
Nap PV	0%
Nap termál CSP	0%
Geotermikus	0%

Forrás: Saját szerkesztés

A f t anyag költségek esetében a szórás a HPR értékek (évenkénti költségváltozások) volatilitásaként határoztam meg historikus adatsorok alapján. Az idő sor, melyet vizsgáltam az 1980-2011-es időszak volt, melyhez az adatokat a Világbank adatbázisából szereztem.

A becslések során a kiválasztott adatsorok, illetve a rendelkezésre álló költségadatsorok historikus értékeinek vizsgálatakor igyekeztem közel azonos id szakot átölel elemzést végrehajtani⁵⁸.

A költségkomponensek variabilitása mellett az azok közötti korreláció becslésére is szükség volt a portfólió elemzés érdekében. A f t anyagköltségek korrelációját a f t anyag-árak alakulásának korrelációjával közelítettem. Az 1980 és 2011 decembere közötti id szakra kalkulált évenkénti költségváltozásainak korrelációját a Microsoft Excel Adatelemzési b vítményével számszer sítettem (*lásd 30. számú táblázat*).

30. táblázat A fosszilis energiahordozó áralakulás korrelációja 1980-2011

	SZÉN	FÖLDGÁZ	K OLAJ	URÁNIUM
SZÉN	1			
FÖLDGÁZ	0,082	1		
K OLAJ	0,243	-0,09	1	
URÁNIUM	0,35	0,371	0,305	1

Forrás: Saját szerkesztés IEA, 2012 alapján

Az egyéb költségtényez k korrelációs koefficiensének becslésekor egyszer bb a feladat, hiszen azok szórását nem, vagy csak részben különböztettük meg technológiánként. Ezeket a korrelációs koefficienseket az elérhet szakirodalom, illetve tapasztalati adatok alapján becsültem. Számos korábbi tanulmány (Awerbuch et. al., 2005a; Awerbuch et. al., 2005b; Awerbuch - Yang, 2008) feltételezte, hogy mindössze a f t anyag-költségek közötti korrelációval kell számolnunk, tették ezt azon egyszer sítés implikációjaként, hogy a teljes életciklus költség kockázatát mindössze egy paraméterrel, a f t anyag-költségek volatilitásával azonosították.

- A m kódési és karbantartási költségek, valamint a beruházási költségek f t anyag költségekkel való korrelációját alacsonynak tekinthetjük. A legels források a portfólió-elmélet energia szektoron belüli alkalmazására nem különítettek el állandó és változó m kódési és karbantartási költségeket, mi több, a f t anyag költséget az utóbbi részeként becsülték. Ebben a szemléletben egyértelm en feltételezhetnénk kapcsolatot a f t anyag-költségek alakulása, valamint a változó m kódési és karbantartási költségek között. Azonban mivel az általam alkalmazott modellben aprólékosan, részletekbe men en történt a költség komponensek vizsgálata, az utóbbi két költségtényez közötti korrelációt a továbbiakban zérusnak feltételezem, vagyis véleményem szerint a változó m kódési és

karbantartási költségek, a beruházási költségek, valamint a f t anyag költségek teljesen függetlenek.

- Két technológia esetében az azonos volatilitásúnak becsült változó m kódési és karbantartási költségek közötti korrelációt tökéletesen pozitív kapcsolatúnak feltételezhetnénk. Azonban mivel ezen volatilitás egy része nem szisztematikusnak tekinthet, míg egy része véletlenszerűnek, így az egyes technológiák változó m kódési és karbantartási költségeinek kapcsolatát alacsonyabb szorosságúnak, vagyis egynél kisebbnek vehetjük. Berger és társai (2003) 0,7-es, szakértői becslésekre alapozott értékével kalkuláltam.
- Az egyes technológiák beruházási költségei közötti korreláció becslésekor hasonlóan érvelhetünk, mint a m kódési költségek esetében, vagyis jelen van némi nem szisztematikus kockázat, illetve a véletlen tényező, ezért a tökéletes pozitív kapcsolatnál valamivel gyengébb, szintén 0,7-es érték korrelációs koefficienszt választottam.
- Az állandó és változó m kódési és karbantartási költségek közötti korreláció vizsgálatakor egyértelmű gyenge kapcsolatból indulhatunk ki. Amiről döntenünk kell, hogy egyáltalán létezik-e ez a kapcsolat, és amennyiben igen, milyen erősségű legyen. Az állandó és változó költségek közötti korrelációt alacsonynak, 0,1-es értéknek feltételeztem a források hasonló értékeire támaszkodva.
- A beruházási és m kódési költségek közötti kapcsolat szintén egyértelmű gyenge kapcsolatnak tekinthető. A gyenge kapcsolatok becslésekor igyekeztem azonos értékeket választani, ezért ezt a kapcsolat erősségét is 0,1-es értéknek ítéltam.

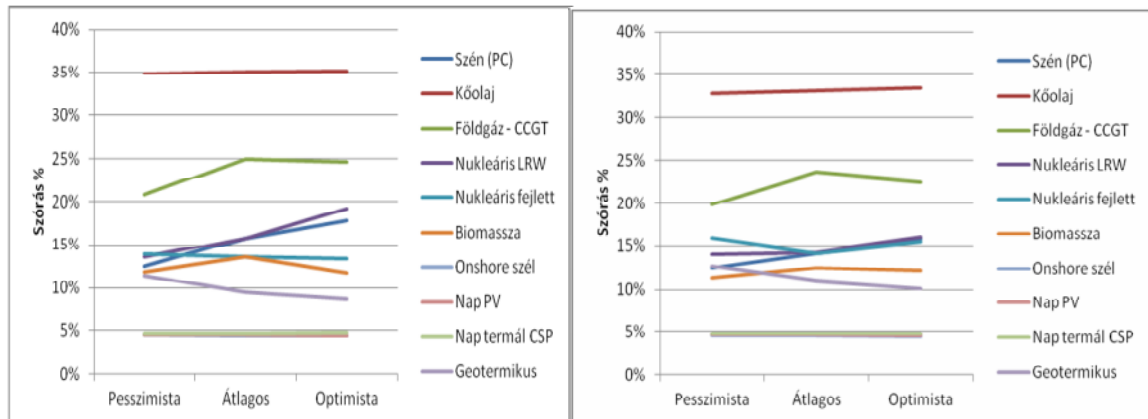
31. táblázat Az egyes költségkomponensek közötti korrelációs koefficiensek

<i>KÖLTSÉGELEM</i>	BK	OMFC	OMVC	FA
BK	0,7	0,1	0,1	0
OMFC	0,1	0,7	0,1	0
OMVC	0,1	0,1	0,7	0
FA	0	0	0	30. számú táblázat

Forrás: Saját számítás

A négyelemes portfólióként értelmezhető teljes életciklus költség kockázatok számszerűsítését végeztem el ezt követően a fent bemutatott adatok alapján. Vegyük észre, hogy mivel három forgatókönyv két feltételezett t-ke költség mellett súlyarányai állnak rendelkezésre, ezért összesen technológiánként hat szórásértéket kapunk eredményül.

47. ábra Az er m vek szórása*



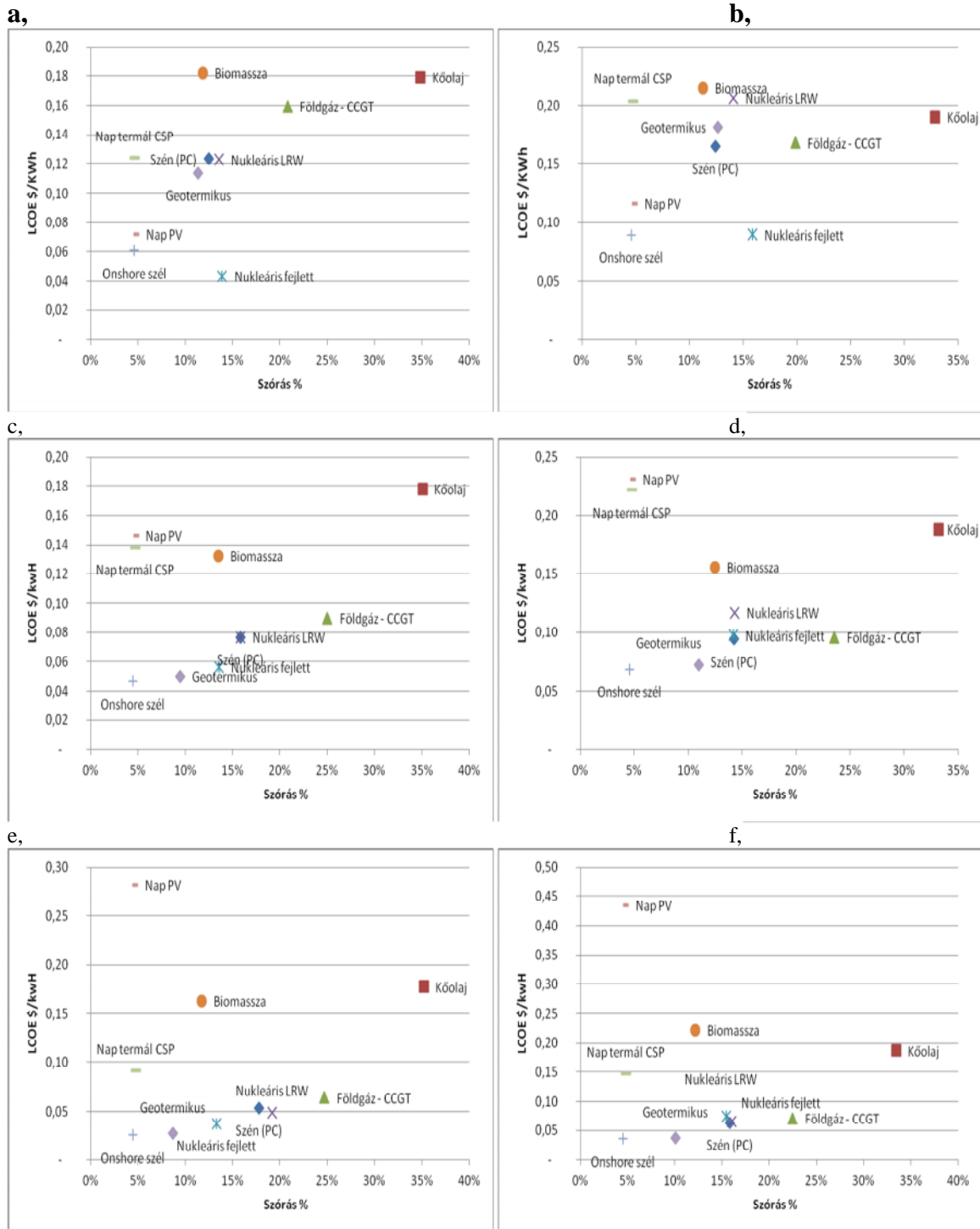
*** három lehetséges forgatókönyv esetében (5% és 10% diszkontráta mellett)**

Forrás: Saját szerkesztés és számítás

Ahogy az a korábbiakban kiemelt, számos forrás kvázi kockázatmentes villamosenergia termelési technológiának tekinti a megújuló energiaforrás alapú er m veket. A beágyazott portfólió-elméleti problémaként azonosított er m kockázati paraméterek figyelembe veszik az adott technológia teljes életciklus költségét meghatározó összes költségtényező kockázatra kifejtett hatását. Az ennek eredményeként kapott szórás értékek alapján bár kockázatmentesnek nem, de változatlanul a legalacsonyabb kockázatú technológiáknak tekinthetjük a megújuló er m veket. A legnagyobb kockázatot a fosszilis er m vek mutatják.

Az egyes technológiák egyedi kockázat-megtérülés karakterisztikáját a portfólió-elmélet két dimenziós keretei között ábrázolva el zetetést kapunk a bel lük képzett lehetséges portfólió-halmazról, illetve a kirajzolódó hatékony határfelületr l.

48. ábra Az egyes technológiák kockázat - "megtérülés" (LCOE) karakterisztikája*



*a különböző forgatókönyvek esetében 5 illetve 10%-os t költségét feltételezve (a, Pesszimista forgatókönyv r=5%; b, Pesszimista forgatókönyv r=10%; c, Átlagos forgatókönyv r=5%; d, Átlagos forgatókönyv r=10%; e, Optimista forgatókönyv r=5%; f, Optimista forgatókönyv r=10%;)

Forrás: Saját szerkesztés és számítás

A következőkben a lehetséges portfóliók halmazának vizsgálatát, a minimális varianciájú, illetve hatékony portfóliók azonosítását végeztem el az átlagos forgatókönyv bekövetkezését feltételezve 10%-os diszkontráta mellett.

5.4.2. A portfóliók lehetséges halmazának azonosítása

Amennyiben egy villamos-energia el állítási technológiákból álló portfóliót vizsgálunk, a fent azonosított technológiák megnevezése mellett szükséges kiemelni, hogy ezek közül melyek a már üzemben lévő, a jelenlegi portfólió-összetételt meghatározó technológiák, és melyek az újonnan bevonandó, esetlegesen b vítvend kapacitások. Amennyiben ezt a megkülönböztetést elvégeztük, szükséges annak költség-implikációival folytatni, hiszen míg egy újonnan bevonandó, b vítvend technológia rendelkezni fog mind a négy azonosított költségelemmel, és azok volatilitásának kockázatával, addig egy már üzemben lévő létesítmény értelemszerűen a beruházási, kivitelezési költség-kockázat által nem sújtott.

Számításaim során a már üzemben lévő er m vek portfólió-összetételre, valamint a portfólió-optimalizációs vizsgálatra kifejtett hatásától eltekintek. Erre szükség van egyrészt kutatásom hipotetikus jellege, a nem konkretizált földrajzi régió, a meglévő er m vekről korlátozottan rendelkezésre álló régió-specifikus adatok, és nem utolsósorban a modellkomplexitás csökkentése érdekében, illetve következtében.

14. képlet A villamosenergia-portfólió variancia⁵⁹

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + 2 \cdot \left(\sum_{j=1}^n \sum_{k>j}^n w_j \cdot w_k \cdot \sigma_{jk} \right)$$

ahol

- ❖ σ_p a portfólió szórás, illetve annak négyzete a portfólió variancia,
- ❖ σ_i az adott technológia szórása,
- ❖ σ_{jk} a j-dik és a k-dik technológia kovarianciája; és $\sigma_{jk} = \rho_{jk} \cdot \sigma_j \cdot \sigma_k$, ahol ρ_{jk} a j és k technológia közötti korreláció,
- ❖ w_i az adott technológia villamosenergia-összetételen belüli súlyaránya.

Forrás: Saját szerkesztés (Markowitz, 1952) alapján

Az egyes technológiák a költségelemek változásának szórásával, a más technológiákkal való korrelációjukkal, valamint a MWh/dollár invertált formában kifejezett várható "hozamukkal" jellemezhetők a portfólió-térben. Az elbbit adatokat a korábbiakban megismertük, az invertált költségeket a következő táblázat mutatja.

32. táblázat

A portfólióba potenciálisan bevonható technológiák invertált költségparaméterei

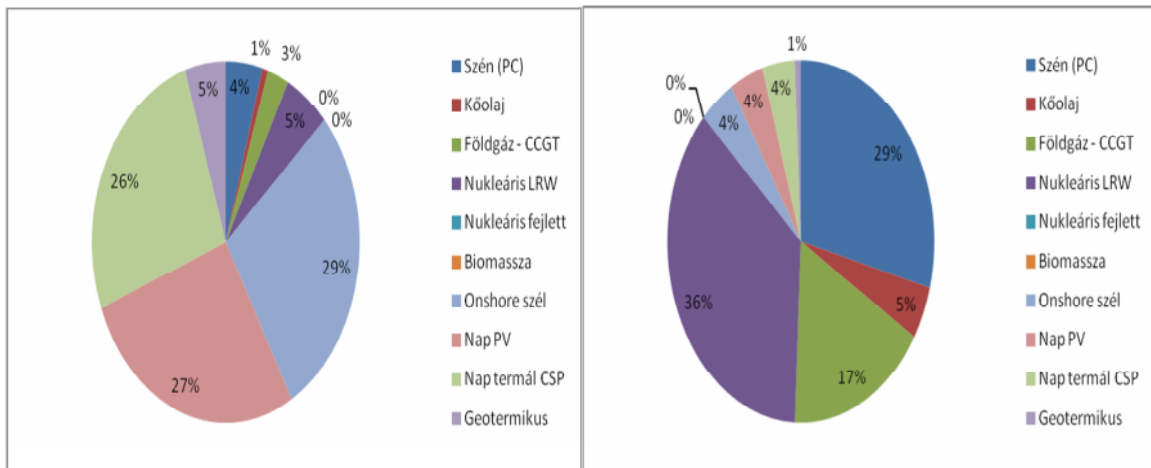
	Hagyományos						Megújuló technológia			
	Szén (PC)	K olaj	CCGT	Nukleáris LRW	Nukleáris fejlett	Biomassza	Onshore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geotermikus
Beruházási költség	0,052	0,074	0,119	0,032	0,034	0,038	0,027	0,008	0,008	0,036
O&M Fix	0,239	0,396	0,535	0,095	0,125	0,113	0,127	0,048	0,081	0,049
O&M változó	0,139	0,526	0,102	0,385	0,401	0,082	0,54	54,545	0	0,632
Üzem-anyag	0,022	0,006	0,014	0,031	0,061	0,012	0	0	0	0
LCOE	0,013	0,006	0,011	0,013	0,018	0,008	0,021	0,007	0,007	0,02

Forrás: Saját számítás

A MS Excel Solver™ a portfólió optimalizációs parancsot, egyszer lineáris programozási feladatként értelmezi, ahol egyetlen célt, a portfólió-szórás minimalizálását fogalmazzuk meg, különböző, az egyes villamosenergia termelési technológiák összetételen belüli súlyarányára vonatkozó korlátok mellett. A portfólió optimalizálási feladatot tíz, a portfólióba potenciálisan bevonható technológiára, vagyis egy tíz-elem portfólióra írtam fel. Az első futtatás során mindössze a súlyok összegére, illetve értékére vonatkozóan fogalmaztam meg korlátokat. **Eszerint a minimális varianciájú portfólió, vagyis a legalacsonyabb kockázatot magában foglaló összetétel közel 87%-ban az alacsony kockázatú megújuló energiaforrás alapú technológiákból áll, és mindössze 13%-ban tartalmazza a hagyományos technológiákat, ezek közül is jellemzően az alacsonyabb kockázati karakterisztikával jellemezhető nukleáris technológiát (lásd 48. számú ábra).**

A kapott eredmény érdekessége, hogy például Magyarország esetében ennek pontosan fordítottja, vagyis a 13%-os megújuló részarány mellett 87%-os hagyományos technológia súly a vágyott cél. Célszerűnek láttam a súlyokra vonatkozóan egy újabb korlát megfogalmazását az Európai Unió hazánkra megfogalmazott 2020-ra teljesítendő 13%-os megújuló részarányával összhangban. Mindez jelentősen módosította az adatokat. A minimális kockázatú összetétel immáron 36%-ban nukleáris technológiából, 29%-ban szén-, közel 17%-ban földgáz erőművekből áll. A 13%-os megújuló részarányt a szárazföldi szél-, valamint a kétféle, napenergiára épülő technológia közel azonos arányban produkálja.

49. ábra *Minimális varianciájú portfólió összetétel a megújuló technológiákra vonatkozó korlát nélkül, valamint 13%-os korláttal*

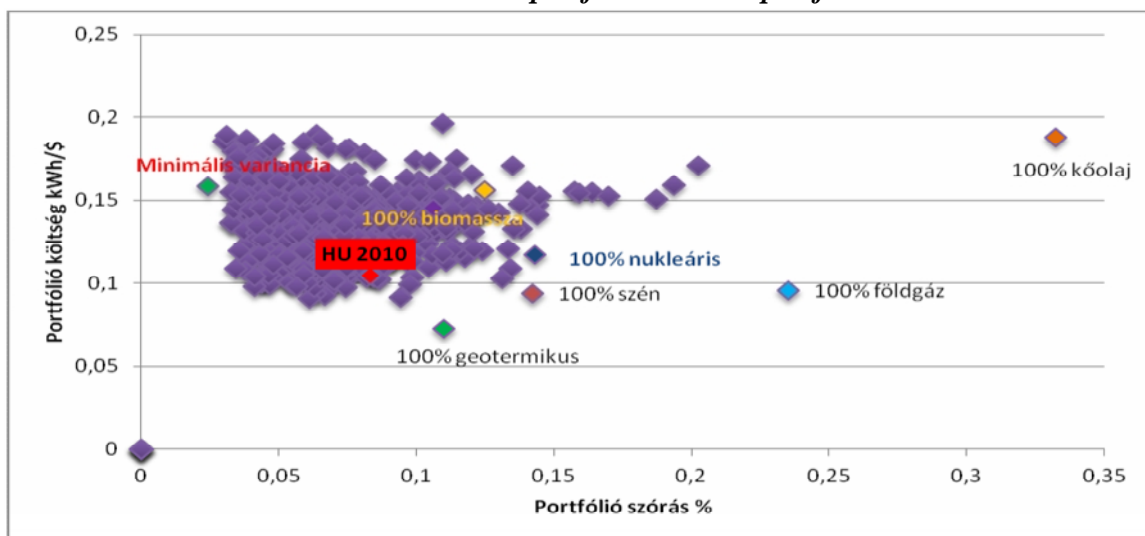


Forrás: Saját szerkesztés és számítás

A minimális varianciájú villamosenergia-összetétel azonosítása mellett a tíz technológia kombinálásával nyerhet lehetséges portfóliók halmazának ábrázolása jelentette az igazi kihívást. Elemzésem eszköztárát ezen a ponton a MATLAB™ programmal egészítettem ki, melynek portfólió-elemző vítményével a tíz technológiáról rendelkezésre álló adatok alapján 1000 darab lehetséges portfólió összetételt szimuláltam. Az 1000 darab portfólió összetétel kockázat-megtérülés (invertált LCOE) adatait, a lehetséges portfóliók halmazát a következő ábra szemlélteti.

A lehetséges portfóliók közül kiemeltem a 100%-ban egy-egy technológiából álló portfóliókat ellenőrizhetvé téve számításaimat. Összehasonlítva a 48./d ábrával, kivehető a technológiák egyedi kockázat-megtérülés karakterisztikájának visszaköszönése.

50. ábra *A 10 elem portfólió véletlen portfólió halmaza*



Forrás: Saját szerkesztés és számítás

A kivitelezési, beruházási költségek jövőbeli trendje az energia szektor egy kritikus kérdése. Amennyiben a beruházási költségek növekedése továbbiakban is folytatódik, az a gáz tüzelés erőművek malmára hajtja a vizet, melyek alacsonyabb kivitelezési költséget mutatnak, mint az egyéb technológiai megoldások. A stabilizálódó, vagy csökkenő kivitelezési költségek a tiszteintenzívebb termelési technológiák, úgymint az atomerőművek és szélenergia létesítésére ösztönöznék a nemzetgazdaságokat. (A szélenergia létesítése olcsóbb megoldás, mint például a szén vagy nukleáris erőművek építése.

Azonban a szélenergia időjárás kockázatai, időjárástól való függősége jóval alacsonyabb terhelési tényező eredményez, mint a másik két erőmű. Egy tipikus szélenergia terhelési tényezője megközelíti legfeljebb 34%, összehasonlítva a 70% és 90% közötti terhelési tényező mutató szén és nukleáris erőművekkel.

Mindez azt jelenti, hogy egy szélenergia tiszte költség viszonylag alacsony számú megawatt órára oszlik, növelve az értékesíthető villamos-energia egységnyi mennyiségének költségét. A változó megújuló erőforrások, úgymint a szél és a napenergia esetében bármi, ami képes a tiszte költség, beruházási költség csökkentésére, vagy a hatásfok növelésére, az szignifikánsan javíthatja az erőmű gazdálkodást.

5.5. A reálopciók gyakorlati alkalmazása

5.5.1. Az egyedi reálopciók árazása

Míg a nagy volumenű energia modellek általában a lineáris programozás modelljeire támaszkodnak, a kisebb parciális egyensúlyi modellek, melyeket a pénzügyelméletből adaptálnak hasznosnak bizonyulnak a bizonytalanság hatásainak elemzésekor különösen az irreverzibilitás jelenlétekor.

A korábban ismertetett módszerekkel ellentétben az opció-elmélet egy projekt profitabilitását vizsgálja annak költségei helyett. Az opció kifejezés ezért itt valamilyen szinten eltér a pénzügyi eredetétől, ahol az opciók a kockázat elleni védekezés eszközei. Egy meg nem valósított erőmű-beruházásra tekinthetünk opcióként, ahol az időzítés, az elvetés, más projektek preferálásának lehetősége fennáll. A várakozásra képesség értékelhető lesz, és sok esetben jelentős elnyel járhat, hiszen a beruházás pénzáramainak bizonytalanságát eredményező tényezőkről pontosabb információkat szerezhetünk be.

A villamosenergia-piaci liberalizációt megelőzően nem jellemző az opció-elmélet alkalmazása az erőpiac-beruházási döntések vizsgálata során. Ennek oka az eljárásnak a villamosenergia szektor korábbi beruházási döntési fókuszától idegen profitorientáltsága. Crousillat (1989) szerint a liberalizációt megelőzően a kereslet változatlanságából, bizonyosságából adódóan a profitmaximalizálás célkitűzése a költségminimalizálással azonos eredményre vezetett. Mindez nem teljesül verseny-, illetve nem tökéletes piaci körülmények között, ahol az árak nem az egyensúly által jönnek létre. Az eljárás elvetése melletti érv lehetett továbbá a regulált piacok beruházási rugalmasságának hiánya.

A szabályozott korszak kapacitás tervezésével szemben a liberalizált piacok erőpiac-beruházási döntései sokkal inkább a profitmaximalizálás, mint az ellátásbiztonság követelményére épülnek. A makroökonómia szerint a társadalmi jólét maximuma elérhető az egyedi piaci szereplők profitmaximalizálásán keresztül. Azonban ez a doktrína csak tökéletes piaci körülmények között állja meg a helyét. A liberalizációt követően sem beszélhetünk azonban tökéletes villamosenergia-piacokról. Európa számos országában annak ellenére, hogy a piac 100%-ban liberalizált, az inkább tekinthető oligopóliumnak, ahol néhány nagy piaci szereplő birtokolja a vezető pozíciókat. Másrészt a villamosenergia fogyasztók sem reagálnak oly mértékben az árváltozásra, mint korábban. Következésképpen a klasszikus közgazdasági szabályokat nem tudjuk a villamosenergia-szektorra alkalmazni.

A reálopció értékelés megértésének legegyszerűbb módja, ha a reálopciókra, mint a nettó jelenértékhez hasonló analitikus eszközökre tekintünk. Mi több, egy adott projekt reálopció értékének számítása nem sokban tér el a hagyományos diszkontált pénzáram eljárástól. Jobbára azonos input adatok alapján bizonyos körülmények között a két eljárás még azonos eredményre is vezet. Egy nagyon fontos eltérés azonban, hogy a reálopció értékének a projektben rejlő stratégiai érték azonosítását is végrehajtja. A reálopció érték nem más tehát, mint a nettó jelenértéknek, valamint a stratégiai értéknek összege, ahol a reálopció érték sosem lehet kisebb, mint a nettó jelenérték; illetve egy projekt attól függetlenül rendelkezhet értékkel, hogy annak nettó jelenértéke negatív vagy nullával egyenlő.

A stratégiai projektérték abban az esetben jelentkezik, és annál nagyobb lesz, minél inkább jellemző a beruházásra a bizonytalanság és a flexibilitásnak valamilyen mértékű kombinációja. Az elméleti fejezetekben részletesen foglalkoztam a bizonytalanság

lehetséges forrásaival, melyek egy projekt bevételeinek, illetve ráfordításainak kiszámíthatatlanságát eredményezhetik. Fontos megjegyezni ezen a ponton, hogy a bizonytalanság jelenléte önmagában nem eredményez stratégiai értéket a beruházó számára anélkül, hogy a rugalmasság jelen lenne az adott projektben, lehetővé téve a bizonytalanság kezelését. Reálopciók szempontból ez a rugalmasság egy lehetőség, mely a villamosenergia-szektorban lehet az erőforrás-beruházás halasztásának, az erőforrás-leállításának, a fűtőanyag-váltásának, az erőforrás földrajzi mozgatásának, a technológia megválasztásának, a piacra lépésnek, a gyorsabb leírásnak lehetősége.

Stratégiai érték keletkezhet amennyiben egy bizonytalan projektre egyértelműen jellemző a rugalmasság, azonban pusztán a bizonytalanság önmagában nem képes értéket generálni. **A projekt-rugalmasság az a beruházási karakterisztika, amely képes hozzáadott értéket teremteni a bizonytalanságtól függetlenül.** Vegyünk egy egyszerű példát, ahol a beruházó rendelkezik a projekt halasztás rugalmasságával adott futamidőn keresztül anélkül, hogy le kellene mondani az adott projekt megvalósításának kizárólagos jogairól. Attól függetlenül, hogy a beruházó ismerné teljes bizonyossággal a projekt pénzáramainak alakulását, mindaddig, amíg a projektből származó hozamok realizálásának valószínűsége fennáll, addig a beruházás halasztásának lehetősége értékkel bír. Természetesen a bizonytalanság mértéke továbbra is szerepet játszik a stratégiai érték meghatározásában.

Ahogy az a korábbiakban az egyes termelési technológiák költségeit meghatározó paraméterek ismertetésekor jeleztem, minden a beruházás értékét meghatározó tényező bizonytalan lesz. E paraméterek esetében egy átlagértékből indultam ki, és az alapján végeztem el a számításokat. Az egyes rugalmassági, vagyis reálopció típusok esetében nem minden azonosított bizonytalansági tényezőt vettem figyelembe. Az egyes esetvizsgálatok során általában egy, két, maximum három bizonytalansági tényezőt koncentráltam, ezzel megkönnyítve az adott tényező értékelésre kifejtett hatásának pontos azonosítását, valamint elkerülve a felesleges modell komplikációt, illetve a matematikai megoldás folyamatának elhúzódását.

Fontos ezen a ponton megjegyezni, hogy nem mindegy, hogy egy adott reálopció, egy adott rugalmasság vizsgálatokor mely bizonytalanság figyelembe vételére esik a választásunk. A fűtőanyag-váltásának lehetőségére épülő reálopció kapcsán például releváns lehet a fűtőanyag piaci árvolatilitásának, mint bizonytalansági tényező hatásának vizsgálata.

5.5.2. A reálopció-értékelés paraméterei

A reálopció elemzés első lépése magának az értékelési eljárásnak a kiválasztása. A dolgozatomban három értékelési eljárást mutattam be, a B/S-modellt, a Cox, Ross és Rubinstein-féle binomiális modellt, valamint ennek kiterjesztését a quadranominális eljárást. A következőkben annak a portfólió-optimalizáció során kiválasztott tíz villamosenergia termelési technológiának a reálopció-értékelését hajtom végre, melyek potenciálisan a hazai villamosenergia összetételben szerepet játszhatnak. A reálopció-értékelés végrehajtásához a modell paramétereinek meghatározása szükséges. A következőkben sorba veszem a disszertációban alkalmazott binomiális árazás alapjául szolgáló paramétereket.

Alaptermék A reálopció alapterméke magának a projektnek az értéke, mely nem más, mint az adott technológia üzembe helyezését követően realizált pénzáramoknak jelenértéke. Az alaptermék értékének konkretizálása érdekében fontos megvizsgálnunk, hogy ezen jelenértékek kalkulálása során azok alakulására vonatkozó különféle forgatókönyveket figyelembe vettünk-e vagy sem. Amennyiben a jövőbeni pénzáramok jelenértékének számítása során forgatókönyv-elemzést expliciten nem hajtottunk végre az alaptermék értéke a diszkontált pénzáram módszerrel meghatározott, az egyes erőforrások hasznos élettartama alatt realizálható szabad pénzáramok összege lesz. Ezeket a pénzáramokat a teljes életciklus költség számításai során használt kockázattal korrigált kamatlábbal diszkontáltam ($r=10\%$). A következő táblázat az egyes technológiák nettó jelenérték, illetve belső megtérülési ráta számításának eredményét mutatja (A felhasznált adatokról, a számítás menetéről a 11. számú melléklet nyújt tájékoztatást).

33. táblázat Reálopció elemzés 1./a lépése - A villamosenergia termelési technológiák NPV és IRR adatai

Technológia	NPV \$	IRR %	Átlagméret MW
SZÉN	2 977 545 287	31,74%	726
Kőolaj	1 217 771 958	41,55%	500
CCGT	2 604 394 095	60,32%	725
Földgáz CHP	362 177 340	32,70%	309
Nukleáris LRW	4 232 815 475	21,71%	1228
Biomassza	99 023 334	20,26%	46
Onshore	91 651 969	21,51%	63
Nap PV	- 12 754 320	3,57%	6
Nap termál	- 126 932 842	4,30%	72
Geotermikus	556 459 566	24,79%	148

Forrás: Saját számítás

Az adatok az adott villamosenergia termelési technológia egyetlen, átlagos méret blokkjának megvalósítását feltételezve születtek. **A technológiák összehasonlíthatósága érdekében egy hipotetikus 3,6 TWh⁶⁰-s villamosenergia fogyasztás mellett újrakalkuláltam a mutatókat.**

34. táblázat Reálopció elemzés 1./b lépése - A villamosenergia termelési technológiák NPV és IRR adatai 3,6TWh-s fogyasztást feltételezve

Technológia	NPV	IRR	Kiépítendő kapacitás	Beruházási költség	FCF
	\$	%	MW	\$	
SZÉN	2 032 082 150	31,74%	495	1 074 501 000	3 106 583 151
K olaj	1 924 823 959	41,55%	790	698 103 267	2 622 927 226
CCGT	1 868 057 620	60,32%	520	441 769 856	2 309 827 476
Földgáz CHP	1 204 207 142	32,70%	1027	663 013 699	1 867 220 840
Nukleáris LRW	1 576 445 222	21,71%	457	1 576 445 222	3 152 890 445
Biomassza	1 151 905 594	20,26%	535	1 405 341 433	2 557 247 027
Onshore	1 651 547 521	21,51%	1135	1 911 162 651	3 562 710 172
Nap PV	- 3 020 621 690	3,57%	1422	6 831 260 166	3 810 638 476
Nap thermál	- 2 694 051 361	4,30%	1532	6 763 027 267	4 068 975 906
Geotermikus	1 799 968 049	24,79%	479	1 496 078 187	3 296 046 236

Forrás: Saját számítás

A hagyományos mutatók alapján hozott döntési javaslat az újrafuttatás eredményeképpen nem változott, azonban a villamosenergia-fogyasztás feltételezett szintjének kielégítése érdekében kiépítendő kapacitás nagysága, illetve ezzel a beruházási költségek jelentősen megnövekedtek. **Különösen a megújuló technológiák szenvednek jelentős hátrányt a beruházási költség alapján hozott döntések terén, hiszen több mint hatszor annyiba kerül egy (az átlagos blokkméret alapján több mint 230 elemből álló) napenergia-park kiépítése, üzembe helyezése, mint egy (közepes méretű) széntermelési felépítése, felszerelése a szükséges kereslet kielégítése érdekében.**

A kiszámított NPV és IRR értékek alapján, az adott eljárás döntési szabályai lehetővé teszik a technológiák értékteremtés, illetve elvárt hozamon felüli várható hozama szerinti sorba állítását, vagyis egy **új összetételbe vonási sorrend (érdemességi sorrend)** felállítását. Az egységes, konstans (3,6TWh) kereslet feltételezésével, az egyes termelési technológiák átlagos egység (blokk) méretével történő összevetést követően nyilvánvalóvá vált, hogy a 100%-ban egy-egy technológiából álló összetétel csupán a hagyományos esetekben kifizetődő, a megújuló energiaforrás alapú esetekben pedig a biomassza, valamint a geotermikus technológiák kapcsán lehet egy ilyen elgondolás racionálisnak, ugyanakkor az értékteremtés mértékének szempontjából a biomassza esetében is a érdemességi sorrend hátsó szekciójában kapnak helyet. A jelentős földrajzi

és id járási bizonytalanság által sújtott szél-, illetve naper m vek esetében pedig azoknak irracionális kapacitásb vülése tenné csupán lehetővé a kereslet, mellesleg értékrombolással történ kielégítését.

35. táblázat Összetételbe vonási sorrend (érdemességi sorrend) a hagyományos projektértékelési eljárások alapján

NPV	IRR
SZÉN	CCGT
K olaj	K olaj
CCGT	Földgáz CHP
Geotermikus	SZÉN
Onshore	Geotermikus
Nukleáris LRW	Nukleáris LRW
Földgáz CHP	Onshore
Biomassza	Biomassza
Nap thermál	Nap thermál
Nap PV	Nap PV

Forrás: Saját szerkesztés

Szükségesnek éreztem ezen a ponton az összehasonlíthatóság érdekében egy újabb korrekció, a technológiák eltér hasznos élettartamából adódó eltérések kisz rését és ún. pótlási láncok felrajzolását. A leghosszabb élettartamú vizsgálatba vont technológia hasznos élettartam adatát (nukleáris 50 év) tekintettem etalonnak, az egyes er m típusok hasznos élettartama alapján megállapítottam, hogy hányszor megvalósítva képesek a stabil, konstans kereslet 50 éven keresztül kielégítésére (lásd 36. számú táblázat).

36. táblázat A pótlási láncok felrajzolásának eredménye, illetve az új érdemességi sorrend

Technológia	NPV	Hé	50 év	NPV*
	\$			\$
SZÉN	2 032 082 150	38	1,33	2 051 075 183
K olaj	1 924 823 959	30	1,67	1 998 363 210
CCGT	1 868 057 620	29	1,67	1 944 352 138
Geotermikus	1 799 968 049	32	1,56	1 847 921 669
Onshore	1 651 547 521	24	2,06	1 823 883 389
Nukleáris LRW	1 576 445 222	50	1,00	1 576 445 222
Földgáz CHP	1 204 207 142	26	1,90	1 293 471 383
Biomassza	1 151 905 594	35	1,43	1 169 472 534
Nap thermál	- 2 694 051 361	29	1,72	- 2 817 032 723
Nap PV	- 3 020 621 690	30	1,67	- 3 136 026 663

Forrás: Saját számítás

A sorrend nem, mindössze az értékteremtés, illetve értékrombolás mértéke módosult. Itt hívnám fel a figyelmet az el z táblázatokban feltüntetett, immáron a gyakorlatban is alkalmazott, hagyományos diszkontált pénzáram eljárás korlátaira. Ez az elemzés egy determinisztikus kockázatbecslést hajt végre, amikor is a kockázatmentes rátán felül egy

kockázati prémiumot azonosít (Teisberg, 1995). Ezzel az eljárással az áralakulás sztochasztikus jellegét nem vesszük figyelembe. Gyors technológiai fejlődéssel, a piaci bizonytalanság számos megnyilvánulási formájával (output-, input ár, karbon költség) jellemezhető szektorban ezt a feltevést nem fogadhatjuk el. **Bár csábító a kockázatelemzés egyetlen egyedi kockázattal korrigált diszkontrátába integrálásának egyszerűsége, az új kockázati tényezők meg-nem értéséből, helytelen közelítéséből származó hátrányok teljes bizonyossággal meghaladják az egyszerűsítés előnyeit.**

Lundmark és Pettersson (2008) értékelési modellje a hagyományos projektértékek alapján a villamosenergia-termelési technológiák optimális időzítésének problémáját vizsgálja. Öt éves beruházási intervallumok mellett azt feltételezték, hogy az adott technológia megvalósul az első öt éves periódusban, melyben pozitív, az összes többi vizsgálatba bevont technológiánál nagyobb nettó jelenértéket produkál. Amennyiben az adott időszakban egyik technológia sem rendelkezik pozitív NPV-vel, egyik sem kerül megvalósításra. A modell-viselkedésnek ezen feltételezésével a szerzők lehetővé tették a beruházási időzítés, valamint a technológia választás problémájának vizsgálatát. Modelljük kiterjesztésekor azt feltételezték, hogy fennáll az opció késleltetésének lehetősége még pozitív nettó jelenérték esetében is. A modell lehetővé teszi a beruházásnak azon időperiódusban megvalósítását, és azon technológiába irányulását, mely a legnagyobb nettó jelenértékkel kecsegteti a befektetőt.

Kötési ár A reálopció elemzés kivitelezése érdekében szükséges következő paraméter az opció kötési ára, mely a villamosenergia-beruházások esetében nem más, mint a kivitelezési időszak alatt realizált pénzáramlások jelenértéke (3,6 TWh-s fogyasztást kielégítő er_m , illetve er_m park-beruházási költségének jelenre vetített értékét az **34. számú táblázat** mutatja).

Futamid A reálopciók különböző típusai esetében egy és öt év közötti futamidő, valamint az árazás alapjául szolgáló binomiális számítások során negyedéves időközöket feltételeztem.

Diszkontráta A reálopció-elemzés során a kockázatmentes rátára van szükségünk. A leghosszabb futamidej elérhető magyar állampapír (2028/A-jel) 8%-os hozamával kalkuláltam számításaim során.

Volatilitás Az alaptermék értékének meghatározását követően a projekt bizonytalanság azonosításával és számszerűsítésével kezdtem foglalkozni. Reedman és társai (2006) szerint a villamos-energia beruházási projektek bizonytalansági tényezői közül a villamos-energia piaci ár, a fűtőanyag ár, a karbon ár (költség), valamint a projekt érték modellezése célszerű. E kiválasztott bizonytalansági tényezők modellezésének folyamata nem más, mint a villamosenergia-piac tanulmányozása, valamint az elemzéshez szükséges múltbeli adatok beszerzését követően végrehajtott volatilitás számítás. E változékonyság becslése minden bizonnyal a reálopció elemzés legnehezebb feladata. A pénzügyi opciók árát azok alapjául szolgáló pénzügyi termékek értékéből származtatjuk. Az opció volatilitását következésképpen levezethetjük az alapeszköz piaci árának múltbeli alakulása alapján, vagy az opció piaci árára épül Black-Scholes-modell segítségével. Egy reálopció esetében a volatilitás becslése ennél jóval nehezebb feladat, hiszen nem áll rendelkezésünkre az alaptermék múltbeli hozamsora vagy jelenlegi piaci ára.

Frayer és Uludere (2001) egy adott erőforrás hasznos élettartamával közel megegyező futamidejű (futures) szerződés árfojlam szórásával közelítették a reálopció volatilitást. Copeland és Antikarov (2002) javaslata szerint a reálopció volatilitása közelíthető a projekt opció nélkül feltételezett érték (NPV) Monte Carlo szimulációjának eredményeként kapott kockázat becsléssel. Han (2008) nyolc volatilitás becslési eljárást gyűjtött össze.

- ❖ **Az alaptermék múltbeli volatilitása.** Amennyiben egy természeti erőforrás ára határozza meg egy projekt jövőbeli pénzáramait, a múltbeli volatilitása ennek az erőforrásnak azonosítható a projekt volatilitásaként.
- ❖ **Egy kompatibilis eszköz történeti volatilitása.** Amennyiben az adott eszköznek nem létezik nyilvános piaca, és ezáltal nem áll rendelkezésre annak piaci áralakulása, egy vele kompatibilis eszköz volatilitását felhasználhatjuk a projekt volatilitás közelítése érdekében. Mivel a legtöbb, a reálopció alaptermékeként értelmezett projektet nem egyetlen bizonytalansági tényező, hanem bizonytalansági tényezők sokasága fenyegeti, ezért szinte lehetetlen egy replikáló értékpapír azonosítása.
- ❖ **A vállalat részvényárfolyamának múltbeli volatilitása.** A becslés alkalmazható, amennyiben a projekt volatilitás tökéletesen korrelál a vállalkozás részvényáralakulásával.

- ❖ **Az iparági index múltbeli volatilitása.** A múltbeli adatok hiányában gyakran alkalmazott eljárás a projekt volatilitásnak az adott szektor indexének ingadozásán keresztüli becslése. Teisberg (1994) például egy er m projekt kapcsán a hat résztvevő vállalat múltbeli hozamadatainak volatilitásával közelítette a projekt-volatilitást.
- ❖ **Monte-Carlo (MC) szimuláció.** A MC szimuláció magát a projekt volatilitást számszerűsíti a hagyományos DCF-eljárásra épülő jövőbeni pénzáramok, valamint a jövőbeni bizonytalanság lehetséges forgatókönyvei alapján. A szimuláció során az input-paraméterek eloszlásának becslése érdekében a projekt historikus adataira, illetve egyéb feltételezésekre van szükségünk. A szimulációs volatilitás közelítés támogatói között találjuk többek között Copelandet és Antikarovot (2003), valamint Munt (2006).

Minden eljárásnak megvan a maga előnye és korlátja, azonban Han (2008) empirikus kutatása egyértelműen bizonyítja, hogy a volatilitás közelítésének legadekvátabb eljárása a MC-szimuláció, ugyanakkor statisztikai szempontból a jelenleg rendelkezésre álló szimulációs eljárások nem megfelelők (jellemzően túlbecsülik a projekt tényleges volatilitását). Dolgozatomnak egyértelműen nem a volatilitás közelítési eljárások közül választásra fókuszál, így a továbbiakban a források által leggyakrabban alkalmazott, a gyakorlati szakembereket sem elrettentő, nem mellesleg módszertani kvalitásaimmal szinkronban lévő MC-szimulációs eljárással végzem el az egyes er m beruházások volatilitásának becslését.

A Crystal Ball alkalmazás segítségével megállapítható a kiválasztott bizonytalansági tényezők valószínűség-eloszlása, átlagértéke, valamint szórása. Mivel minden bizonytalansági tényező ár, ezért feltételezhetjük, hogy azok nem vehetnek fel negatív értéket. Amennyiben elfogadjuk, hogy létezik az a tendencia, amely szerint az árak visszagravitálnak a fundamentális értékhez, akkor ez az átlaghoz való visszatérést eredményezi hosszú távon, vagyis az árfolyamok valamilyen mértékkel rejelezhetőségét, azok véletlenszerű mozgása helyett. Mindez, valamint a nem-negativitás együttesen az átlaghoz visszahúzó tulajdonsággal bíró log-normális eloszlás alkalmazását tette célszerűvé a számításaim során.

37. táblázat		A Monte Carlo szimuláció során felhasznált szórás értékek				
	Szén	Földgáz	K olaj	Uránium	Villamosenergia-ár	
Id szaki* σ (%)	0,086	0,06888	0,08379943	0,074653	0,120	
Éves relatív σ	16,9507	14,9275	18,2934	14,1315	1,76	

* havi f t anyag-ár volatilitás; féléves villamosenergia-ár volatilitás

Forrás: Saját számítás

Átlagértékként a hagyományos nettó jelenérték kalkulációk során használt (\$/MWh) értékekkel számoltam, míg a szórás azonosítását historikus adatsorokra alapoztam. A f t anyag árak esetében az empirikus fejezet portfólió-elemzése során használt korrelációk alapjául szolgáló havi Világbank adatsorra támaszkodtam, míg a villamosenergia-árak volatilitását az Eurostat⁶¹ adatbázis féléves adatsorai alapján számítottam. Mivel az utóbbi adatsor csupán 2003-tól volt elérhető, így az összehasonlíthatóság érdekében a f t anyag-ár volatilitásra is csupán ezen intervallum alapján következtettem.

A reálopció-modell projektérték volatilitása a projektérték kockázat szórásával jellemezhető. A MC szimuláció a bizonytalansági tényezőkre 5000 értékpárjára kalkulálja ki a vonatkozó projektérték hozamokat. Mun (2006) eljárását követtem, amikor a szimuláció első lépéseként a korábbiakban számszerűsített pénzáram-adatok alapján meghatároztam a projekt éves hozamát a PV_t és PV_0 hányados logaritmusaként, ahol PV_t a jövőbeni pénzáramok piaci értékének jelenértéke a $(t+1)$ -dik évtől a T -dik évig a következők szerint (folytonos kamatozást feltételezve):

15. képlet A jövőbeni szabad pénzáramok jelenértéke összege

$$PV_t = \sum_{k=t+1}^T FCF_k \cdot e^{-r(k-t)}$$

Forrás: Saját szerkesztés Mun (2006) alapján

FCF_t a teljes hasznos élettartam (T) t -dik periódusának szabad pénzárama, r az elvárt hozam. Ennek megfelelően a projekt jelenértéke t -dik periódusban (V_t) a jövőbeni pénzáramok jelenértékének (PV_t), valamint a t -dik periódus szabad pénzáramának (FCF_t) összege:

16. képlet Projekt jelenérték

$$V_t = PV_t + FCF_t$$

Forrás: Saját szerkesztés Copeland - Antikarov (2001) alapján

Legyen z egy véletlen változó, mely a projekt t -dik és $(t+1)$ -dik periódus között értelmezett folytonos hozama. Ekkor

17. képlet *A projekt-hozam eloszlásának becslési függvénye I.*

$$z = \ln \left[\frac{V_{t+1}}{V_T} \right]$$

Forrás: Saját szerkesztés Copeland - Antikarov (2001) alapján

Copeland és Antikarov (2003) V_1 és V_0 különbség logaritmusának szórását szimulálja azzal a feltevéssel, hogy V_0 várható értéke konstans. Így egy projekt volatilitás a

18. képlet *A projekt-hozam eloszlásának becslési függvénye II.*

$$z = \ln \left[\frac{V_1}{E[V_0]} \right] = \ln \left[\frac{V_1}{E[PV_0]} \right]$$

Forrás: Saját szerkesztés Copeland - Antikarov (2001) alapján

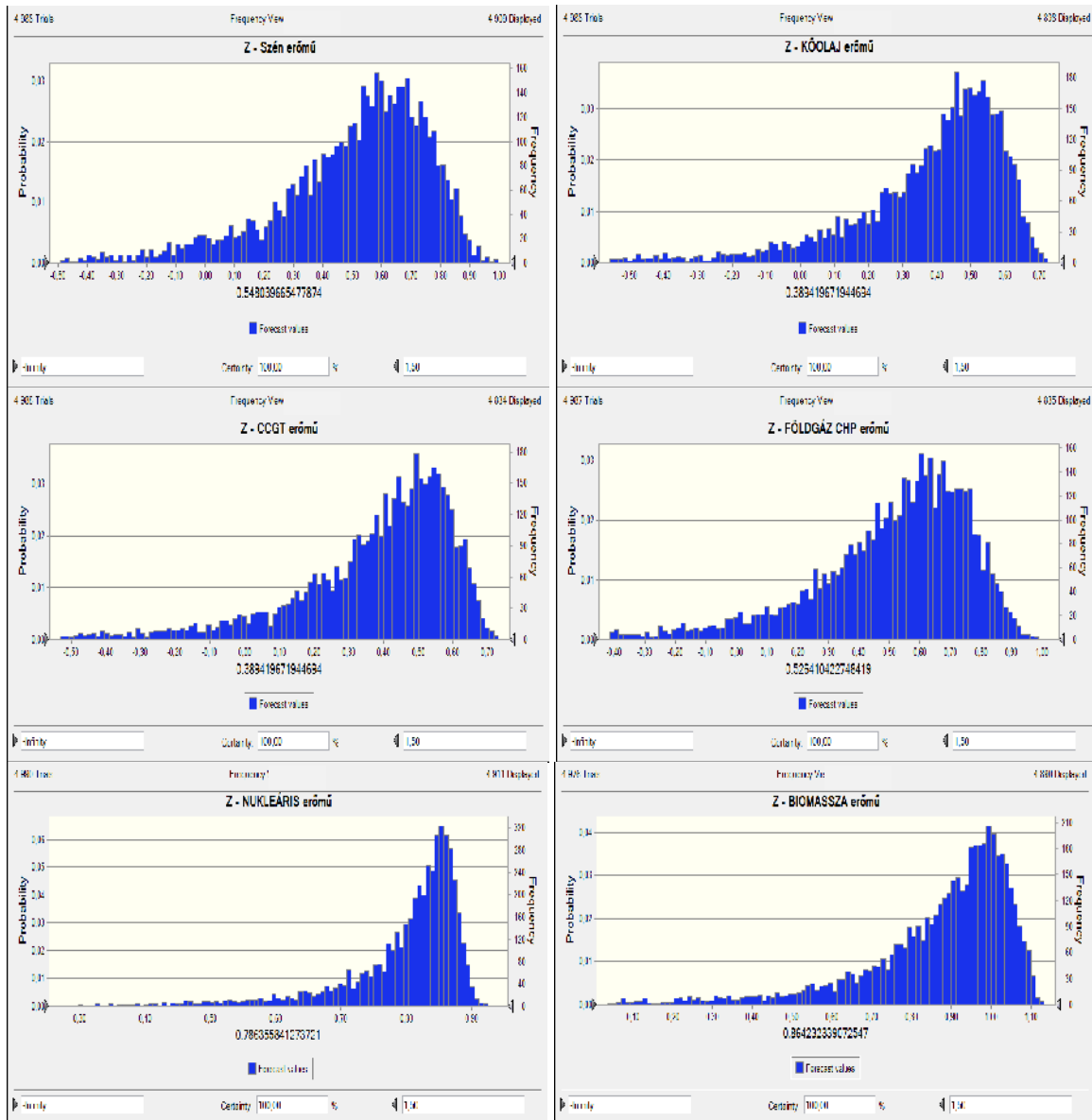
kifejezés szórása lesz. A képlet nevezőjét konstansnak feltételezve a számláló szimulációját hajtottam végre elsőként a projekt hozamok gyakorisági eloszlásának származtatása érdekében, mely eloszlás szórása nem más, mint a projektérték kockázat, melyre a reálopció árazás felső és alsó kockázati viselkedésének modellezéséhez van szükség.

Vegyük észre, hogy a Monte Carlo szimulációval végrehajtott projektérték volatilitás ezen eljárása két együttes bizonytalansági tényező (a futtató anyag kockázat, valamint a villamosenergia-ár kockázat) együttes figyelembe vételét teszi lehetővé.

MC-szimulációs eljárással végzem el az egyes erőforrás beruházások volatilitásának becslését.

Az általam, a Crystal Ball alkalmazás segítségével végrehajtott szimuláció eredményeképpen megállapítható a kiválasztott bizonytalansági tényezők valószínűség-eloszlása, átlagértéke, valamint szórása. Az 5000 futtatás eloszlásfüggvényei két, illetve a megújuló technológiák esetében egy bizonytalansági tényező véletlen szimulációját követően az 51-52. számú ábrán, míg a futtatások eredményeként kapott szórás értékeket a 38. számú táblázat "Szórás" sora mutatja.

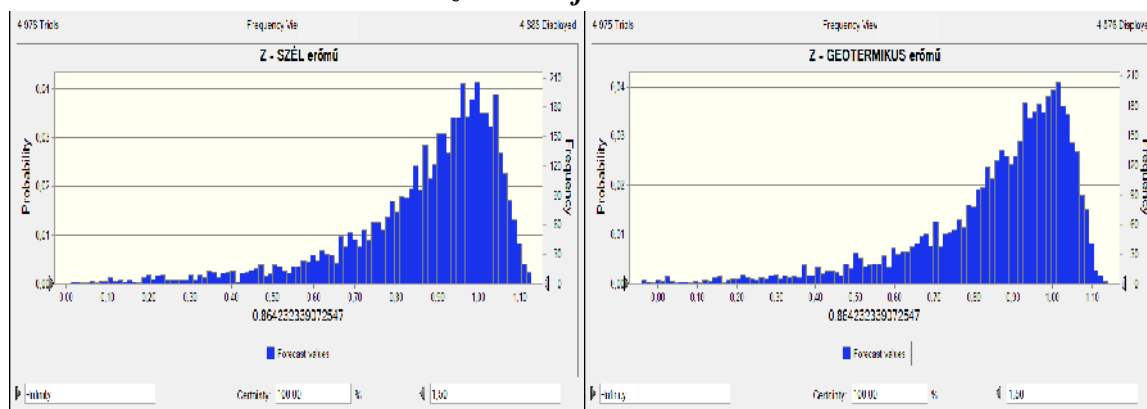
51. ábra A projekt-hozamok eloszlás-függvénye két bizonytalansági tényez szimulációját követ en



Forrás: Saját számítás

A fenti hat technológia esetében a f t anyag, valamint villamosenergia-ár bizonytalanságok együttes szimulációja alapján a legnagyobb projektérték kockázatot a szén és k olaj f t anyagokra épül er m vek mutatják, míg a legalacsonyabb kockázat jellemz en a nukleáris technológiákhoz köthet (lásd 38. számú táblázat).

52. ábra A projekt-hozamok eloszlás-függvénye egyetlen bizonytalansági tényez szimulációját követ en



Forrás: Saját számítás

A megújuló technológiák esetében a f t anyag kockázatokról nem beszélhetünk, így a projektérték volatilitás számításakor pusztán a villamosenergia árak bizonytalanságának projektérték-hozamra kifejtett hatását vizsgáltam. A negatív nettó jelenértékkel bíró megújuló termelési technológiák esetében a z értékek szimulációját nem tudtam végrehajtani a negatív nevező következtében, így mivel annak konstans értékét feltételeztem a futtatások során, a projektérték kockázatát az egy bizonytalansági tényez szimulációjának $t=1$ időpontban létrejövő projektérték természetes alapú logaritmusára kifejtett hatásával azonosítottam (napenergia alapú termelési technológiák). A létrejövő adatok alapján a legmagasabb projektkockázat a geotermikus erőművekhez, illetve a fotovoltaikus nap-egységekhez társítható. Figyelembe véve, hogy a 30% körül mozgó megújuló projektérték kockázatok csupán egyetlen bizonytalansági tényez hatását tükrözve érik el, illetve haladják meg az átlagos hagyományos erőművek két bizonytalansági tényez alapján kalkulált projektérték-kockázatát, az előbbiekké kockázati dominanciája nyilvánvaló.

5.5.3. A reálopció értékelés folyamata

A reálopció elemzés során a Cox, Ross és Rubinstein (1979) féle binomiális modellt írtam fel, azzal a feltételezéssel, hogy a projekt értéke geometriai brown-mozgást követ, valamint minden Δt periódusban felvehet V_u értéket p valószínűséggel, illetve V_d értéket $1-p$ valószínűséggel, ahol $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$, $d = \frac{1}{u}$, illetve $p = \frac{1+r-d}{u-d}$ (σ a projekt volatilitás). A

binomiális reálopció árazás annál pontosabban képes becsülni az opció értékét, minél kisebb időközöket feltételezünk az "ugrások" között, ezért a binomiális fák felrajzolásakor

az elágazások negyedévente bekövetkeztéb l indultam ki, vagyis az egy éves futamidej reálopció négy elágazást követ en öt ágból, míg egy öt éves futamidej reálopció hús elágazást követ en 21 ágból áll. A különféle reálopciók típusok binomiális árazása során felhasznált input adatokat, az ugrásai paramétereiket, valamint a kalkulált kockázat-semleges valószínűséget a következő **(38. számú) táblázat** összegzi.

38. táblázat A reálopciók binomiális árazásának input paramétereit

	SZÉN	K olaj	CCGT	Nukleáris LRW	Onshore szél	Biomassza	Földgáz CHP	Nap PV	Nap termál	Geotermikus
Az alaptermék jelenértéke m\$	3 107	2 623	2 310	3 153	3 563	2 557	1 867	3 811	4 069	3 296
Az alaptermék beruházási költsége m\$	1 075	698	442	1 576	1 911	1 405	663	6 831	6 763	1 496
Az opció futamideje (év)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
intervallumok száma	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
kockázatmentes ráta	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Szórás	35%	33%	31%	18%	28%	29%	32%	32%	28%	31%
opciók paraméterek	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
u	1,191	1,179	1,168	1,094	1,15	1,156	1,174	1,174	1,15	1,168
d	0,839	0,848	0,856	0,914	0,869	0,865	0,852	0,852	0,869	0,856
kockázat-semleges valószínűség	0,512	0,517	0,524	0,585	0,534	0,531	0,521	0,521	0,534	0,524

Forrás: Saját számítás

A következőkben az egyes reálopciók típusok esetében végrehajtott binomiális árazás eredményeinek elemzése következik, a binomiális árazás lépéseinek ismertetését mellve, tekintettel a vizsgált esetek számosságára (minden reálopció esetében tíz technológia, öt feltételezett futamid mellett, MS Excel™ táblázatkezel segítségével kivitelezett árazása), valamint a negyedévenkénti elágazású fák méretére. Az egyes típusokon belül egy-egy technológia árazásának lépéseit a mellékletben közlöm.

5.5.3.1. Halasztási reálopció

Elsként a 9. számú táblázat alapján, a kvázi minden bizonytalansági tényezőt eredeti kockázat kezelésére alkalmas halasztási opciók birtoklását feltételeztem. A kiválasztott tíz villamosenergia-termelési technológia esetében egy, kettő, három, négy, valamint öt éves halasztási opció futamid kb l indultam ki, és arra a kérdésre kerestem a választ, hogy melyik az a technológia, melynek halasztása az adott periódusban a legkifizetendőbb. Mint várható volt, a maximális projektérték (nettó jelenérték + opciók (stratégiai) érték) a

leghosszabb opciós futamid mellett jött létre, vagyis minél tovább halasztjuk egy adott projekt megvalósítását, az annál nagyobb értéket generál. Az igazán érdekes esetet a negatív nettó jelenérték adatokkal rendelkező szolár technológiák szolgáltatták. A fotovoltaikus napelemek pozitív projektértékének realizálása érdekében öt éves halasztási periódusból kell kiindulnunk, míg a termál napegységek akár négy éves halasztási opció futamidet feltételezve is képesek (bár szerény, de pozitív) értéket teremteni a beruházó számára, vagyis a projektérték a negyedik periódusban vált pozitív eljelle, azzal a megjegyzéssel, hogy természetesen a legnagyobb projektérték ebben az esetben is a maximális halasztási reálopció futamidet feltételezve alakul ki.

39. táblázat A halasztási reálopció értéke (adatok m\$-ban)

	Halasztási opció értéke						
	NPV	1 év	2 év	3 év	4 év	5 év	NPV*
SZÉN	2032	76,88	148,48	216,62	280,44	339,52	2371,52
K olaj	1925	46,13	88,71	128,2	164,94	199,06	2124,06
CCGT	1868	30,75	59,14	85,35	109,58	131,99	1999,99
Földgáz CHP	1204	46,13	88,9	129,08	166,57	201,28	1405,28
Nukleáris LRW	1577	107,64	207	298,76	383,53	461,8	2038,8
Biomassza	1152	99,95	197,18	288,19	371,59	447,65	1599,65
Onshore	1652	138,39	271,66	396,32	510,8	615,43	2267,43
Nap PV	-3020	2273,74	2499,56	2736,94	2966,72	3184,04	164,04
Nap termál	-2694	2017,22	2246,06	2488,21	2724,54	2949,76	255,76
Geotermikus	1800	107,64	209,88	306,42	395,83	477,95	2277,95

$NPV^* = NPV + \max(\text{stratégiai érték})$

Forrás: Saját számítás

A villamosenergia-összetétel elemzés szempontjából érdemesnek találtam megvizsgálni a projektértéket minden egyes futamidn belül egyedileg, majd ezt követően a tíz technológia öt éves időhorizontú elemzésére, vagyis ötven projektértékre összesítve. Az egyes futamidk mellett létrejövő opciós érték, valamint a nettó jelenérték összege alapján megállapítható, hogy az adott periódusban melyik az a villamosenergia-termelési technológia, amely a legnagyobb értéket teremti a beruházó számára.

A következő táblázat 2-6-dik oszlopa a projektértékek csökkenő rangsorát mutatja az egyes technológiák esetében. Jól látszik, hogy minden futamid mellett a szénermvek teremtik a legnagyobb értéket, mely projektérték már négy éves futamid mellett meghaladja a bármely más technológia megvalósítása esetében realizálható maximális értéket (lásd összesített rangsor 7-11-dik oszlop).

40. táblázat

A halasztási reálopciók érték eredményeként létrejövő projektértékek rangsora

	Adott perióduson belüli rangsor					Összesített rangsor				
	1 év	2 év	3 év	4 év	5 év	1 év	2 év	3 év	4 év	5 év
SZÉN	1	1	1	1	1	10	7	5	2	1
K olaj	2	2	3	4	4	20	16	13	12	9
CCGT	4	4	5	5	6	26	23	22	19	18
Földgáz CHP	8	8	8	8	8	40	38	37	35	34
Nukleáris LRW	6	6	6	6	5	30	29	27	21	15
Biomassza	7	7	7	7	7	39	36	33	32	31
Onshore	5	5	4	3	3	28	24	14	8	4
Nap PV	10	10	10	10	10	50	48	46	44	42
Nap termál	9	9	9	9	9	49	47	45	43	41
Geotermikus	3	3	2	2	2	25	17	11	6	3

Forrás: Saját számítás

Egy, illetve két éves halasztás mellett a k olaj er m vek bizonyulnak a második legkifizet d bb er m típusnak, ugyanakkor vegyük észre, hogy az els két évben kialakuló projektértéknél egy további éves halasztást feltételezve a geotermikus er m vek képesek nagyobb hozzáadott értéket generálni, illetve négy és öt éves halasztási id tartam esetében a széler m vek is vonzóbb termelési technológiává válnak. Vagyis az összetételbe vonási sorrendet célszerű az ötven projektérték alapján készített összesített rangsor alapján felállítani.

5.5.3.2. Elvetési reálopció

Bár, ahogyan azt az elméleti áttekintés során kiemeltem, egy elvetési reálopció kritikus pontja az elvetés optimális id pontjának megállapítása, a villamos-energia kapacitás tervezés kapcsán még nehezebb feladat hárul a projektértékel re az ún. végérték, vagyis az elvetéskor az er m értékesítéséb l, illetve likvidálásából származó pénzáram megállapítása kapcsán. Tekintettel a villamosenergia-termel beruházások nagy mérték irreverzibilitására, számításaim során abból a feltevésb l indultam ki, hogy az els évet követ en a teljes kezd pénzáram 50%-ának realizálása, majd ezt követ en 10%-kal csökken mértéke, vagyis két éves elvetési reálopciók futamid t feltételezve 40%, három esetében 30%, négy éves futamid mellett 20%, illetve a maximális 5 éves futamid esetében 10%-os a végérték.

A reálopciók árazás alapján a pozitív nettó jelenértékkel bíró projektek esetében a likvidálásnak ilyen körülmények között nincsen értelme, vagyis nem rendelhet stratégiai érték az egyes termelési technológiákhoz. A negatív nettó jelenérték projektek esetében

minél elbb elveti a beruházó az értékromboló projekteket, és megkísérli az amúgy visszafordíthatatlan beruházás egy részét megmenteni, annál nagyobb opciós érték keletkezik. Fontos észrevennünk, hogy a jelentős negatív nettó jelenértékű projektek esetében ez nem jelent mást, mint a veszteségek minimalizálását, hiszen még az egy év utáni likvidálás is jelentős értékrombolást okoz a beruházó vállalkozás életében.

41. táblázat Az elvetési reálopció értéke (adatok m\$-ban)

	NPV	Elvetési opció értéke					NPV*
		1 év	2 év	3 év	4 év	5 év	
SZÉN	2032	0	0	0	0	0	2032
Kőolaj	1925	0	0	0	0	0	1925
CCGT	1868	0	0	0	0	0	1868
Földgáz CHP	1204	0	0	0	0	0	1204
Nukleáris LRW	1577	0	0	0	0	0	1577
Biomassza	1152	0	0	0	0	0	1152
Onshore	1652	0	0	0	0	0	1652
Nap PV	-3020	210,01	98,47	38,02	8,02	0,37	-2809,99
Nap termál	-2694	111,39	47,38	14,29	1,89	0,04	-2582,61
Geotermikus	1800	0	0	0	0	0	1800

$NPV^* = NPV + \max(\text{stratégiai érték})$

Forrás: Saját számítás

Az elvetési reálopciók bevonása a villamosenergia-összetétel tervezés problémájának vizsgálatába véleményem szerint csak abban az esetben indokolt, amennyiben a már kialakult energia-mix valamely eleme élettartamának első éveiben nem váltja be a hozzá fűzött reményeket, illetve egyéb külső körülmények következtében képtelen arra. Ebben az esetben az elvetési reálopciók a kockázatkezelésnek, a veszteségminimalizálásnak tökéletes eszközei lehetnek.

5.5.3.3. B vitési reálopció

A B vitési reálopciók alapvető karakterisztikáinak átgondolásakor kettős motiváció hajtott. Egyrészt lehetőséget láttam a tanulási ráták, a kapacitás duplázódás következtében megvalósuló beruházási költség csökkenés modellbe vonására, másrészt a kapacitás tervezés egy kulcskérdésének, a B vitéssünk, vagy új beruházást hajtunk végre kérdésnek megválaszolására. E reálopciók kapcsán tehát első lépésben az egyes technológiák tanulási rátáinak azonosítását hajtottam végre európai uniós adatbázisok alapján (ECN, 2004), majd ezt követően feltételeztem, hogy az adott technológiák 50%-os B vitést hajtja végre a beruházó az első megvalósítást követő ötödik év végén a kezdeti költségéhez képest a tanulási ráták 50%-nak megfelelő költségcsökkenés mellett. Következésképpen a technológia duplázódását, vagyis a 100%-os kapacitásb vítés esetét vizsgáltam minden

technológia egyedi hasznos élettartamának végén, a beruházási költségek tanulási rátáknak megfelelő mérték költségsökkenésének feltevésével.

42. táblázat A b vitési reálopció értéke (adatok m\$-ban)

	NPV	tanulási ráta	Hasznos élet-tartam	50%		100%		NPV*		RANGSOR	
				5 év	n végén	5 év	n végén	5 év	n végén		
				múlva		múlva		múlva			
SZÉN	2032	5%	38	913,1	3063,52	2945,1	5095,52	1	1		
K olaj	1925	1%	30	865,33	2563,63	2790,33	4488,63	2	5		
CCGT	1868	1%	30	863,52	2271,31	2731,52	4139,31	3	6		
Földgáz CHP	1204	1%	26	524,19	1790,1	1728,19	2994,1	7	8		
Nukleáris	1577	1%	50	564,69	3124,43	2141,69	4701,43	6	4		
Biomassza	1152	15%	35	518,5	2487,85	1670,5	3639,85	8	7		
Onshore	1652	10%	24	710,57	3321,08	2362,57	4973,08	5	3		
Nap PV	-3020	20%	30	132,69	3424,27	-2887,3	404,27	10	10		
Nap thermál	-2694	20%	29	105,45	3603,39	-2588,6	909,39	9	9		
Geotermikus	1800	20%	32	833,78	3208,71	2633,78	5008,71	4	2		

NPV*=NPV+ stratégiai érték

Forrás: Saját számítás

Ahogy az a táblázat is jelzi, a jelen kapacitástervezési nem véletlenül gondolkodnak a hagyományos technológiák b vítésében. A legnagyobb opciós érték ugyanis a jelenlegi beruházási költség tendenciák mellett ezekhez az erőforrásokhoz rendelhető, illetve rövid távon a geotermikus erőforrások követik őket. Bár a szolár technológiák tanulási rátája szintén jelentős költségsökkenést helyez kilátásba, azok az általam kalkulált számítások szerint mindössze egy újabb életciklus szakaszt követően eredményezik a projektérték pozitívra fordulását. A hagyományos nettó jelenérték, valamint az opciós érték összegeként létrejövő projektérték alapján felállított rangsor szerint a szénerőművek mellett a geotermikus, a szél, valamint a nukleáris erőművek b vítése célszerű azok egyedi hasznos élettartamát követően. Figyelembe véve, hogy ezek közül mindössze a szén és a nukleáris technológiák minősülnek alapterméknek, és képesek ezáltal terhelési tényezőjük alapján a stabil ellátás biztosítására, választ kapunk az atom-, és szén-erőművek b vítésének háttérében meghúzódó tényezőkre. Vegyük észre, hogy a hasznos élettartam végi 100%-os kapacitás b vítés nyomán keletkező opciós érték minden esetben meghaladja az eredeti nettó jelenértéket, vagyis a tanulási hatás nyomaira is bukkanunk.

Az előbbieken tehát a reálopciók legfőbb típusainak, a növekedési, a tanulási, valamint a biztosítási reálopciók egy-egy esetének villamosenergia-rendszereken belüli alkalmazásának lehetőségeit vizsgáltam, az eljárás kapacitás tervezés során történő bevezetésének szem előtt tartásával. Összességében az egyes esetekben felállított projektérték rangsorok alapján megállapítható, hogy a legnagyobb projektérték kockázattal

jellemezhet széner m vek a legrugalmasabb villamosenergia termelési technológiák, ket követi a geotermikus energiaforrás alapú villamosenergia termelés, majd a k olaj-, a szél-, és földgáz alapú er m vek. Amennyiben bevonjuk a vizsgálatba a környezeti bizonytalanságot, a fosszilis technológiák eredményei jelent sen módosulnak. A három bizonytalansági tényez együttes hatását tükröz projektérték volatilitások drasztikusan megemelkednek (lásd táblázat), illetve ezáltal a binomiális árazás paraméterei is módosulnak.

43. táblázat A reálopciók binomiális árazásának input paraméterei három bizonytalansági tényez t feltételezve

Input paraméterek	SZÉN	K olaj	CCGT	Nukleáris LRW	Onshore	Biomassza	Földgáz CHP	Nap PV	Nap thermál	Geotermikus
Az alaptermék jelenértéke m\$	2 361	1 987	1 908	3 153	3 563	2 578	1 434	3 811	4 069	3 296
Az alaptermék beruházási költsége m\$	1 075	698	442	1 576	1 911	1 405	663	6 831	6 763	1 496
Az opció futamideje (év)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
intervallumok száma	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
kockázatmentes ráta	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Szórás	48%	51%	52%	18%	28%	33%	54%	32%	28%	31%
opciós paraméterek	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943	0,01943
u	1,27	1,29	1,30	1,09	1,15	1,18	1,31	1,17	1,15	1,17
d	0,79	0,77	0,77	0,91	0,87	0,85	0,76	0,85	0,87	0,86
kockázatsemleges p	0,48	0,47	0,47	0,59	0,53	0,52	0,47	0,52	0,53	0,52

Forrás: Saját számítás

A fenti adatokkal újra lefutttva a binomiális árazás lépéssorozatát, jelent sen módosult a technológiák rangsora. A környezeti bizonytalanság által szignifikánsan sújtott fosszilis technológiák elveszítették uralkodó helyüket, és két megújuló energiaforrás alapú technológia, a geotermikus, valamint széler m vek domináns értékteremtését mutatják az eredmények. A nukleáris technológia követi ezeket a rangsorban, majd a számos forrás (Declercq, 2006; Federico, 2010) által legrugalmasabb technológiának kikiáltott földgáz alapú termelési eljárások következnek. Az eddigi éllavas széner m vek továbbra is a középmez nyben helyezkednek el els sorban alacsony f t anyag költségük következtében. Amennyiben a rangorból kiválogattam azokat az er m veket, melyek az alaper m kategóriába sorolhatóak, vagyis 75%-feletti terhelési tényez jükb l adódóan az ellátásbiztonság f szerepl i, a nukleáris technológia válik a legvonzóbb technológiává, majd a földgáz alapú termel egységeket a széner m vek, végül pedig a megújuló

energiaforrás alapú egységek követhetik. Utóbbiak hangsúlyosan a regionális szükségetek kielégítéséhez, a hálózattól elszigetelt területek ellátásbiztonságához, valamint az id járási extremitásoktól mentes földrajzi régiók keresletének kiszolgálásához járulhatnak hozzá (lásd **44. számú táblázat**).

44. táblázat A halasztási reálopciók érték eredményeként létrejöv projektértékek rangsora három bizonytalansági tényez figyelembe vételét követ en

	Adott perióduson belüli rangsor					Összesített rangsor				
	1 év	2 év	3 év	4 év	5 év	1 év	2 év	3 év	4 év	5 év
SZÉN	5	5	5	4	4	33	29	23	18	15
K olaj	6	6	7	7	7	34	31	30	27	25
CCGT	4	4	4	5	6	26	24	21	20	19
Földgáz CHP	8	8	8	8	8	40	39	38	37	36
Nukleáris LRW	3	3	3	3	3	16	14	12	9	7
Biomassza	7	7	6	6	5	35	32	28	22	17
Onshore	2	2	2	2	2	13	10	6	4	2
Nap PV	10	10	10	10	10	50	48	46	44	42
Nap thermál	9	9	9	9	9	49	47	45	43	41
Geotermikus	1	1	1	1	1	11	8	5	3	1

Forrás: Saját számítás

Az elvetési opció stratégiai érték elemei is módosultak a megnövekedett kockázat következtében. Az addig szignifikáns "in the money" pozícióban lév fosszilis termelési technológiák elvetése racionálissá vált, ahogyan azt a következ táblázat is szemlélteti.

45. táblázat Az elvetési reálopciók értéke három bizonytalansági tényez t figyelembe véve

	Elvetési opció értéke						
	NPV	1 év	2 év	3 év	4 év	5 év	NPV*
SZÉN	1286	0	0,37	0,42	0,24	0,05	1286,42
K olaj	1289	0	0,1	0,24	0,14	0,03	1289,24
CCGT	1466	0	0	0,02	0,03	0	1466,03
Földgáz CHP	771	0	0,53	1,19	0,67	0,14	772,19
Nukleáris LRW	1577	0	0	0	0	0	1577
Biomassza	1173	0	0	0,01	0	0	1173,01
Onshore	1652	0	0	0	0	0	1652
Nap PV	-3020	210,01	98,47	38,02	8,02	0,37	-2810
Nap thermál	-2694	111,39	47,38	14,29	1,89	0,04	-2582,6
Geotermikus	1800	0	0	0	0	0	1800

Forrás: Saját számítás

A táblázatban jelöltem azokat a maximális stratégiai érték elemeket, melyek orientálják a döntéshozót az elvetés optimális id pontjának megválasztása kapcsán az egyes termelési technológiák esetében. Jól látszik, hogy a fent ismertetett likvidációs paraméterek mellett a széner m veket, értékteremtési szempontból optimális, az üzembe helyezésüket követ harmadik évben elvetni, hasonlóan a k olaj er m vekhez. A földgáz alapú technológiák

megnövekedett környezeti bizonytalansága azok elvetését helyezi kilátásba a harmadik, illetve negyedik m ködési évükben.

Ezt követ en a környezeti bizonytalanság vizsgálatba vonásának b vítési problémára kifejtett hatásával foglalkoztam. Az újrakalkulált b vítési opciós értékek szintén 50%-os, illetve 100%-os kapacitás növekedés feltételezése mellett születtek.

46. táblázat A b vítési reálopció értéke három bizonytalansági tényez figyelembe vételével (adatok m\$-ban)

	B vítési reálopció értéke										
	NPV	tanulási ráta	Hasznos élet-tartam	50%		100%		NPV*		RANGSOR	
				5 év múlva	n végén	5 év múlva	n végén	5 év múlva	n végén		
SZÉN	1286	5%	38	663,36	2333,02	1949,36	3619,02	5	5		
K olaj	1289	1%	30	636,92	1950,11	1925,92	3239,11	6	7		
CCGT	1466	1%	30	705,69	1883,93	2171,69	3349,93	3	6		
Földgáz CHP	771	1%	26	417,92	1392,27	1188,92	2163,27	8	8		
Nukleáris LRW	1577	1%	50	564,69	3124,43	2141,69	4701,43	4	3		
Biomassza	1173	15%	35	556,5	2512,86	1729,5	3685,86	7	4		
Onshore	1652	10%	24	710,57	3321,08	2362,57	4973,08	2	2		
Nap PV	-3020	20%	30	132,69	3424,27	-2887,3	404,27	10	10		
Nap thermál	-2694	20%	29	105,45	3603,39	-2588,6	909,39	9	9		
Geotermikus	1800	20%	32	833,78	3208,71	2633,78	5008,71	1	1		

NPV*=NPV+ stratégiai érték

Forrás: Saját számítás

A környezeti szempontok el térbe kerülése következtében a fosszilis technológiák, els sorban a szén- és földgáz alapú er m vek b vítése nem t nik racionális befektet i magatartásnak. A projektérték kockázat következtében az alacsony tanulási rátával jellemezhet technológiák b vítési reálopciójának értéke szignifikánsan csökkent, míg a jelent s költségcsökkentési potenciállal kecsegtet technológiák kockázatemelkedése a stratégiai érték növekedését okozta (lásd biomassza er m vek). Összességében az alaper m vek közül a nukleáris technológia, valamint a földgáz alapú technológiák b vítése t nik ki az adatokból a jövő kapacitástervezési trendje kapcsán.

A környezeti dimenzió modellbe foglalása jelent s hozzáadott értéket teremtett mind a kockázat megragadási, mind az értékteremtési szempontok kapcsán. A végrehajtott reálopció árazás véleményem szerint képes plusz adalékul szolgálni a korábban ismertetett kapacitás tervezési eljárások döntéstámogatási javaslataihoz, különösen azáltal, hogy az eddigi modellekhez képest a bizonytalansági tényez k pénzáramokra, projekt-kockázatra, értékteremtésre kifejtett hatása együttesen elemezhet vé vált. A korábbi eljárásokhoz képest ugyanis a szimulációs eljárással támogatott binomiális reálopció értékelés több bizonytalansági tényez együttes figyelembe vételére képes.

5.5.4. A reálopció-elmélet alkalmazási lehet ségei villamos-energia kapacitás tervezés során

A következ kben a reálopciók portfóliójának, pontosabban fogalmazva a reálopció által teremtett stratégiai értéknek portfólió-összetételre kifejtett hatásával foglalkoztam. A reálopció árazás egyrészt pontosabb er m kockázat becslést, másrészt a hagyományos projekthozamokhoz képest az egyes reálopciók típusok esetében azonosított stratégiai értéken keresztül pótlólagos hozam realizálást tett lehetővé. Dolgozatom utolsó kísérleteként arra kerestem a választ, hogy az egyes termelési technológiák kockázat-hozam karakterisztikájának adekvát becslését lehetővé tevő reálopciók keretrendszer hatékony döntéstámogatási eszköznek bizonyul-e jelenünk kapacitás tervezési számára.

47. táblázat Az egyes technológiák kockázat-hozam karakterisztikája a stratégiai érték tükrében

	Kiindulási helyzet			Halasztási reálopció			B vitési reálopció		
	Hozam rangsor	Kockázat rangsor	Kockázatra jutó hozam rangsor	Hozam rangsor	Kockázat rangsor	Kockázatra jutó hozam rangsor	Hozam rangsor	Kockázat rangsor	Kockázatra jutó hozam rangsor
Szén	4	7	7	5	7	7	5	7	7
K olaj	2	8	5	2	8	6	2	8	5
CCGT	1	9	2	1	9	2	1	9	2
Nukleáris	6	1	1	7	1	1	7	1	1
Szél	6	2	4	6	2	3	6	2	4
Biomassza	8	6	6	8	6	5	8	6	6
Földgáz	4	10	8	3	10	8	4	10	8
Nap	9	5	10	9	5	10	9	5	10
Nap	9	2	9	10	2	9	10	2	9
Geotermikus	3	4	3	4	4	4	3	4	3

*Hozam rangsor: Legmagasabbtól a legalacsonyabbig; Kockázat rangsor: Legalacsonyabbtól a legmagasabbig; Kockázatra jutó hozam rangsor: Legmagasabbtól a legalacsonyabbig

Forrás: Saját számítás

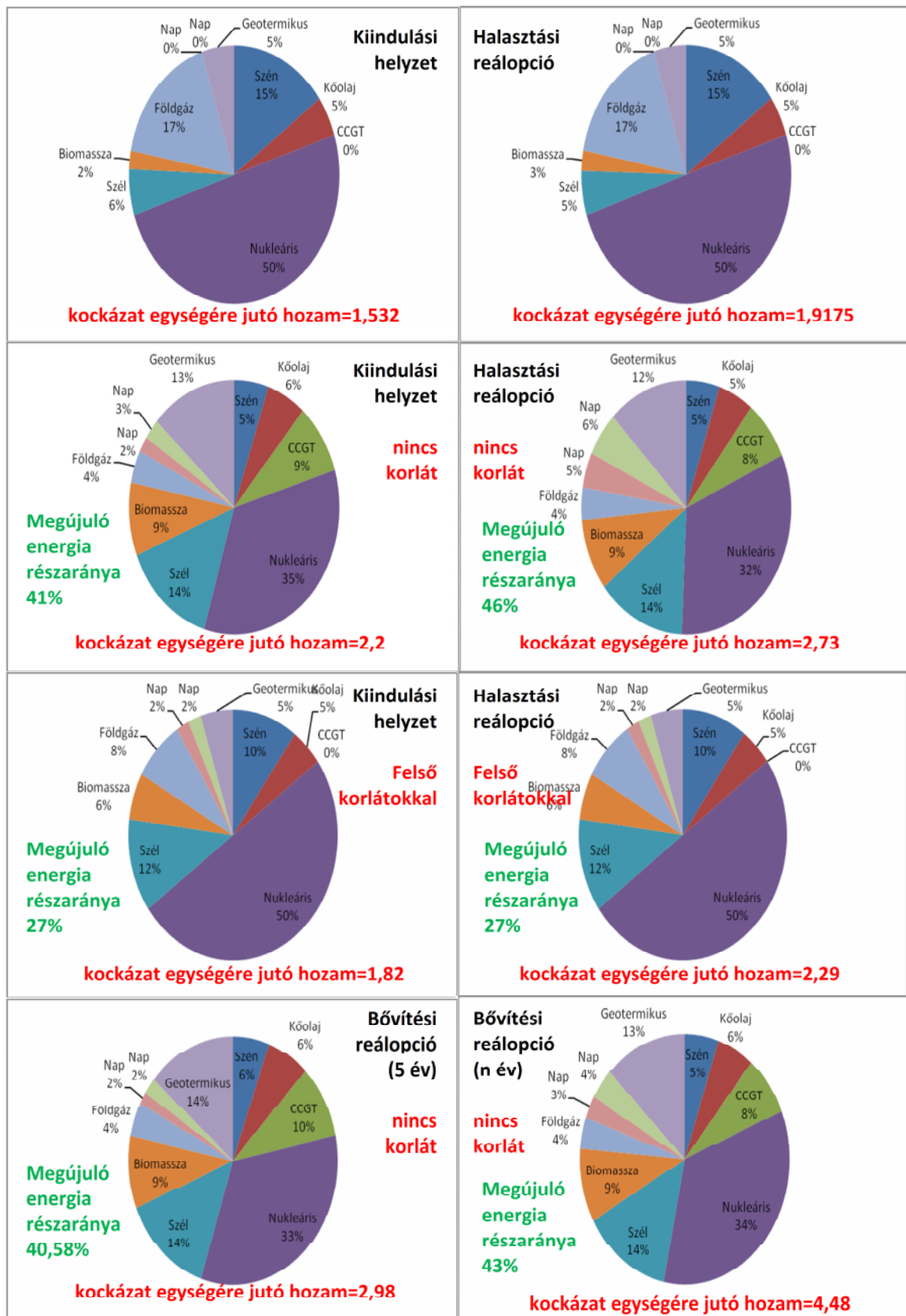
A problémát nem az egyes reálopciók binomiális fájának egyesítésén, és a közöttük lévő kvalitatív és/vagy kvantitatív kölcsönhatások azonosításán keresztül közelítettem meg, hanem az opció árazás során azonosított opció-értéknek a projektek átlagos geometriai hozamára kifejtett hatásán, illetve a három bizonytalansági tényező együttes hatását tükröző projekt-érték kockázaton keresztül. A céloom egyedi jutalom a variabilitásért ráta maximalizálása, vagyis a portfólió kockázat egységére jutó portfólió hozamok maximalizálása volt. Elsőként az átlagos geometriai hozamokat azonosítottam a

hagyományos nettó jelenértéken felüli stratégiai értéknek kezdeti befektetett t kéhez viszonyított hányadosának hasznos élettartamra annualizálásán keresztül.

Amennyiben az optimalizációt első lépésben a **hagyományos belső megtérülési ráta (IRR)** adatok projektérték kockázathoz viszonyított hányados maximalizálásának céljával hajtom végre, a korábbi (*12. számú képlet*) **lineáris programozás során használt korlátok** modellbe iktatásával, 1,52 egységnyi kockázatra jutó hozamértéket kapok a teljes villamosenergia-összetételre, melyben kockázat-hozam karakterisztikája alapján maximális potenciális súlyarányával szerepel a nukleáris technológia. A futtatás eredményeként létrejövő összetétel 13,22%-ban megújuló energiaforrás alapú villamosenergia-termelési technológiából, míg 86,78%-ban hagyományos erőművek áll. Az optimalizációs eljárás a magas egyedi egységnyi kockázatra jutó megtérülési rátával jellemezhető technológiákat az alsó korlátnál nagyobb arányban, míg az alacsony értékkel bíró erőműveket a szükséges minimum szerint válogatja be az összetételbe (*lásd 53. számú ábra*).

A stratégiai értékkel növelt hozamok és változatlan kockázati paraméterek alapján ugyanezen korlátok mellett végrehajtottam az optimalizációt, melynek eredményeként az összetétel minimális mértékben, a kockázat egységére jutó hozam azonban jelentősen változott (1,92-ről 1,52-re). A halasztás eredményeként keletkezett stratégiai érték vonzóvá tette az összetételben amúgy is jelentős súlyarányú képviseltetett földgáz alapú technológiákat, valamint a megújuló energiaforrás alapú technológiák közül a biomassza- és szélenergia erőműveket, így az összetétel, ha minimálisan is, de átrendeződött a biomassza és geotermikus erőművek javára (1%-nál kisebb mértékben). A stratégiai érték azonosításával egyértelműen a projektérték pontosabb becslése, a menedzseri rugalmasság számszerűsítése vált lehetővé, nem is beszélve ezen eljárás által nem vizsgált projektérték kockázat csökkentési lehetőségekről, melyek a kockázat egységére jutó hozamok további növekedését hordozzák magukban.

53. ábra A reálopciók stratégiai értékteremtésének hatása a villamosenergia-összetételre

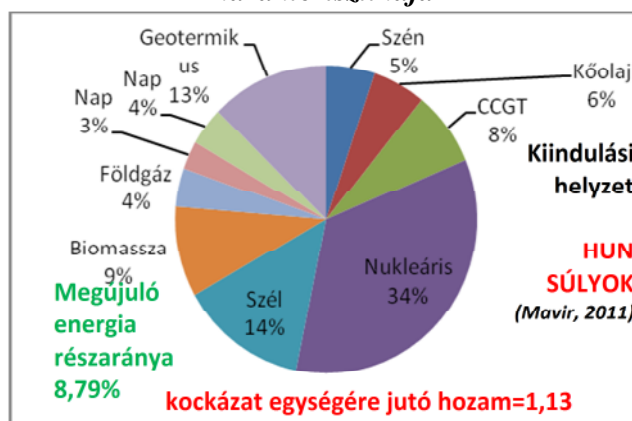


Forrás: Saját számítás

Amennyiben **korlátozó feltételek, vagyis a villamosenergia-összetétel elzetes orientációja nélkül** ismételt meg a fenti lépéssorozatot, az összetétel jelent sen átrende zött (lásd 53. számú c, ábra). A bels megtérülési ráta adatok alapján azonosított összetétel 41%-ban megújuló energiaforrás alapú technológiákból áll, mely összetételnek egységnyi kockázatra jutó hozama meghaladja az el z súlyok esetében a stratégiai értékkel növelt hozamok alapján kalkulált értékét. Vagyis az ismert kockázat és hozam jellemz kkel bíró technológiák egy 59%-ban hagyományos technológiákból és 41%-ban megújuló technológiákból álló mixe képes nagyobb hozamot generálni a befektet számára. Amennyiben a halasztással realizálható opciós értéket is figyelembe veszem az összetétel jelent sen elmozdul a megújuló er m vek javára (46%), melynek nyertesei els sorban a jelen pillanatban rendkívül értékromboló szolár technológiák. Vagyis ezen technológiák egy újabb generációja a tanulási hatás által bekövetkez beruházási költségcsökkenésnek köszönhet en domináns szerepl jévé (11%) válhat a jövő menetrendtartó és csúcser m vi szolgáltatásának. A halasztási reálopciók által teremtett opciós érték ebben az esetben adta eredményül a legmagasabb (2,73) egységnyi kockázatra jutó hozam értéket. Vagyis a megújuló energiaforrás alapú technológiákban rejlt értékteremtési potenciál egyértelm en igazolódik a reálopció elemzés által.

A b vitési reálopció által teremtett stratégiai érték összetételre kifejtett hatásának vizsgálatát megel z en elvégeztem a jelenlegi magyar villamosenergia-összetételnek korlátkénti rögzítését a kiinduló IRR adatok, vagyis az opció érték hozamokhoz való hozzáadott érték-komponensét mell z éves hozamok mellett. A **53. számú ábra rendszer** bal alsó ábrája szerint ez az összetétel eredményezi a kockázat egységére vetített legalacsonyabb hozamértéket.

54. ábra *A jelenlegi magyar villamosenergia-összetétel kockázat-hozam karakterisztikája*



Forrás: Saját számítás

Ehhez képest az eddigi legmagasabb jutalom a variabilitásért rátát a korlátok nélkül vizsgált **b vitési reálopció értékek** figyelembe vételével létrejövő összetétel mutatja (2,98), mely összetétel közel 41%-ban megújuló energiaforrás alapú technológiából áll. Összességében az utóbbi eredménynek, illetve energia-mixnek összevetésére elsősorban a korlátok nélkül kalkulált eredeti IRR adatok alapján létrejövő összetétellel van. Ahogyan azt a korábbiakban kiemeltem, ez a 2,2 egységnyi kockázatra jutó hozammal jellemezhető összetétel 41%-ban megújuló energiából áll, vagyis bár hozam-karakterisztikájában nem, felépítésében csaknem azonos a b vitési reálopció által teremtett stratégiai érték figyelembe vételét követően kialakuló összetétellel. Mindez visszatükrözi a b vitési reálopció által teremtett érték technológiai szint tapasztalatait, vagyis a tanulási hatás az öt éves futamidej b vitési reálopció esetében nem minősíthető látványosnak.

Sokkal inkább tekinthetjük annak az egyes technológiák egyedi hasznos élettartam végén b vítésének feltételezése, a tanulási hatás kicsúcsosodásának eredményeként létrejövő összetételt, melynek egységnyi kockázatára 4,48 egységnyi hozam jut, és mely 43%-ban megújuló energiából áll.

Összességében a három feltételezett reálopció típus közül két esetben tudtam a keletkezett stratégiai értéknek villamosenergia-összetételre, illetve az összetétel jövedelmezőségére kifejtett hatását vizsgálni. A halasztási reálopciók esetében egyértelműnek tekinthető (a magyar összetételhez) rögzített korlátok esetében azok jövedelmezőséget befolyásoló ereje, ugyanakkor a korlátok nélküli esetben érvényesülni tud az amúgy alacsonyabb hozam-potenciállal kecsegtető, jellemzően megújuló energiaforrás alapú technológiák térnyerése, tehát az összetételre kifejtett hatás egyaránt. A b vitési reálopciók által teremtett stratégiai értéknek hozamokra kifejtett hatása elsősorban rövid távon, a tanulási hatás érvényesülése következtében létrejövő összetétel átrendezés és inkább hosszú távon jelenhet meg.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Disszertációmban a megváltozott piaci körülmények, illetve a fogyasztói és szabályalkotói elvárások átalakulásának következtében jelentős és fokozott bizonytalanságnak kitett villamosenergia-szektor irreverzibilis beruházásainak értékelésére épül; az időbeli és a működési rugalmasságokat egyaránt aktívan kereső, felismerő és kihasználó menedzseri döntéseknek mozgatóit vettem számba, különös tekintettel az összetétel-tervezés beruházási megfontolásaira.

Kutatómunkám három pillérre építettem. Elsőként a villamosenergia-szektor speciális karakterisztikáival, illetve az azokat alakító domináns trendekkel foglalkoztam, megteremtve értekezésem keretrendszerét; majd a szektor speciális beruházási jellemzőivel, a beruházási döntéshozatal elemzési perspektíváival, a különféle beruházás-gazdaságossági számítások létrejöttét determináló tényezőkkel foglalkoztam.

Értekezésem harmadik pillérét a kapacitás tervezés módszertanának ismertetése alkotta, melyben a beruházás-értékelési eljárásokat egy-egy időszakhoz kötöttem, illetve azonosítottam az energia-összetételt befolyásoló szereplők preferenciái közül a domináns, az adott időszakban az összetétel optimalitását meghatározó elvárásokat. A kapacitás tervezési eljárások bizonytalanság kezelés terén végbement evolúciójának ezen szemléltetésekor, az optimalizációs kritériumok alakulására, azok érvényesíthetőségére kifejtett hatásaira fókuszáltam.

Disszertációm felépítése, logikai íve azt a célt szolgálta, hogy a kapacitás tervezés módszertani ismertetésén, az egyes eljárások tesztelésén keresztül cáfoljak olyan, már-már közhelyes prekonceptiókkal, mint hogy a hagyományos technológiák ellentmondást nem tűrően, minden körülmények között uralják a megújuló technológiákat; vagy hogy a villamosenergia-rendszerekben végbement paradigmaváltás fő szereplői csakis a megújuló energiaforrás alapú technológiák lehetnek. E cáfolat fő szereplőjének a reálopció-elméletet választottam mint az optimális villamosenergia-összetételt meghatározó kritériumokat maradéktalanul kielégíteni képes módszertant.

A továbbiakban e kutatási cél elérésére megfogalmazott hipotéziseim vizsgálata, empirikus eredményeim értékelése következik.

Az energia-összetétel optimalizálására irányuló döntést támogató eljárások közül elsőként a diszkontált pénzáram alapú **teljes életciklus költség (LCOE) eljárás** elnyerte, illetve

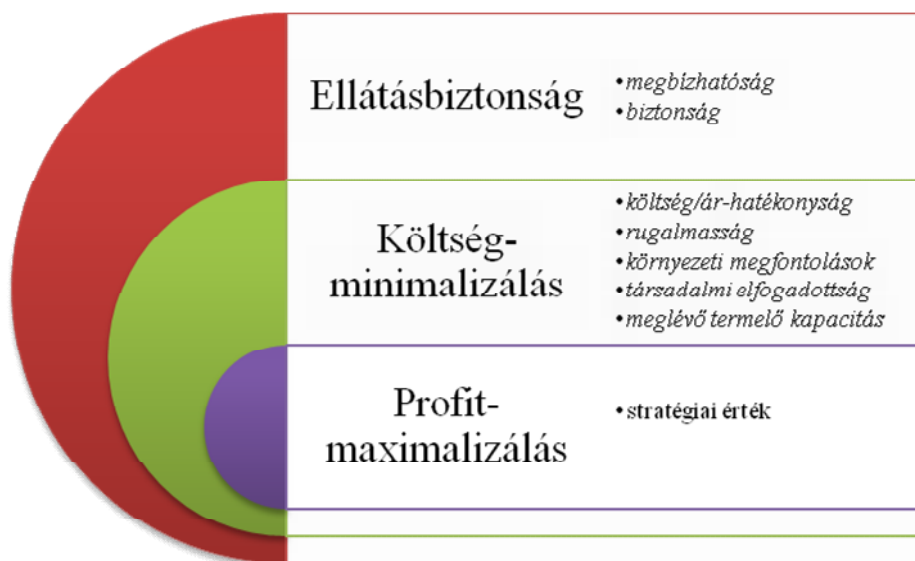
hátrányait boncolgattam elméleti szempontból, majd az empirikus fejezetben 18 villamosenergia-termelési technológia esetében tizenegy input adatra épül számításokat hajtottam végre. A kapott eredmények alapján elemezhetővé vált az egyes erőmű típusok belső költség szerkezete, paraméter-érzékenysége, valamint megállapíthatóvá vált az erőművek egyfajta érdemességi sorrendje. Minden számítást a Nemzetközi Energiaügynökség ajánlása alapján 5 és 10%-os tőkéköltség mellett, három forgatókönyv, egy átlagos, valamint egy optimista és egy pesszimista scenárió feltételezésével végeztem el, vagyis összességében hat esetben tudtam az egyes technológiák egyedi költség-karakterisztikájának megállapítására irányuló elemzéseket végrehajtani.

Az eredmények alapján a beruházási, a működési, valamint a fűtőanyag költség elemek közül az első mutatja a legnagyobb érzékenységet a tőkéköltség változtatására, így az amúgy is csupán a beruházási és működési költség komponenssel rendelkező, rendkívül tőkeintenzív megújuló energiaforrás alapú technológiák belső költség szerkezete, 10%-os diszkontrátát feltételezve arányaiban még inkább a beruházási költségek javára mozdult el. A minden esetben legalább 40%, vagy afeletti arányban a fűtőanyag komponens által meghatározott fosszilis technológiák költség szerkezete, a magasabb diszkontráta feltételezés esetében szintén a beruházási költség irányába billen, arányaiban közel azonos százalékban a működési és fűtőanyag költségek javára.

Amellett, hogy az 1960-as években a kapacitás tervezés legfőbb módszerének számító teljes életciklus költség eljárás a mai napig alkalmas az egyes villamosenergia-termelési technológiák különböző trendek mellett bekövetkező értékeinek elemzésére, a költség szerkezet elmozdulásának, a tanulási- és karbon költség hatásnak vizsgálatára; a magának korábban az összetétel optimalizálás megvalósításához szintén alapot teremtett, hiszen outputjával azonosíthatóvá váltak a legolcsóbb erőmű-típusok.

Ezen a ponton térnék ki az **optimalitás** kérdéskörére. **Kutatásom során az ellátásbiztonság, a költségminimalizálás, valamint a profitmaximalizálás optimalizálási célját azonosítottam.** Dolgozatom harmadik, a kapacitás tervezés történeti megközelítés módszertani fejezetének fókuszában pontosan ezek, az időben és térben nem elhatárolható, egymással versengő, folyamatosan változó paraméterek által determinált optimalizálási célok álltak (lásd 55. számú ábra).

55. ábra *Optimalitási kritériumok a villamosenergia-szektorban*



Forrás: Saját szerkesztés

Kezdetben a gazdaságossági szempontok nem kerültek el térbe, a kapacitás tervezéskor csupán a szolgáltatás mindenkor **megbízható és biztonságos ellátása** kapott hangsúlyt. Ahogyan azt a fenti ábra is mutatja, a költség-minimalizálás megjelenésével e cél nem t nt el, csupán kiegészült a költségek minimalizálásának, valamint profit-maximalizálás kívánalmával, mely cél mára az **ár-hatékonyság, a megbízhatóság, a biztonság, a rugalmasság, a környezeti megfontolások, a társadalmi elfogadottság, valamint a meglévő termelő kapacitások figyelembe vétele mellett a stratégiai érték megragadására képesség által** meghatározott.

Itt térnék vissza az első szofisztikált, a kapacitás beruházási döntéshozatalt támogató eljárás, a teljes életciklus költség értékelésére. **A korábbi, gazdaságossági szempontokat mellőzve, a túl-beruházást ösztönző megtérülési célhoz képest a fogyasztók irányából érkező árhatékonysági elvárás az egységköltségek minimalizálására kényszerítette a termelőket, mely cél eléréséhez az LCOE-eljárás tökéletesnek bizonyult.** Dolgozatomban az eredmények érdemességi sorrendjét karbon költségek figyelembe vétele nélkül, valamint karbon költségek mellett állítottam fel.

48. táblázat LCOE érdemességi sorrend

	IGCC	Szén (PC)	K olaj	CCGT	Földgáz CHP	Gáz üa.cella	Nukleáris LRW	Nukleáris fejlett	Hydro	Biomassza	Biomassza/ szén CHP	Onshore szél	Offshore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Ár-apatály	Hullámzás	Geotermikus
LCOE ₁	7	4	12	5	11	14	8	6	3	10	9	1	17	16	15	13	18	2
LCOE ₂	7	9	17	6	12	14	5	4	3	10	8	1	16	15	13	11	18	2
ME Ø ₁	4	1	7	2	6	8	5	3										
ME Ø ₂	4	5	8	3	6	7	2	1										

LCOE₁=karbon költség nélkül felállított sorrend; LCOE₂=karbon költség mellett felállított sorrend; ME Ø₁ megújuló energiaforrás, és karbon költség nélkül; ME Ø₂= megújuló energiaforrás nélkül, karbon költségekkel.

Forrás: Saját számítás

A táblázat alapján jól látszik, hogy a 18 vizsgált er m típus közül a két (egységnyi MWh-ra vetítve) legolcsóbb villamosenergia-termelési eljárás a megújuló energiaforrás alapú technológiák közül kerül ki (szél és geotermikus). Nyilvánvaló, hogy egy LCOE-számításokra épül érdemességi sorrend esetében a kapott költségek növekv sorba rendezésénél komplexebb feladat vár a kapacitás tervez kre, hiszen figyelembe kell venniük az egyes technológiák terhelési tényez it, hatékonysági rátáit, hasznos élettartamát, egység méretét stb. **A szél- és/vagy geotermikus er m rendelkezik-e 75% feletti terhelési tényez vel, és ezáltal képes-e az ellátásbiztonság f szerepl jévé, azaz alaper m vé válni? Az id járási és/vagy földrajzi körülmények lehet vé, kifizet d vé teszik-e az adott technológia létesítését?** És még sorolhatnám a teljes életciklus költség által meghatározott érdemességi sorrendet követ en, az energia-összetétel optimalitását el segít , megvizsgálendő kérdéseket.

Az elérhet , m szakai karakterisztikájuk alapján is jelent sen differenciálódó, termelési technológiák számának növekedtével az LCOE-alapú döntéshozatalnak pontosan ezen komplexitása keltette életre az igényt az újabb, a döntéshozatalt hatékonyabban szolgáló eljárások kifejlesztése iránt. Vegyük észre ezek tárgyalását megelőzően, hogy alkalmazásának h skorában a teljes életciklus költség-eljárás csupán a hagyományos technológiák összetételbe vonásáról volt kénytelen dönteni (lásd táblázat utolsó két sora). Megújuló energiaforrás alapú technológiák és karbon költségek nélküli világban (ME Ø₁) a **széner m vek létesítése eredményezte a megbízható, biztonságos és ár-hatékony szolgáltatást. Majd a környezeti szempontok megjelenésével (ME Ø₂), melyet bár a '60-as, '70-es években karbon költségr l még nem beszélhetünk, de célszerűnek láttam a karbon árával számszerűsíteni, megkezd dött a nukleáris éra a villamosenergia-**

termelésben (Paks: 1982), vagyis a jelenkorban a hasznos élettartamuk végén járó erőforrások létesítésének háttérében húzódó megfontolásokról kaphattunk ezzel képet.

Az egyes technológiák teljes életciklus költségeit különböző terhelési tényezők mellett ábrázoló, majd a kirajzolódó görbék metszéspontjai alapján az optimális (költségminimalizáló) kiépítendő kapacitás-nagyságot determináló **sz r -görbe elemzés** **túlmutat a teljes életciklus költség módszeren** azáltal, hogy nem pusztán a technológiák önálló, egységköltség alapú elemzését teszi lehetővé, de **általa elsőként nyerhetünk információt egy optimális villamos-energia összetételről, valamint a különféle villamos-energia előállítás technológiák egymáshoz viszonyított relatív gazdaságossági sorrendjéről**. A módszer alap gondolata, hogy szűrjük ki a magas egységköltség technológiákat, mindezt úgy, hogy minden bizonytalansági tényezőt, és a technológiák közötti kölcsönhatásokat figyelmen kívül hagyjuk. Az egyes technológiák költségelemei közül csupán a működési, valamint a fűtőanyag költségek esetében beszélhetünk terhelési faktor érzékenységről, így a költségszerkezetükben beruházási költség domináns megújuló erőforrások érzéketlennek bizonyulnak a terhelési tényező változtatására, amit a kvázi vízszintes sz r -görbék illusztrálnak.

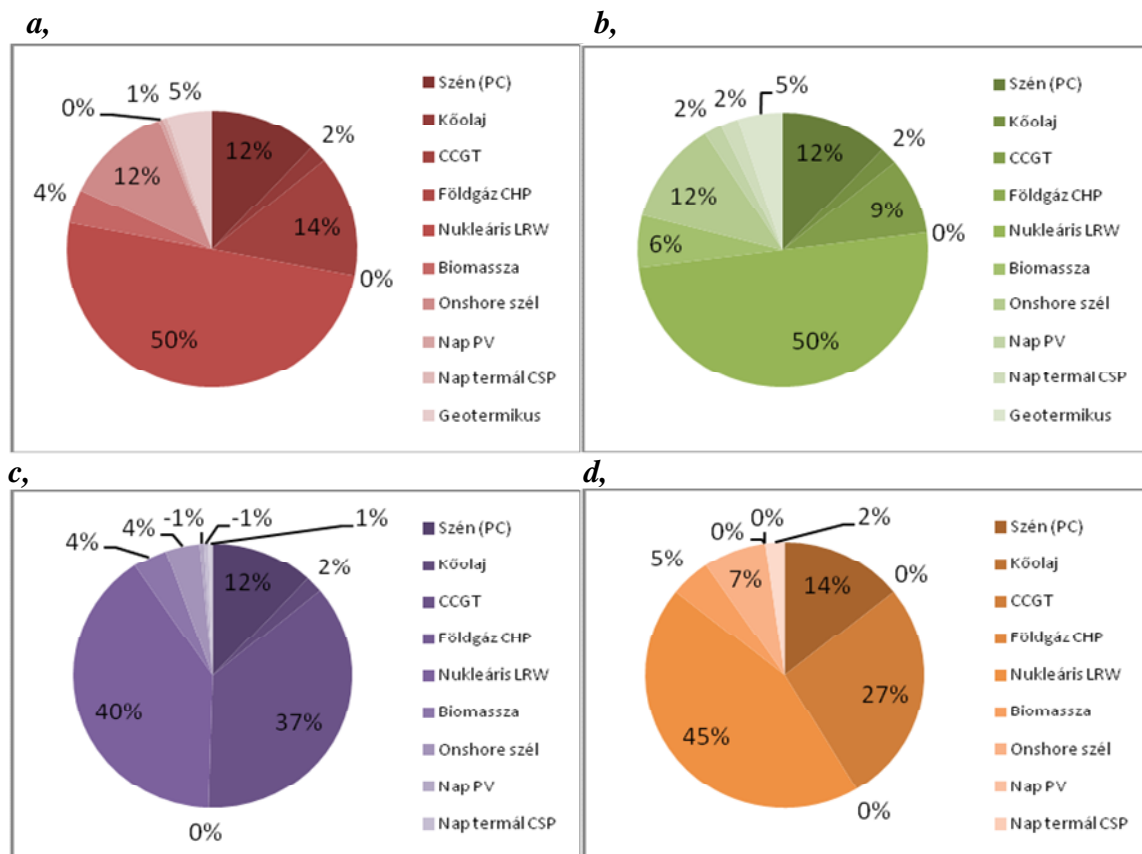
A 18 termelési technológiát leszámítva a hazai energia-összetételbe potenciálisan bevonható erőforrások körére, a földgáz, a nukleáris, valamint a geotermikus termelési eljárások bizonyulnak érdemesnek az energia-mixbe kerülésre. **A módszer adaléka az LCOE-elemzéshez képest, hogy bár a technológiák közötti kölcsönhatások továbbra sem vizsgáltak, egy kiépített rendszer egyes technológiáinak sz r görbe-rendszeréhez hozzáadva a potenciálisan az összetételbe vonandó erőforrások típusok görbéit, kezdetleges szinten, de a meglévő kapacitások figyelembe vétele, a lecserélendő, leszerelendő kapacitások azonosítása történik meg.**

A '70-es, '80-as években a növekvő kereslet következtében jelentkező energia-kimaradások, a globális felmelegedés, valamint az éghajlatváltozás jelensége **a villamosenergia-rendszerek radikális átalakulásának igényét**, műszaki szempontból **a megújuló energiaforrás alapú technológiákat**, energia-összetétel tervezési szempontból **az integrált erőforrás tervezést keltette életre**. A bizonytalanságot kezdetleges szinten, korlátokon keresztül már kezelni képes **determinisztikus egyenértékes eljárás** a villamos-energia beruházási problémát egy tradicionális lineáris programozási feladatként írja le. Ahogyan kutatásom e fejezetéből kiderült, **a lineáris programozás számos egyedi elemzési**

perspektíva, a területi, földrajzi, környezeti, technológiai, illetve tervezési adottságokhoz igazodó korlátok, és nem utolsósorban a meglévő kapacitáshoz képesti b vítések hatásainak figyelembe vételét teszi lehetővé.

A módszer korlátok megfogalmazásán keresztül egyaránt képes megragadni egy-egy technológia iránt a társadalom oldaláról érkező negatív, illetve pozitív jelzéseket; a szabályozók környezeti szempontok mentén megfogalmazott elvárásait; valamint a fogyasztók költség-, illetve ár-érzékenységét. Bár az eljárás módszertanilag képes a költségminimalizálást meghatározó tényezők érvényesítésére, linearitásából adódóan egyszerre csupán egyetlen cél mentén teszi lehetővé az optimalizálást.

56. ábra Az LP modellek eredményei



Forrás: Saját szerkesztés

Disszertációmban a hazai villamosenergia-összetétel alapján megfogalmazott korlátok mentén az átfogó költségminimalizálás (a, ábrarész), a környezeti optimalizálás (karbon költségek minimalizálásán keresztül - b, ábrarész), valamint beruházási költség minimalizálási célként megjelölésével (c, ábrarész) építettem lineáris programozási modelleket (a futtatások eredményét lásd fent; d, ábrarész a beruházási költség minimalizálás eredményét mutatja a 13%-os megújuló technológia korlát kikötésével,

vagyis a b vítés irányára vonatkozó eredményeket közöl). A 10%-os t kekötség és átlagos forgatókönyv esetében azonosított egységkötségek alapján futtatott optimalizálás f szerepl i a hagyományos villamosenergia-termelési technológiák. A zéró karbon kibocsátású nukleáris technológia súlya a karbon kötség minimalizálás célként megjelölése esetében nem változott, a megújuló er m vek aránya a földgáz és k olaj technológiák kárára növekedett. A beruházási kötség minimalizálás eredményének elemzésével jelenünk egyik trendjére, a földgáz alapú technológiák alaper m vek körében való terjedésének háttérében meghúzódó motivációkra kaptam választ. Összességében a lineáris programozás kapcsán a sokrét elemzési potenciálja mellett a kockázatok és technológiák közötti kölcsönhatások mell zésével végrehajtott, pusztán kötség-alapú döntéstámogatását érdemes kiemelni.

A Markowitz-féle **portfólió-elmélet** pénzügyi instrumentumok terén elért sikereinek csúcsán fokozott igény jelent meg az immáron **liberalizált villamosenergia-szektoron** belül az egyre kiterjedtebb és fenyeget bb bizonytalansági tényez ket tartalmazó kockázat-kataszter kezelésére képes módszerek iránt. A portfólió-elmélet reál t kejavak optimális összetételének meghatározására irányuló alkalmazása lehet vé teszi a jöv beni kötségekkel és bevételekkel kapcsolatos kockázatok, valamint az egyes technológiák közötti kölcsönhatások figyelembe vételét, mind termel i, mind szabályozói, mind fogyasztói oldalról, ugyanakkor hangsúlyosan egy id ben továbbra is csupán egy néz pontból.

Dolgozatomnak a villamosenergia-termelési technológiák diverzifikált összetételének azonosítására irányuló fejezetében az energia-mix várható átfogó termelési kötségének kockázatait számszer sítve minimalizáltam a társadalom energiaár-kockázatát. **A villamosenergia-tervezés véleményem szerint ezen a ponton távolodott el végérvényesen az egyetlen, legalacsonyabb kötség alternatíva felkutatásának követelményét l, hogy inkább a hatékony villamos-energia el állítási portfóliók azonosítására koncentráljon.** A cél egy adott kockázati szinten legalacsonyabb kötség , illetve adott kötség szinten legalacsonyabb kockázatú összetétel azonosítása, így hozamnak a villamos-energia portfólió kötségét tekintetem, míg a kockázat számszer sítése kapcsán a portfólióba bevont technológiák teljes élekciklus kötségének egyedi szórását, a technológiák kötségalakulásának együttmozgását, valamint azoknak a portfólión belüli súlyarányát volt szükséges azonosítanom.

A költség-alakulásra vonatkozó historikus adatok híján számos egyszer sítésre, közelítésre épül portfólió-vizsgálat eredményeként kirajzolódó hatékony határfelület a minimális varianciájú összetételt l balra tartalmazza az adott kockázati szinten legalacsonyabb költség portfóliókat. **Az els futtatás minimális varianciájú portfóliója, vagyis a legalacsonyabb kockázatot magában foglaló összetétel, közel 87%-ban az alacsony kockázatú megújuló energiaforrás alapú, és mindössze 13%-ban hagyományos technológiákból áll.** Vagyis az egyes technológiák m szakai karakterisztikáinak érvényre juttatása érdekében a lineáris programozás keretei között megismert korlátok vizsgálatba vonását láttam célszer nek. A költségek volatilitásán alapuló összetétel-szimuláció alapján az Európai Unió 2020-ra Magyarország villamosenergia-összetételére kit zött 13%-os megújuló technológia részaránya a portfólió kockázat minimalizálásának követelménye mellett a nukleáris és földgáz alapú er m vek kárára jöhet létre.

Az eredmények értékelése alapján el kell, hogy fogadjam **második hipotézisemet**, mely szerint *az egyes technológiák közötti kölcsönhatások megragadásával a portfólió-elmélet képes az optimalitásnak magasabb fokán álló villamosenergia-összetétel azonosítására.*

A portfólió-elmélet alkalmazása ugyanis az egyes technológiák (költség) kockázatának minimalizálásán keresztül hozzájárul a villamos-energia összetétel megbízhatóságnak és biztonságának javulásához, ahol az utóbbi alatt jelen esetben az ellátás hirtelen zavaraival ellentétben a villamos-energia költségek váratlan emelkedésének kockázatsökkenését értem. A módszer a hatékony portfóliók azonosításával alkalmas a technológiák közötti diverzifikáció el nyeinek értékelésére, így els ként mutat fel eredményeket a rugalmasság optimalitási kritériumának terén.

Bár a pénzügyi portfólió-elméletb l megismert diverzifikációs elvek érvényesek maradtak, a reáleszközök esete gazdagabb portfólió-szemléletet követel meg a reáliák valamint a reáliákba ágyazott reálopciók közötti kölcsönhatások megragadása tekintetében.

A harmadik milleniumban a legtöbb fejlett ország elfordult a nukleáris technológiától, els sorban költség-megfontolásokra, annak társadalmi elfogadottságára, valamint feltételezett veszélyeire és sebezhet ségére hivatkozva. **A világ a megújuló villamosenergia-termelési technológiákban látta a korlátlanul rendelkezésre álló er forrás-bázis, az új vállalkozások és munkahelyek teremtésének, az extern er forrásoktól való függ ség csökkenésének, és nem utolsó sorban az üvegházhatású gáz kibocsátás visszaszorításának lehet ségét.**

Hamar kiderült azonban, hogy az új technológiák megjelenése mellett immáron a piaci bizonytalansági tényezők, valamint a versenytársak lépései által is fenyegetett, profitjuk maximalizálására fókuszáló erőműüzemeltetők nem képesek azonosulni a jelenbeni profitjukat a jövőbeli extern, pénzáramokban közvetlenül vissza nem tükröződőlő nyökért cserébe átváltási kapcsolattal. Emellett a megrögzötten ár-tudatos fogyasztóknak is mindössze elenyésző hányada engedett a környezet-tudatosság nyomásának. A szabályalkotókra hárult a két szereplő közötti közvetítő kapcsolatok szerepének betöltése, a fogyasztók érdekeltté tétele egy fenntarthatóbb energia-rendszer szolgáltatásainak igénybevételére, illetve a termelői motivációja egy, a fogyasztók számára még elfogadható költségszint, profit- és környezeti szempontból is optimális villamosenergia-összetétel kialakítására.

Értekezésem utolsó empirikus vizsgálata a megváltozott keretrendszer által támasztott kihívásoknak megfelelni, a keletkező lehetőségek kihasználását értékelni képes eljárás, a villamosenergia-termelési technológiák reálopció-elemzésének tesztelésére irányult. A villamosenergia-szektorban a beruházásokat körülvevő jelentős mértékű **bizonytalanságnak**, valamint a magas elsüllyedt költségek és a beruházás időzítés **rugalmassága** közötti interakció kombinálásában rejlik potenciálisan együttesen különösen érdekes terület a reálopció-vizsgálatok számára.

A deregulált villamosenergia-piacok legfőbb hajtóereje a beruházás jövedelmezősége, így a korábban ismertetett módszerekkel ellentétben az opció-elmélet keretében az adott projekt profitabilitását vizsgáltam a költségek helyett.

A reálopció-értékelés kiindulópontja a **hagyományos nettó jelenérték számszerűsítése** volt. Ezen a ponton tartom érdemesnek **első hipotézisem** vizsgálatát, mely szerint *a standard kapacitás tervezési eljárások a méret-gazdaságosság elvéből kiadódóan a fejlett, első sorban megújuló technológiákban rejlő stratégiai elnyök megragadására, valamint valós piaci potenciáljuk kihasználásának elősegítésére képtelenségük folytán alapvetően a hagyományos (fosszilis, nukleáris) technológiák térnyerését szorgalmazzák.*

Hipotézisem igazolásának közvetett céljával kivitelezett számításaimat a technológiák összehasonlíthatósága érdekében egy hipotetikus villamosenergia-fogyasztás mellett hajtottam végre. Az eredmények alapján mindössze a szél- és geotermikus technológia képes nagyobb értéket teremteni a beruházó számára, ugyanakkor belső megtérülési ráta szempontjából csupán az utóbbi múlja felül a hagyományos technológiákat. A beruházási

költségek összehasonlítása terén a megújuló technológiák jelentős hátrányt szenvednek, hiszen több mint hatszor annyiba kerül egy napenergia-park kiépítése, üzembe helyezése, mint egy (közepes méretű) széntermelő felépítése, felszerelése a szükséges kereslet kielégítése érdekében; és csupán a nukleáris technológia bizonyul ugyanakkora kiépített kapacitást feltételezve drágábbnak, mint a legolcsóbb megújuló erőforrás-blokk.

A hagyományos értékelési eljárások csupán a konvencionális erőforrások esetében fogalmazzák meg 100%-ban az adott technológiából álló összetétel megvalósítására irányuló javaslatot, míg a megújuló energiaforrás alapú termelési eljárások közül, egység méretükből adódóan potenciális biomassza, valamint geotermikus technológiák az értékteremtés terén az érdemességi sorrend alapján helyezkednek el. A jelentős földrajzi és időjárási bizonytalanság által sújtott szél-, illetve naperenergia esetében azoknak csupán irracionális kapacitásbővítése tenné lehetővé a kereslet jelenlegi piaci körülmények között, nem mellesleg értékrombolással történő kielégítését. *Ezen megállapításokkal első hipotézisemet elfogadom.*

Fontos megjegyezni, hogy nem véletlenül választottam összegezésem ezen szakaszát első hipotézisem vizsgálatához. Vegyük észre, hogy a hipotézis "standard értékelési eljárások" szóhasználatával félrevezető, hiszen ahogyan azt az LCOE-, valamint a szűrés-görbe eljárások eredményeinek áttekintésekor jeleztem, a fejlett, megújuló energiaforrás alapú technológiák számos típusa egységköltség tekintetében uralja a konvencionális erőforrásokat. A hipotézis, és a korábbiakban a hagyományos versus megújuló technológiákkal kapcsolatosan megfogalmazott prekonceptió véleményem szerint standard értékelési eljárásnak a DCF-alapú nettó jelenérték eljárást tekinti, abból (az egyébként túlzó) feltételezésből kiindulva, hogy az elavult, jellemzően költség alapú eljárások módszertani primitívságükből adódóan nem alkalmasak a villamosenergia-beruházások értékelésére.

Az alaptermék értékének (*nettó jelenérték mínusz beruházási költség [kötési ár]*) meghatározását követően a projekt bizonytalanság azonosítását és számszerűsítését végeztem el. A bizonytalanság végig kiemelt szerepet kapott dolgozatomban, hiszen a megnövekedett bizonytalanság nem csak a beruházások időzítésének kérdését, de a villamosenergia kapacitás tervezési döntéseit, az összetétel választási szempontokat is befolyásolta. Minden technológia egyedi költség struktúrával és bizonytalanság-kataszterrel jellemezhető. A villamosenergia-beruházási projektek bizonytalansági

tényezők közül a villamos-energia piaci ár, a fűtőanyag ár, a karbon árnak projekt érték volatilitására kifejtett hatását modelleztem. Egy reálopció esetében a volatilitás becslése kétséget kizáróan az elemzés legnehezebb feladata, hiszen nem áll rendelkezésre az alaptermék múltbeli hozamsora vagy jelenlegi piaci ára. Kutatásom során a Monte Carlo-szimulációs eljárással végeztem el az egyes erőforrások beruházások projektérték volatilitásának becslését.

Míg a tradicionális DCF-elemzés alapján az alacsony marginális költség erőforrások felépítése javasolt, **a reálopció-elemzés lehetővé teszi a technológia-beruházások mind költség, mind bevétel oldali bizonytalanságának modellezését, valamint a beruházás időzítésére illetve a működés alakíthatóságára vonatkozó flexibilitás értékelésével egy stratégiai érték azonosítását, ezzel az adekvátabb beruházási döntés-támogatás megvalósítását (Hipotézis III.).**

A stratégiai projektérték abban az esetben jelentkezik, és annál nagyobb lesz, minél inkább jellemző a beruházásra a bizonytalanság és a flexibilitásnak valamilyen mértékű kombinációja. Reálopciók szempontból a rugalmasság egy lehetőség, melyek közül értekezésemben a halasztás, az elvetés, valamint kétféle növekedés esetét vizsgáltam egyedi projekt szinten, illetve az elemzés eredményeit felhasználva villamosenergia-összetétel szinten.

A halasztási reálopciók esetében az egyes futamidék mellett létrejövő opciós érték, valamint a nettó jelenérték összege alapján megállapítható, hogy az adott periódusban melyik az a villamosenergia-termelési technológia, amely a legnagyobb értéket teremti a beruházó számára, vagyis az erőforrások optimális létesítési időpontjára vonatkozóan kapunk információt. Az eredmények szerint a várakozás legyen szó egy éves, vagy ötéves futamidej lehetőségéről, minden esetben stratégiai értéket teremt. **Az időzítés rugalmassága a legnagyobb értéket a fejlett, megújuló energiaforrás alapú technológiák esetében teremti, mely magyarázható az ezek modularitásából adódó alacsonyabb kivitelezési idővel, valamint a magas tanulási rátájukból következő fokozott költség-bizonytalansággal (Tézis III./a).**

Az elvetési reálopció vizsgálatának kritikus pontja az elvetés optimális időpontjának megállapítása, illetve az ún. végérték, vagyis az elvetéskor az erőforrások értékesítéséből, illetve likvidálásából származó pénzáram megállapítása. A reálopciók árazás alapján a pozitív nettó jelenértékkel bíró projektek esetében a likvidálásnak nincs értelme, illetve az általa

megvalósuló értékteremtés mértéke elenyész . Ezzel szemben a negatív nettó jelenérték projektek esetében minél el bb elveti a beruházó az értékromboló projektet, és kísérli meg az amúgy visszafordíthatatlan beruházás egy részét megmenteni, annál nagyobb opciós érték keletkezik. Az elvetés lehet sége által teremtett stratégiai értéknek megújuló energiaforrás alapú technológiákhoz köt désére nem találtam bizonyítékot, így a **III./a hipotézisemet csak részben tudom elfogadni**. Az elvetés által teremtett stratégiai érték jellemz en a veszteségminimalizálással, illetve a kockázatcsökkentéssel függ össze.

Az egyes technológiák **m ködési rugalmasságának** értékelésekor lehet séget láttam a tanulási ráták, a kapacitás duplázódás következtében megvalósuló beruházási költség csökkenés modellbe vonására, illetve a kapacitás tervezés egy kulcskérdésének, a b vítésünk, vagy új beruházást hajtunk végre kérdésnek megválaszolására. Három bizonytalansági tényez hatásainak szimulációja alapján a "gyors növekedés" életciklus szakaszában lév megújuló energiaforrás alapú technológiák (geotermikus, szél) b vítése eredményezi a legnagyobb stratégiai hozzáadott értéket, míg a jelent s költségcsökkentési potenciállal kecsegtet , a hagyományos eljárások eredményei alapján is értékteremt (*pozitív nettó jelenérték*) technológiák kockázatemelkedése szintén a stratégiai érték növekedését okozta (lásd biomassza er m vek). A reálopciók legf bb típusainak, a növekedési, a tanulási, valamint a biztosítási reálopciók villamosenergia-rendszereken belüli alkalmazásának lehet ségeit vizsgálva, a felállított projektérték rangsorok alapján szignifikáns stratégiai értékkel az egységmértékű, technológiai komplexitásukból adódóan az irreverzibilitás legnagyobb szintjével jellemezhet nukleáris technológiák, a legnagyobb projektérték kockázattal bíró földgáz er m vek, illetve a rugalmasság-bizonytalanság kombinációjuk alapján a geotermikus- és szél er m vek bírnak. Ezen megállapítások alapján a **III./b hipotézisemet elfogadom**. Összességében az adatokból, az alaper m vek közül, a jöv kapacitástervezési trendjét illet en, a nukleáris technológia, valamint a földgáz alapú technológiák b vítése t nik ki.

A végrehajtott reálopció árazás véleményem szerint képes plusz adalékkal szolgálni a korábban ismertetett kapacitás tervezési eljárások döntéstámogatási javaslataihoz, különösen azáltal, hogy az eddigi modellekhez képest a bizonytalansági tényez k együttes pénzáramokra, projekt-kockázatra, értékteremtésre kifejtett hatásának kvantifikálása mellett a lehet ségek árazását is lehet vé teszi.

Végül értekezésem utolsó kísérleteként a **reálopciók portfóliójával**, a reálopció által teremtett stratégiai értéknek portfólió-összetételre kifejtett hatásával foglalkoztam. Arra kerestem a választ, hogy az egyes termelési technológiák kockázat-hozam karakterisztikájának adekvát becslését lehet-e véteve reálopció keretrendszer hatékony döntéstámogatási eszköznek bizonyul-e jelenünk kapacitás tervezési számára (**Hipotézis IV.**).

A problémát az opció árazás során azonosított opció-értéknek a projektek átlagos geometriai hozamára kifejtett hatásán, illetve a kvantifikálható bizonytalansági tényezők együttes hatását tükrözve projekt-érték kockázaton keresztül közelítettem. **A célom egyedi jutalom a variabilitásért ráta, vagyis a portfólió kockázat egységére jutó portfólió hozamok maximalizálása volt.**

Az optimalizációt első lépésben a **hagyományos belső megtérülési ráta** adatok projektérték kockázathoz viszonyított hányados maximalizálásának céljával végeztem el, majd ehhez viszonyítottam a stratégiai érték figyelembe vételével megállapított összetételeket. **A stratégiai értékkel növelt hozamok és változatlan kockázati paraméterek alapján** a kiindulási viszonyokhoz képest az összetétel minimális mértékben, a kockázat egységére jutó hozam azonban jelentősen változott (nőtt). A halasztás eredményeként keletkezett stratégiai érték vonzóvá tette az összetételben amúgy is jelentős súlyarányal képviseltetett földgáz alapú technológiákat, valamint a megújuló energiaforrás alapú technológiák közül a biomassza- és szélenergiákat.

Amennyiben **korlátozó feltételek, vagyis a villamosenergia-összetétel elzetes orientációja nélkül** ismételtém meg a fenti lépéssorozatot, az összetétel jelentősen átrendeződött a megújuló energiák javára, mely átrendeződésnek nyertesei első sorban a jelen pillanatban rendkívül értékromboló szolár technológiák. Ezen technológiák egy újabb generációja a tanulási hatás által bekövetkező beruházási költség-csökkenésnek köszönhetően, a reálopció-elméletre épülő elemzés alapján, domináns szereplővé válhat a jövő menetrendtartó és csúcserőművi szolgáltatásának.

A b vitési reálopció által teremtett stratégiai érték összetételre kifejtett hatásának vizsgálatakor azonosítottam a legmagasabb jutalom a variabilitásért rátát (korlátok nélkül eset), ugyanakkor a b vitési reálopció által teremtett érték technológiai szint tapasztalatai alapján a tanulási hatás az öt éves futamidejű b vitési reálopció esetében nem releváns,

sokkal inkább tekinthet annak az egyes technológiák egyedi hasznos élettartam végi b vítésének feltételezése esetében.

A reálopció-elemzés véleményem szerint aprólékos, és sok felhasználót elriasztóan összetett projekt-volatilitás becslésén, valamint a megfelelő statisztikai, és matematikai elemző szoftverek által, illetve IT-támogatott opció árazási folyamatán keresztül, képes a komplex m szaki rendszerek beruházási alternatíváinak kockázat-hozam karakterisztikáját az értékteremtő, mind környezeti-, mind profit-szempontról optimális összetétel azonosításának szolgálatába állítani.

A reálopció elemzésre épülő kapacitás tervezési eljárás lehetővé teszi a villamosenergia-beruházásokat fenyegető legrelevánsabb bizonytalansági források nem csupán egyedi, de akár együttes figyelembe vételét, a hagyományos projektértékelési eljárások által azonosított értékteremtés mértékén felül a menedzseri flexibilitás gyakorlásában, a projektek aktív menedzselésében rejlő érték megragadását.

49. táblázat Az egyes eljárások optimalitási kritériumoknak megfelelési képessége

	ellátásbiztonság								
	költségminimalizálás						profit-max.		
	megbízhatóság	biztonság	költség/ár-hatékonyosság	rugalmasság	környezeti megfontolások	társadalmi elfogadottság	meglévő termelési kapacitás	Stratégiai érték	
Megtérülés alapú modellek	✓	✓	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
LCOE	✓	✓	✓	∅	∅	∅	∅	∅	∅
Sz r -görbe	✓	✓	✓	∅	∅	∅	✓	∅	∅
Determinisztikus eljárás (LP)	✓	✓	✓	∅	✓!	✓!	✓!	∅	∅
Portfólió-elmélet	✓	✓	✓	✓!	✓	∅	✓	∅	∅
Reálopció-elmélet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ a kritériumnak eleget tesz; ✓! a kritériumnak csak részben, vagy időbeli korlátokkal képes eleget tenni; ∅ a kritériumnak nem tesz eleget.

Forrás: Saját szerkesztés

A halasztási reálopciók esetében egyértelműnek tekinthetők azok összetétel-jövedelmezőséget befolyásoló ereje. A b vítési reálopciók által teremtett stratégiai értékek, a tanulási hatás érvényesülésének következtében létrejövő összetétel átrendezés jellemzően hosszú távon jelentkeznek. *Ezzel negyedik hipotéziseimet elfogadottnak tekintem.*

Értekezésem legfontosabb megállapításainak tanulsága szerint a komplex m szaki rendszerek nagy méretű, sok esetben giga-beruházásainak karakterisztikái multi-

diszciplináris döntéshozatalt kívánnak meg. A döntéshozatal alapját képező beruházási jellemzők, a döntéshozatal háttérében meghúzódó optimalitási kritériumok, az értékelési modellek paramétereinek azonosítása a műszaki és gazdasági szakemberek kölcsönös együttműködése által valósulhat meg. Dolgozatomban ezen kétesség alapján vizsgáltam a kapacitás tervezés eljárásait, kiemelt fókusszal a reálopció-elmélet döntéstámogatási potenciáljára. A fejezetben ismertetett eredmények alapján a következő táblázattal összegezhetők az egyes eljárások optimalitási kritériumoknak megfelelési képessége.

Dolgozatommal úgy érzem mind empirikus adatokkal, mind kvalitatív érvekkel sikerült alátámasztanom, hogy a reálopció-, valamint portfólió-elmélet együttesen, a diverzifikáció, valamint a rugalmasság elnyeléseinek megragadásán keresztül képes a kapacitás tervezés számára az optimális villamosenergia-összetételt leginkább szolgáló keretrendszer biztosítására. E megállapításhoz a villamosenergia-szektor jelenlegi arculatát eredményező trendeknek, a szektor szereplőinek, valamint a kapacitás tervezés evolúciójának áttekintése útján jutottam el.

Értekezésem új, újszerű eredményei:

- a villamosenergia-beruházások átfogó kockázati kataszterének elkészítése;
- a kapacitás tervezés fejlődésének újszerű, korszakokhoz, bizonytalanság közelítéshez és optimalitási kritériumokhoz rendelt elemzése;
- az egyes eljárások optimalizációs szempontú, összehasonlító tesztelése;
- a reálopció-elmélet összetétel-szint vizsgálata.

Munkám során számos egyszerűsítő feltételezéssel éltem, melyek feloldása, a modell komplexitásának növelése, a paraméter-értékek finomítása, a vizsgálatnak projektekben foglalt reálopciókra, ezek portfóliójára kiterjesztése várható magára. Úgy érzem e terület számos további kutatási lehetőséget rejt magában.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abadie, L. M. - J. M. Chamorro (2006): *Valuing Flexibility: The Case Of An Integrated Gasification Combined Cycle Power Plant*, *Energy Economics*, Volume 30, Issue 4, July 2008, 1850–1881.
- Apostolik, R., Goodman, G., Jenner, M., Labhart, G., Maragos, S., May, M., Sunderman, A. D., Parke, J., Stein, J., Wengler, J. & Went, P: (2009): *Foundations Of Energy Risk Management: An Overview Of The Energy Sector And Its Physical And Financial Markets*, Global Association Of Risk Professionals (Garp): Hoboken, John Wiley.
- Adams, M. (2004): *Real Options And Customer Management In The financial Services Sector*, *Journal Of Strategic Marketing*, 12(1): 3–11.
- Adner, R., - Levinthal, D. (2002): *The Emergence Of Emerging Technologies*. *California Management Review*, 45(1): 50–66.
- Alderson, W. (1950): *Marketing Efficiency And The Principle Of Postponement*, *Cost And Profit Outlook*, September 3.
- Alvarez, L. - Stenbacka, R. (2006): *Takeover Timing, Implementation Uncertainty, and Embedded Divestment Options*, *Review Of Finance*, 10: 1-25.
- Amram, M. (2002): *Value Sweep: Mapping Corporate Growth Opportunities*, Harvard Business Press, Boston 2002.
- Amram, M., Howe, K. (2002): *Capturing The Value Of Flexibility*, In: *Strategic Finance*, Vol. 84, No. 6 (2002): 10-13.
- Amram, N. – Kulatilaka, N. (1999): *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Boston: Harvard Business School Press.
- Anderson, T. (2000): *Real Options Analysis In Strategic Decision Making: An Applied Approach In A Dual Options Framework*, In: *Journal Of Applied Management Studies*, Vol. 9, No. 2 (2000): 235-255.
- Arnold, T., - Shockley, R. (2001): *Value Creation At Anheuser-Busch: A Real Options Example*, In: *Journal Of Applied Corporate Finance*, Vol. 14, No. 2 (2001): 52-61.
- Arrow, K. J. (1965): *Aspects Of The Theory Of Risk Bearing*, Helsinki, Yrjö Jahnssonin Säätiö, 1965
- Averch, H. - L. Johnson. (1962): *Behavior Of The Firm Under Regulatory Constraint*, *American Economic Review* 52 (1962): 1052-1069.
- Aviv, Y. – Federgruen, A. (2001): *Design For Postponement: A Comprehensive Characterization Of Its Benefits Under Unknown Demand Distributions*, *Operations Research* 49 (4): 578-598.
- Awerbuch, S. – Yang S. (2008): *Analytical Methods For Energy Diversity And Security*, Elsevier 2008
- Awerbuch, S. - Berger, M. (2003): *Energy Security And Diversity In The Eu: A Mean-Variance Portfolio Approach*, Iea Report Number Eet/2003/03, Paris: February <http://library.iea.org/dbtw-wpd/textbase/papers/2003/port.pdf>, Letöltve: 2012.02.10
- Awerbuch, S. (1993): *The Surprising Role Of Risk And Discount Rates In Utility Integrated-Resource Planning*, *The Electricity Journal*, Vol. 6, No. 3, (April): 1993, 20-33;
- Awerbuch, S. (1995): *New Economic Cost Perspectives For Valuing Solar Technologies*. In Böer, K. W. (Ed.): *Advances In Solar Energy: An Annual Review Of Research And Development*. VI. 10. Boulder, Ases

- Awerbuch, S. (2000): *Getting It Right: The Real Cost Impacts Of A Renewables Portfolio Standard*. In: Public Utilities Fortnightly, February 15, 2000
- Awerbuch, S. (2005): *Portfolio-Based Electricity Generation Planning: Policy Implications For Renewables And Energy Security*, In: Mitigation And Adaptation Strategies For Global Change Vol.11, No.3, 639-710
- Awerbuch, S., (2000): *Investing In Photovoltaics: Risk, Accounting And The Value Of New Technology*, Energy Policy, Special Issue, Vol. 28, No. 14 (November)
- Awerbuch, S., - Berger, M. (2003): *Eu Energy Diversity And Security: Applying Portfolio Theory To Electricity Planning And Policy-Making*, Paris: International Energy Agency
- Awerbuch, S., - Jansen, J., - Beurskens, L. (2004): *Building Capacity For Portfolio- Based Energy Planning In Developing Countries*, Final Report, Submitted To The Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership (Reeep): And Unep, London, Paris: August 2004.
- Awerbuch, S., - Stirling, A., - Jansen, J., - Beurskens, L. (2006): *Portfolio And Diversity Analysis Of Energy Technologies Using Full-Spectrum Risk Measures*, In: Bodde, David (Ed.): *Understanding And Managing Business Risk In The Electric Sector*, Elsevier
- Bacon, R. H., - Besant-Jones, - J. F. - Heidurian, J. (1996): *Estimating Construction Costs And Schedules: Experience With Power Generation Projects In Developing Countries*, World Bank Technical Paper No. 325 (August)
- Baghai, M., - Coley, S., - White, D. (1999): *The Alchemy Of Growth*, Cambridge 1999
- Ball, B. C. - S. L. Savage (1999): *Notes On Exploration And Production Portfolio*, Ball & Savage Associates.
- Bar-Lev, D. S. - Katz, S. (1976): *A Portfolio Approach To Fossil Fuel Procurement In The Electric Utility Industry*, In: J. Finance, Vol. 31, No.3, June 1976, 933-947
- Bazilian M. – Roques F. (2008): *Analytical Methods For Energy Diversity & Security Portfolio Optimization In The Energy Sector: A Tribute To The Work Of Dr. Shimon Awerbuch*; Elsevier Global Energy Policy and Economics Series, Elsevier Science; 1st edition
- Becker, C. (1992): *Bestimmung Grenzkostenorientierter, Lastabhängiger Energiepreise In Der Elektrizitätswirtschaft*, Dissertation, Universität Paderborn, Paderborn
- Bélyácz I. (2004): *A kockázat szerepének változása az érték számításában*, Akadémiai Székfoglaló El adás. Elhangzott A Magyar Tudományos Akadémia Felolvasótermében, 2004. November 22-én
- Bélyácz I. (2006): *A vállalati pénzügyek alapjai*, Budapest: Aula Kiadó
- Bélyácz I.(2009): *A befektetési döntések megalapozása*, Budapest: Aula Kiadó
- Bélyácz I. (2011): *Stratégiai beruházások és reálopciók*. Budapest: Aula Kiadó
- Benaroch, M. (2002): *Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective*, Journal Of Management Information Systems, 19 (2): 43 – 84
- Berger, M. (2003): *Portfolio Analysis Of Eu Electricity Generating Mixes And Its Implications For Renewables*. Wien: Technischen Universität, Ph.D. Dissertation
- Berger, M., - Awerbuch, S. - Haas, R. (2003): *Versorgungssicherheit Und Diversifizierung Der Energieversorgung In Der Eu (Security Of Supply And Diversification Of Energy Supply In The Eu)*: Vienna: Bundesamt Für Verkehr, Innovation Und Technologie (Federal Office For Transportation, Innovation And Technology)
- Berrie, T.W. - Mcglade D. (1991): *Electricity Planning In The 1990's*, Utilities Policy, Vol. 1, No. 3, April, 199 - 211
- Betge, P. (1995): *Investitionsplanung: Methoden - Modelle - Anwendungen*, 2nd Ed.

- Bihari P. (2002): *Er m vek*. Kézirat, Budapest, 2002
- Billington, C. – Kuper, A. (2000): *Supply Chain Strategy: Real Options For Doing Business At Internet Speed*, Ascett, Vol 2, April, 2000
- Bird, L., - Bolinger, M. - Gagliano, T. - Wiser, R. - Brown, M. - Parsons, B. (2004): *Policies And Market Factors Driving Wind Power Development In The United States*. Energy Policy, In Press
- Bjerksund, P., - Stensland, G. (2006): *Closed Form Spread Option Valuation*, Department Of Finance, Nhh Helleveien 30, N-5045 Bergen, Norway. Url: <http://www.nhh.no/for/dp/2006/2006.pdf>, Letöltve: 2012.01.25.
- Black, F., - Scholes, M. (1973): *The Pricing Of Option And Corporate Liabilities*. In: Journal Of Political Economy, H. 81, 637-654
- Blyth , W. - Bradley , R. - Bunn, D. - Clarke, C. - Wilson, T. - Yang, M. (2007): *Investment Risks Under Uncertainty*. Energy Policy, 35, 5766 – 5773 .
- Blyth W. (2008): *Use Of Real Options As A Policy-Analysis Tool In Analytical Methods for Energy Diversity & Security*, Eds Bazilian & Roques, Elsevier, Oxford.
- Blyth, W., - M. Yang (2007): *Modeling Investment Risks And Uncertainties With Real Options Approach*, Working Paper Lto/2007/Wp 01, IEA.
- Bock, P. (2001): *Getting It Right. R & D Methods For Science And Engineering*, Academic, London
- Bockemühl, M. (2001): *Realoptionstheorie Und Die Bewertung Von Produktinnovationen: Der Einfluss Von Wettbewerbseffekten*. Wiesbaden.
- Bodie, Z. - Kane, A. - Marcus, A. J. (1999): *Investments*, 4th Ed.
- Bolton, R. - Lemon, K. L. (1999): *A Dynamic Model Of Customers' Usage Of Services As An Antecedent And Consequence Of Satisfaction*, Journal Of Marketing Research, Vol. 36, 171-86
- Bonder, S. (1979): *Changing The Future Of Operations Research*, Operations Research, Vol. 27, 209 - 224
- Borenstein, S., - Bushnell, J. - Wolak, F. (2000): *Diagnosing Market Power In California's Restructured Wholesale Electricity Market*. Nber Working Paper. No. W7868.
- Borison, A., (2005): *Real Options Analysis: Where Are The Emperor's Clothes*, Journal Of Applied Corporate Finance 17 (No. 2): 17-31
- Bóta G (2006): *Vállalati Gazdasági Elemzések Reálopciókkal*. Budapest: Doktori Értekezés. www.kgt.bme.hu/doktori/phds/bota_g.pdf, Letöltve: 2012. 05.01.
- Botterud, A. (2003): *Long-Term Planning In Restructured Power Systems - Dynamic Modelling Of Investments In New Power Generation Under Uncertainty*, Phd Thesis, NTNU.
- Brach, M. (2003): *Real Options In Practice*, Hoboken 2003.
- Bradsher, K. - Barboza, D. (2006): *Clouds From Chinese Coal Cast A Long Shadow*. The New York Times, The Energy Challenge.
- Brealey R., - Myers, S. (2000): *Principles Of Corporate Finance*, Sixth Edition, Irwin McGraw-Hill
- Brennan, M., - Schwartz, E. (1985): *Evaluating Natural Resource Investments*, Journal Of Business, 58, 135–157.
- Brennan, M., - Schwartz, E. (1977): *The Valuation Of American Put Options*. In: Journal Of Finance, Vol. 32, 449-462
- Brennan, M., - Schwartz, E., (1988): *The Case For Convertibles*. Journal Of Applied Corporate Finance Vol. 1, 55-64
- Brosch R. (2001): *Portfolio-Aspects In Real Options Management*, No. 66, Working Paper Series: Finance & Accounting, J. W. Goethe-Universität Frankfurt Am Main

- Brosch, R. (2008): *Portfolios Of Real Options*, Vol. 611 Of Lecture Notes In Economics And Mathematical Systems, Springer
- Broyles, J. (2003): *Financial Management And Real Options*, Chichester U. A. 2003
- Bruner, R. (2004). *Applied Mergers And Applications*. New York: John Wiley & Sons.
- Bruns, C., - Meyer-Bullerdiek, F. (2003): *Professionelles Portfoliomanagement: Aufbau, Umsetzung Und Erfolgskontrolle Strukturierter Anlagestrategien*. 3. Ausgabe, Stuttgart, Schäfer-Poeschel
- Bucklin, L. P. (1965): *Postponement, Speculation And Structure Of Distribution Channels*, Journal Of Marketing Research, 2(1): 26–31.
- Bunn, D. (2004): *Modelling Prices In Competitive Electricity Markets*. West Sussex, John Wiley & Sons Ltd
- Burke, J. J. - Mahan, J. R. - Hatfield, J.L. (1988): *Crop-Specific Thermal Kinetic Windows In Relation To Wheat And Cotton Biomass Production*. Agronomy Journal, 80, 553-556.
- Büki G. (2005): 3. *Fosszilis Er m vek*, Budapest; <http://www.atomforum.hu/pdf/03%20fosszilis%20eromuvek.pdf> Letöltve: 2012. 07. 10.
- Caramanis, M.C. - Bohn, R.E. - Schweppe, F.C. (1982): *Optimal Spot Pricing: Practice And Theory*. IEEE Transactions On Power Apparatus And Systems, Vol. Pas-101, (9): 3234-3245
- Caramanis, M.C. - Bohn, R.E. - Schweppe, F.C. (1986): *System Security Control And Optimal Pricing Of Electricity*. Electrical Power & Energy Systems, Vol. 9(4): 217-224
- Castro-Rodriguez, F., - Marín P. L. - Siotis, G. (2001): *Capacity Choices In Liberalized Electricity Markets*. Discussion Paper No. 2998, Centre For Economic Policy Research (Cepr): London
- Chance, D. M. - Peterson, P. P. (2002): *Real Options And Investment Valuation*, Charlottesville, Va, Research Foundation Of Aimr
- Childs, P. - Ott, S. - Triantis, A., (1998): *Capital Budgeting For Interrelated Projects: A Real Options Approach*, Journal Of Financial And Quantitative Analysis, 33(3): 305-34
- Childs, P. - Ott, S. - Triantis, A. (1998): *Capital Budgeting For Interrelated Projects: A Real Options Approach*, In: Journal Of Financial And Quantitative Analysis, Vol. 33 No. 3, 305-334.
- Chung, K. - Charoenwong, C. (1991): *Investment Options, Assets In Place, And The Risk Of Stocks*, Financial Management (Autumn): 21-33
- Clemons, E. K. - Weber, B. (1990): *Strategic Information Technology Investments: Guideline*, Journal Of Management Information Systems, Vol. 7 No. 2, 9-28.
- Clewlow, L. - Strickland, C. (1999): *A Multi-Factor Model For Energy Derivatives*. Working Paper, Quantitative Finance Research Group, Sydney: University Of Technology
- Copeland, T. E. - Weston J. F. (1988): *Financial Theory And Corporate Policy*. Third Edition, Addison-Wesley, 1988
- Copeland, B., - Taylor, M. (2003): *Trade And The Environment - Theory And Evidence*. Princeton University Press, Princeton
- Copeland, T. E. -Antikarov, V. (2001): *Real Options: A Practitioner's Guide*. Texere.
- Copeland, T. E. - Antikarov, V. (2003): *Real Options: A Practitioner's Guide*, 2. Aufl., New York 2003

- Copeland, T. E. - Howe, K. (2002): *Real Options And Strategic Decisions*, In: Strategic Finance, Vol. 83, No. 10 (2002): 8-11.
- Copeland, T. E. - Keenan, P. T. (1998): *How Much Is Flexibility Worth?*, In: McKinsey Quarterly, Nr. 2, 38-49.
- Copeland, T. E. - Koller, T. - Murrin, J. (2000): *Valuation: Measuring And Managing The Value Of Companies*, 3. Aufl., New York U. A. 2000
- Cortazar G. (2000): *Simulation - Numerical Methods In Real Options Valuation*, Working Paper, Puc De Chile, 2000.
- Cossin, D. - Leleux, B. - Saliassi, E. (2002): *Understanding The Economic Value Of Legal Covenants In Investment Contracts: A Reoptions Approach To Venture Equity Contracts*. International Center For Financial Asset Management And Engineering Research Paper 63, Geneva.
- Costello, K. (2005): *A Perspective On Fuel Diversity*. The Electricity Journal 18 (4): 28-47.
- Costello, K., (2007): *Diversity Of Generation Technologies: Implications For Decisionmaking And Public Policy*. The Electricity Journal 20 (5): 10–21
- Courtney, H. - Kirkland, J. - Viguier, P. (2001): *Strategy Under Uncertainty*. In: McKinsey-Quarterly December 2001, 5 – 14.
- Cox, J. - Ross, S. - Rubinstein, M. (1979): *Option Pricing: A Simplified Approach*, In: Journal Of Financial Economics, Vol. 7, No. 3, 229-263
- Crousillat, E. (1989): *Incorporating Risk And Uncertainty In Power System Planning*, World Bank (Washington, D.C.): Volume 17
- Cyert, R. M. - March, J. G. (1963): *A Behavioral Theory Of The Firm*. Englewoods Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kirkpatrick D. L. I. (2008): *Is Defence Inflation Really As High As Claimed?*, Rusi Defence Systems, October 2008, 66–71
- Damisch, P. (2002): *Wertorientiertes Flexibilitätsmanagement Durch Den Reoptionsansatz*, Wiesbaden 2002.
- Damodaran, A. (2006): *A befektetések értékelése - módszerek és eljárások*. Budapest: Panem.
- Dantzig, G.B. (1955): *Linear Programming Under Uncertainty*, Management Science, Vol. 1, 197 - 206
- Dapena, J. - Fidalgo.S. (2003): *A Real Options Approach To Tender Offers And Acquisitions Processes*, Cema Working Papers: Universidad Del Cema, Argentina
- Darby, J. - Hughes H. A. - Ireland, J. - Piscatelli, L. (1999): *The Impact Of Exchange Rate Uncertainty On The Level Of Investment*. Economic Journal 109: 55-67
- De Groot, H. (2000): *Structural Change, Economic Growth And The Environmental Kuznets Curve*, Discussion Paper, Netherlands Organisation For Scientific Research.
- De Joode, J. - Boots, M. (2005): *Concepts Of Investment Risks And Strategies In Electricity Generation*. Url: www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05061.pdf
Letöltve: 2012.05.12.
- De Neufville, R. (2002): *Class Notes For Engineering Systems Analysis For Design*, MIT Engineering School-Wide Elective, Cambridge
- De Weck, O. (2004): *Staged Deployment Of Communications Satellite Constellations In Low Earth Orbit*, Journal Of Aerospace Computing, Information, And Communication, March, 119-136.
- Dean, J. (1951): *Capital Budgeting*. New York: Columbia University Press.

- Deng, S. (2000): *Stochastic Models Of Energy Commodity Prices And Their Applications: Mean Reversion With Jumps And Spikes*. Working Paper, University Of California Energy Institute
- Deng, S. J. - Johnson, B. - Sogomonian, A. (2001): *Exotic Electricity Options And The Valuation Of Electricity Generation And Transmission Assets*, Decision Support Systems, (30)3, 383-392
- Dias M. A. G. (2006): *Real Options theory for Real Asset portfolios: The oil exploration case*; http://www.puc-rio.br/marco.ind/pdf/dias_portfolio_ep.pdf Letöltve: 2012.01.12.
- Diaz, M. (2004): *Valuation Of Exploration And Production Assets: An Overview Of Real Options Models*, Journal Of Petroleum Science And Engineering, 44 (1-2): 93–114.
- Dixit, A. K. – Pindyck, R. S. (1994): *Investment Under Uncertainty*, Princeton: Princeton University Press, 1994: 93-132,135-136
- Dixit, A. K. – Pindyck, R. S.: (2000): *Expandability, Reversibility, And Optimal Capacity Choice*. In: Brennan, M. J. – Trigeorgis, L. G. (Eds.): *Project Flexibility, Agency, And Competition: New Developments In The Theory And Application Of Real Options*. Oxford University Press, New York, Ny, 50–71
- Dixit, A., - Pindyck, R. S. (1995): *The Options Approach To Capital Investment*, In: Harvard Business Review, May-June, 105-115
- Doège, J. - Schiltknecht, P. - Lüthi, H.J. - Unger, G. (2003): *Risk Management Of Power Portfolios And Valuation Of Flexibility*. Preprint, Eth Zürich
- Dosi, G. – Egidi, M. (1991): *Substantive And Procedural Uncertainty: An Exploration Of Economic Behaviours In Changing Environments*, Journal Of Evolutionary Economics, Vol. 1, 145-168.
- Dosi, G. (1982): *Technological Paradigms And Technological Trajectories: A Suggested Interpretation Of The Determinants And Directions Of Technical Change*. Research Policy, 11: 147–162
- Dowlatabadi, H. - Toman, M. (1990): *Technology Choice In Electricity Generation Under Different Market Conditions*, Resources & Energy (Netherlands): Vol. 12, No. 3, 231 - 251
- Dörner, W. (2003): *It-Investitionen: Investitionstheoretische Behandlung Von Unsicherheit*, Hamburg 2003
- Drews, J. (2003): *Strategic Trends In The Drug Industry*. Drug Discovery Today. 8/9., 411-420.
- Dyner, I. - Larsen E. R. (2001): *From Planning To Strategy In The Electricity Industry*, In: Energy Policy, No. 29, 1145-1154
- EC (1997): *Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity*, http://eur-lex.europa.eu/Result.do?T1=V3&T2=1996&T3=92&RechType=RECH_naturel&Submit=Search, Letöltve: 2011.12.20.
- ECN, (2004): *Energy Research Centre Of The Netherlands (ECN): Markal -Matter Model Data*, <http://www.ecn.nl/ps/index.en.html> Letöltve: 2012.02.22.
- Electric Power Research Institute (EPRI):(1999): *A Framework For Hedging The Risk Of Greenhouse Gas Regulations*, EPRI, Palo Alto, Ca: Tr-113642.
- Electric Power Research Institute (EPRI):(2011): *Program On Technology Innovation: Integrated Generation Technology Options*, Report 1022782, June 2011
- Elton, E. -Gruber, M. (1991): *Modern Portfolio Theory And Investment Analysis*. 4. Ed., New York, Wiley

- Eppink, D. J. (1978): *Managing The Unforeseen: A Study Of Flexibility*, Phd Thesis, Free University Of Amsterdam
- European Wind Energy Association (2004): *Wind Energy: The Facts – An Analysis Of Wind Energy In The Eu-25*, Report, EWEA
- Evans, J. S. (1982): *Flexibility In Policy Formation*, Phd Thesis, Aston University
- Eydeland, A. - Wolyniec, K. (2003): *Energy And Power Risk Management: New Developments In Modeling, Pricing And Hedging*. Wiley, Hoboken, NJ
- Farag, H. (2003): *Möglichkeiten Des Realloptionsbasierten Value Reporting Für Wachstumsunternehmen*, In: *Reale Optionen: Konzepte, Praxis Und Perspektiven Strategischer Unternehmensfinanzierung*, Hrsg. U. Hommel, M. Scholich, P. Baecker, Berlin U. A. 2003, 547-591
- Ferderer J. P. (1996): *Oil Price Volatility and the Macroeconomy*, Journal of Macroeconomics, 18 1, Winter, 1-26, 1996
- Fleten, S. E. - Näsäkkälä, E. - Keppo, J. (2011): *Risk Management In Electric Utilities*. In *Handbook For Integrated Risk Management In Global Supply Chains*, Kouvelis, P., Boyabatli, O., Dong, L., Li, R. (Eds): John Wiley & Sons, New York.
- Ford A. - Youngblood. A. (1983): *Simulating The Spiral Of Impossibility In The Electric Utility Industry*. Energy Policy, 19–38
- Ford, A. (1985): *Short-Lead-Time Technologies As A Defense Against Demand Uncertainty*, Strategic Management And Planning For Electric Utilities, 115 - 136
- Ford, A. - Yabroff, I. W. (1980): *Defending Against Uncertainty In The Electric Utility Industry*, Energy Systems And Policy, Vol. 4, No. 1-2, 57 - 98
- Franke, G. - Hax, H. (1999): *Finanzwirtschaft Des Unternehmens Und Kapitalmarkt*, 4th Ed.
- Fraser , P. (2003): *Power Generation Investment In Electricity Markets*. Paris: OECD/IEA
- Frayer, J. - Uludere, N.Z. (2001): *What Is It Worth? Application Of Real Options Theory To The Valuation Of Generation Assets*. The Electricity Journal, 14(8): 40-51
- Fuss S. – Szolgayová J. (2009): *Fuel Price And Technological Uncertainty In A Real Options Modell For Electricity Planning* In.: Applied Energy 87. (2010):2938-2944
- Fuss, S. (2008): *Sustainable Energy Development Under Uncertainty*, Phd Dissertation; Published By Universitaire Pers Maastricht
- Gaidosch, L. (2007): *Zyklen Bei Kraftwerksinvestitionen In Liberalisierten Märkten - Ein Modell Des Deutschen Stromerzeugungsmarktes*. Technische Universität-Berlin, Dissertation
- García-Díaz, A. - P.L. Marín Uribe. (2000): *Strategic Bidding In Electricity Pools With Short-Lived Bids: An Application To The Spanish Market*. Cepr Discussion. Dp2567, Centre For Economic Policy Research, London
- Gardner, D. - Zhuang, Y. (2000): *Valuation Of Power Generation Assets: A Real Options Approach*; Algo Research Quarterly; Vol. 3, No.3 December 2000: 9-22.
- Garz, H. - Günther, S. - Moriabadi, C. (2004): *Portfolio-Management: Theorie Und Anwendung*. 3. Au., Frankfurt A. M, Bank Akademie Verlag
- Gitelman, G., (2002): *Use Of Real Options In Asset Valuation*. The Electricity Journal 15 (11): 58–71.
- Gleißner, W. (2005): *Wertorientierte Unternehmensführung, Strategie Und Risikomanagement – Die Kapitalkostensätze Als Bindeglied*, In „*Modernes Risikomanagement: Die Markt-, Kredit- Und Operationalen Risiken Zukunftsorientiert Steuern*“, Romeike, F. (Hrsg.): Wiley-Vch, Weinheim
- Goldberg, L. (1993): *Exchange Rates And Investment In United States Industry*, Review Of Economics And Statistics Vol. 75 No.4 (1993):575-588

- Goldman, S. M. (1974): *Flexibility And The Demand For Money*, Journal Of Economic Theory, Vol. 9, 203 - 222
- Gong, P. - He, Z. W. - Meng, J. L. (2006): *Time-Dependent Volatility Multi-Stage Compound Real Option Model And Application*; Journal Of Industrial Engineering And Engineering Management, 2006, 20(2): 46-53
- Green, R. - Newbery, D.M. (1992): *Competition In The British Electricity Market*. Journal Of Political Economy, 100(5): 929-953
- Gross, R. - Heptonstall, P. - Blyth, W. (2007): *Investment In Electricity Generation: The Role Of Costs, Incentives And Risks*. Url: www.ukerc.ac.uk/downloads/pdf/06/0706_investing_in_power.pdf Letöltve: 2012.02.22.
- Guay, W. - Kothari, S.P. (2003): *How Much Do Firms Hedge With Derivatives?* Journal Of Financial Economics 70 (3): 423-61.
- Gupta, S. - Lehmann, D. R. - Stuart, J. A. (2004): *Valuing Customers*. Journal Of Marketing Research, 41 (February): 7-18
- Gupta, S. K. - Rosenhead, J. (1968): *Robustness In Sequential Investment Decisions*, Management Science, Vol. 15, No. 2, 18-29.
- Guthrie, G. A., (2009): *Real Options In Theory And Practice*, Oxford And New York, Oxford University Press.
- Haenlein, M. - Kaplan, A. - Schoder, D. (2006): *Valuing The Real Option Of Abandoning Unprofitable Customers When Calculating Customer Lifetime Value*, Journal Of Marketing, Vol. 70, 5-20.
- Han, H. J. (2008): *Estimating Project Volatility And Developing Decision Support System In Real Options Analysis*, Phd Dissertation, Auburn University, Auburn, Alabama, 2007
- Hanser, P. - Graves, F., (2007): *Utility Supply Portfolio Diversity Requirements*. The Electricity Journal 20 (5): 22–32.
- Hartmann M. (2006): *Realoptionen Als Bewertungsinstrument Für Frühe Phasen Der Forschung Und Entwicklung In Der Pharmazeutischen Industrie*; Genehmigte Dissertation; Technische Universität Berlin
- Hartmann, H. (2007): *Modernes Einkaufsmanagement: Global Sourcing - Methodenkompetenz - Risikomanagement*, 1. Aufl., Gernsbach
- Hashimoto, T. (1980): *Robustness, Reliability, Resilience And Vulnerability Criteria For Planning*, Phd Thesis, Cornell University
- Hashimoto, T. - Loucks, D. P. - Stedinger, J. R. (1982): *Robustness Of Water Resources Systems*, Water Resources Research, Vol. 18, No. 1, February, 21 - 26.
- Hax, H. (1985): *Investitionstheorie*, 5th ed., Physica-Verlag, Würzburg.
- Hayek, F. A. (1974): *A tudás látszata*. Megjelent: Hayek (1995): 312–321.
- Hayes, R. - Abernathy, W. (1980): *Managing Our Way To Economic Decline*, In: Harvard Business Review, Vol. 60, No. 3, 71-79
- Hayes, R. - Garvin, D. (1982): *Managing As If Tomorrow Mattered*, In: Harvard Business Review, 67-77
- He, Y. (2007): *Real Options In The Energy Markets*, Dissertation, University Of Twente, http://doc.utwente.nl/58482/1/thesis_He.pdf Letöltve: 2011.09.25.
- Hensing, I. - Pfaffenberger, W. - Ströbele, W. (1998): *Energiewirtschaft*. Oldenbourg Verlag, München
- Hespos, R. - Strassmann, P. (1965): *Stochastic Decision Trees For The Analysis Of Investment Decisions*, Management Science, Series B, 11, 10, 244-259

- Hickey E. A. – Carlson J. L. – Loomis D. (2010): *Issues In The Determination Of The Optimal Portfolio Of Electricity Supply Options*, In *Energy Policy* 38 (2010): 2198-2207
- Hicks, I. (1931): *The Theory Of Uncertainty And Profit*. *Economica*, Vol. 11. 170–189.
- Hirst, E., - Schweitzer, M. (1990): *Electric-Utility Resource Planning And Decision-Making: The Importance Of Uncertainty*. *Risk Analysis*, Vol. 10. No. 1
- Hlouskova , J. - Kossmeier, S. - Obersteiner, M. - Schnabl, A. (2005): *Real Options And The Value Of Generation Capacity In The German Electricity Market*. *Review Of Financial Economics*, 14 (3–4): 297 – 310.
- Hobbs, B. F. - Honious, J. C. - Bluestein, J. (1992): *What's Flexibility Worth? The Enticing Case Of Natural Gas Cofiring*, *The Electricity Journal*, 37 - 47.
- Hoff, T E. (1997): *Integrating Renewable Energy Technologies In The Electric Supply Industry: A Risk Management Approach*, National Renewable Energy Laboratory (NREL): March 1997
- Hoffman, W., (2006): *Pv Solar Electricity Industry: Market Growth And Perspective*. *Solar Energy Material & Solar Cells* 90, 3285–3311.
- Hogan, J. - Hibbard, J. (2002): *A Real Options-Based Model Of Customer-Seller Relationships*, Working Paper 01-17, Boston University, Boston.
- Hommel, U. (2000): *Der Realloptionsansatz Wird Bald Standard Sein*, In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 8.5. 2000
- Hommel, U. - Lehmann, H. (2001): *Die Bewertung Von Investitionsobjekten Mit Dem Realloptionsansatz – Ein Methodenüberblick*. In: Hommel, U./Vollrath, R./Scholich, M. (Hrsg.): *Realloptionen In Der Unternehmenspraxis*. Berlin, 113-129.
- Hommel, U. - Pritsch G. (1999): *Marktorientierte Investitionsbewertung Mit Dem Realloptionsansatz*. *Finanzmarkt und Portfoliomanagement*, 13/2., 121-144
- Horvarth, P. - Mayer, R. (1986): *Produktionswirtschaftliche Flexibilität*. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium (Wist)*: 15/2., 133-155
- Hsu, Y. W. (2002): *Staging Of Venture Capital Investment: A Real Options Analysis*, *Small Bus Econ* (2010):35ú, 265–281
- Hubbard, G. R. (1994): *Investments Under Uncertainty: Keeping One's Options Open*, *Journal Of Economic Literature*, 32 (4): 1816–1831.
- Hull, J. (2003): *Options, Futures And Other Derivatives*. 5. Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Hungenberg, H. (2001): *Strategisches Management In Unternehmen: Ziele - Prozesse - Verfahren*, 2. Aufl., Wiesbaden 2001.
- Hunyadi L. (2006): *A Heteroskedaszticitásról Egyszer bben*, *Statisztikai Szemle*, 84. Évfolyam 1. Szám
- Hutzschenreuter, T. (2001): *Wachstumsstrategien: Einsatz Von Managementkapazitäten Zur Wertsteigerung*, Wiesbaden 2001.
- Ihs/Cera Power (2008): *Capital Cost Index (Without Nuclear): 2008*. Url.: www.ihindexes.com Letöltve: 2012.01.10.
- Ingersoll, J. - Ross, S. (1992): *Waiting To Invest: Investment And Uncertainty*, In: *Journal Of Business*, Vol. 65, No. 1 (January): 1-29.
- International Energy Agency (2003): *Power Generation Investment In Electricity Markets*, Iea, Paris
- International Energy Agency (2004): *World Energy Outlook*, Iea, Paris
- International Energy Agency (2005): *Wind Energy. Annual Report*, Url: www.ieawind.org/ar_two_o__ve.html Letöltve: 2012.03.22.

- International Energy Agency (2007a): *Climate Policy Uncertainty And Investment Risk*, Iea, Paris
- International Energy Agency (2007v): *Modeling Investment Risks And Uncertainties With Real Options Approach*, A Working Paper For The IEA Website, http://www.iea.org/textbase/publications/free_new_desc.asp?pubs_id=1857, Letöltve: 2012.03.22.
- International Energy Agency (2008): *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency, Paris, France.
- International Energy Agency (2010): *Projected Cost Of Generating Electricity*, International Energy Agency Nuclear Energy Agency Organisation For Economic Co-Operation And Development, Paris, France
- International Energy Agency (2011): *Key World Energy Statistics*, www.iea.org, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf, Letöltve: 2012.05.22.
- IPCC, (2001): *Climate Change 2000*, (Volume I: Science; Volume 2: Impacts; Volume 3: Mitigation; Synthesis Report): Third Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge, Uk And New York, N.Y.
- Ishii, J. - Yan, J. (2004): *Investment Under Regulatory Uncertainty: Us Electricity Generation Investment Since 1996*. Csem Working Paper 127 (March): Center For The Study Of Energy Markets, University Of California Energy Institute.
- Marschak, J. (1938): *Money And The Theory Of Assets*, *Econometrica* 6, No. 4 (October 1938): 311-325.
- Jansen, J. - Beurskens, L. - Van Tilburg, X. (2006): *Application Of Portfolio Analysis To The Dutch Generating Mix. Reference Case And Two Renewables Cases: Year 2030 - Se And Ge Scenario*. Ecn-C_05-100 February 2006, New York: Cambridge University Press
- Jeske, T. - Von Hirschhausen, C. (2005): *Offshore Windenergie: Studie Zur Rentabilität Von On-Shore-Windparks In Der Deutschen Nord- Und Ostsee*. In: *Zeitschrift Für Energiewirtschaft*, Vol.29, No. 1, 3-11.
- Johnson, B. - Barz, G. (1999): *Selecting Stochastic Processes For Modelling Electricity Prices*. In: *Risk Books* (Ed.): *Modelling And The Management Of Uncertainty*, Haymarket House, London, 3 - 22.
- Jones, R. A. . Ostroy J. M. (1984): *Flexibility And Uncertainty*, *Review Of Economic Studies*, Vol. 51, 13 - 32.
- Jukan M. K. - Jukan A. - Tokic A. (2011): *Identification And Assessment Of Key Risks And Power Quality Issues In Liberalized Electricity Markets In Europe*; *International Journal Of Engineering & Technology Ijet-Ijens* Vol: 11 No: 03
- Junginger, M. - Faaij, A. - Turkenurg, W. C. (2004): *Cost Reduction Prospects For Offshore Wind Farms*, *Wind Engineering*, 28(1)
- Kádárné H. Á. (2010): *A távfűtés áralkító tényezők vizsgálata a magyarországi távhőszolgáltató vállalatok körében*; Ph.D. Értekezés; Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Kar
- Kadoya, T. (2005): *Utilizing System Dynamics Modelling To Examine Impact Of Deregulation On Generation Capacity Growth*, In: *Proceedings Of The Ieee*, Vol. 93, No. 11, 2060-2069.
- Kaplan, S. (2008): *Power Plants: Characteristics And Costs*; Crs Report, For Congress; <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/rl34746.pdf> Letöltve: 2012.06.28.
- Kasanen, E. - Trigeorgis, L. (1994): *A Market Utility Approach To Investment Valuation*, In: *European Journal Of Operational Research*, Special Issue On Financial Modelling, Vol. 74 No. 2, 294-309

- Keeley, R. H. - Punjabi, S., - Turki, L. (1996): *Valuation Of Early-Stage Ventures: Option Valuation Models Vs. Traditional Approaches*. Entrepreneurial And Small Business Finance, 5(2): 115–138.
- Kellogg, D. - Charnes, J. M. (2000): *Real-Options Valuation Of A Biotechnology Companies*. Financial Analysts' Journal, Mai/Juni, 76-84.
- Kemna, A. (1993): *Case Studies On Real Options*, In: Financial Management, Vol. 22, No. 3 (Autumn): 259-270.
- Kensinger, J. (1987): *Adding The Value Of Active Management Into The Capital Budgeting Equation*, In: Midland Corporate Finance Journal, Vol. 5, No. 1 (Spring): 31-42
- Kester, W. (1984): *Today's Options For Tomorrow's Growth*, In: Hbr, Vol. 62, No. 2 (1984): 153-160.
- Kester, W. C. (1993): *Turning Growth Options Into Real Assets*, In: Capital Budgeting Under Uncertainty, Hrsg. Von R. Aggarwal, New York
- Kiss F. L. (2008): *Bevezetés a szabályozás gazdaságtanába. in verseny és szabályozás 2007*. (Szerk: Valentiny P., Kiss F.L.): Mta Közgazdaságtudományi Intézet, Budapest
- Knight, F.H. (1921): *Risk, Uncertainty And Profit*, Boston And New York: Houghton Mifflin Company.
- Kodulula, P. - Papudesu, C. (2006): *Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide*, Fort Lauderdale, Fl, J. Ross Publishing Co.
- Kogut, B. - Kulatilaka, N. (2001): *Capabilities As Real Options*, In: Or, Vol. 12, No. 6 (2001): 744-758
- Kogut, B. - Kulatilaka N. (1994): *Operating Flexibility, Global Manufacturing, And The Option Value Of A Multinational Network*, Management Science, Vol. 40, No. 1, January, 123 - 139
- Kruschwitz, L. (2005): *Investitionsrechnung*. 10. Auflage, München,Wien, R. Oldenbourg Verlag
- Ku, A. (1995): *Modelling Uncertainty In Electricity Capacity Planning*, Phd Thesis, London Business School.
- Ku, A. (2003): *Risk And Flexibility In Electricity: Introduction To The Fundamentals And Techniques*, Riskbooks
- Kulatilaka, N. - Marks, S. (1998): *The Strategic Value Of Flexibility: Reducing The Ability To Compromise*. American Economic Review: 574-580
- Kulatilaka, N. (1993): *The Value Of Flexibility: The Case Of A Dual-Fuel Industrial Steam Boiler*, In: Financial Management, Vol. 22, No. 3, 271-279.
- Kulatilaka, N. - Trigeorgis, L. (1994): *The General Flexibility To Switch: Real Options Revisited*, In: International Journal Of Finance, Vol. 6, No. 2, 778-798.
- Kulatilaka, N. (1995): *Operating Flexibilities In Capital Budgeting: Substitutability And Complementarity In Real Options*, In: Trigeorgis, Lenos (Ed.): Real Options In Capital Investment: Models, Strategies, And Applications, 121-132.
- Kumar, R. L. (1995): *An Options View Of Investments In Expansion-Flexible Manufacturing Systems*, International Journal Of Production Economics, 38. 281 – 291.
- Kumar, R. L., (1999): *Understanding Dss Value: An Option Perspective*, Omega Journal Of International Management Science, 27, 295-304
- Kyläheiko, K. (1998): *Making Sense Of Technology: Towards A Synthesis Between Neoclassical And Evolutionary Approaches*, International Journal Of Production Economics, Vol. 56-57, 319-332.

- Lander, D. M., - Pinches, G. E. (1998): *Challenges To The Practical Implementation Of Modeling And Valuing Real Options*. Quarterly Review Of Economics And Finance, 38:537–567.
- Langlois, R. N. (1986): *Rationality, Institutions, And Explanation In Economics As A Process*; In: Langlois R. N. (Ed); Cambridge University Press, Cambridge 1986
- Latimore, D. (2002): *Calculating Value During Uncertainty: Getting Real With "Real Options"*. Ibm Institute For Business Value.
- Leslie, K. J. - Michaels, M. P. (1997): *The Real Power Of Real Options*, In: The Mckinsey Quarterly, No. 3, 4-22.
- Li, Y. - Mahoney, J. T. (2011): *When Are Venture Capital Projects Initiated?* Journal Of Business Venturing 26 (2011): 239–254
- Loasby, B. J. (1976): *Choice, Complexity And Ignorance: An Enquiry Into Economic Theory And Practice Of Decision Making*, Cambridge, Cambridge University Press Ess.
- Luehrman, T. A. (1998): *Strategy As A Portfolio Of Real Options*, In: Harvard Business Review, September-October, 89-99.
- Lundmark, R. - F. Pettersson. (2007): *Dynamic Investment Decisions And Implementation Of Climate Policies*. Conference Proceeding 9th Iae European Energy Conference – Energy Markets And Sustainability In A Larger Europe, Florence, Italy
- Burger, M. - Graeber, B. - Schindlmayr, G. (2007): *Managing Energy Risk: An Integrated View On Power And Other Energy Markets*, John Wiley & Sons Inc., Chirchester, 2007
- Majd, S. - Pindyck, R. (1987): *Time To Build, Option Value, And Investment Decisions*, In: Journal Of Financial Economics, Vol. 18 (March): 7-27.
- Maklan, S. - Knox, S. - Ryals, L. (2004): *Evaluating Investements In Crm With Real Options*. Technical Report, Cranfield School Of Management
- Margrabe W. (1978): *The Value Of An Option To Exchange One Asset For Another*, In: Journal Of Finance, Vol. 33, No. 1, 177-186
- Markowitz, H. (1952): *Portfolio Selection*. In: The Journal Of Finance, Vol. 7, No. 1, 77-91.
- Marossy Z. (2011): *A villamos energia áralakulásának egy új modellje*; Közgazdasági Szemle, LVIII. Évf., 2011. március (253–274.)
- Mavir (2006): *A villamosenergia-iparban használt kifejezések*; Angol-Magyar Kifejezés Gy jtemény V0.2, Budapest
- Mavir (2011): *A magyar villamosenergia rendszer 2010. évi statisztikai adatai*, Magyar Energia Hivatal;
http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=0a00217e-42f8-48d1-a77f-f59bfb43d71b&groupid=10258 Letöltve: 2012.08.20
- Mayer, A. (2001): *Strategische Flexibilität: Ein Integrativer Ansatz Unter Besonderer Berücksichtigung Von Realoptionen*, Gießen
- Mcdonald, R. - Siegel, D. (1985): *Investment And The Valuation Of Firms When There Is An Option To Shut Down*, International Economic Review, No.26, June, 331-349
- Mcdonald, R.L. – Siegel, D. (1986): *The Value Of Waiting To Invest*. Quarterly Journal Of Economics 101 (4): 707–727
- Mcgrath, R. (1997): *A Real Options Logic For Initiating Technology Positioning Investments*, In: Amr, Vol. 22, No. 4 (1997): 974-996.
- Mcgrath, R. (1999): *Falling Forward: Real Options Reasoning And Entrepreneurial Failure*, In: Amr, Vol. 24, No. 1 (1999): 13-30.

- Mcgrath, R. -Macmillan, I. (2000): *Assessing Technology Projects Using Real Options Reasoning*, In: Research And Technology Management, Vol. 43, No. 4 (2000): 35-49.
- Menegaki A. (2008): *Valuation For Renewable Energy: A Comparative Review Renewable And Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 9. 2422-2437.
- Merrill, H. M. - Wood, A. J. (1991): *Risk And Uncertainty In Power System Planning*, Electrical Power & Energy Systems, Vol. 13, No. 2, 81 - 90.
- Merrill, H. - Schweppe, F - White, D. - Aperjis, D. - Mettler M. (1982): *Energy Strategy Planning For Electric Utilities Part I, Smarte Methodology And Part Ii, Case Study*, IEEE Transactions On Power Apparatus And Systems, Vol. Pas-101, 2, February, 340 - 355.
- Merton R. C. (1973): *Theory Of Rational Option Pricing*, In: Bell Journal Of Economics And Management Science, Vol. 4, No. 1, 141-183.
- Miltersen, K. R. - Schwartz, E. S. (2007): *Real Options With Uncertain Maturity And Competition*. Working Paper.
- Mises, L. (1949): *Human Action: A Treatise On Economics*, Third Revised Edition, Contemporary Books, Inc. Chicago. 1963.
- Morgan, M. G. - Henrion, M. (1992): *Uncertainty: A Guide To Dealing With Uncertainty In Quantitative Risk And Policy Analysis*. New York: Cambridge University Press.
- Morris, P.A. - Teisberg, E.O. - Kolbe, L. (1991): *When Choosing R&D Projects, Go With Long Shots*. Research Technology Management, 28. Januar-Februar, 35-40.
- Mun, J. (2002): *Real Options Analysis: Tools And Techniques For Valuing Strategic Investments & Decisions*. Hoboken (New Jersey).
- Munasinghe, M. (1990): *Energy Analysis And Policy: Energy In Developing Countries*, World Bank
- Myers, S. C. (1977): *Determinants Of Corporate Borrowing*, Journal Of Financial Economics, 5(2): 147-176.
- Myers, S. C. - Majd, S. (1990): *Abandonment Value And Project Life*, In: Advances In Futures And Options Research, Vol. 4, 1-21.
- Näsäkkälä E. - Fleten S. E., (2004): *Gas Fired Power Plants: Investment Timing, Operating Flexibility And Abandonment*. Submitted Manuscript, Working Paper 04-03, Department Of Industrial Economics And Technology Management, Norwegian University Of Science And Technology.
- Nelson, R. R. - Winter S. G. (1982): *An Evolutionary Theory Of Economic Change*. Belknap Press/Harvard University Press: Cambridge.
- Neuhoff, K. - De Vries. L. (2004): *Insufficient Incentives For Investments In Electricity Generation*. Cmi Working Paper. 42, Cambridge
- Nichols, N. (1994): *Scientific Management At Merck: An Interview With Judy Lewent*, Harvard Business Review, Jan., 89-99.
- Nicholson, T. A. J. (1971): *Optimization In Industry*, Vol. 2 Applications, T&A Constable, Ltd, Edinburgh
- O'driscoll, G. P. – Rizzo, M. (1985): *The Economics Of Time And Ignorance*, Oxford: Blackwell
- OECD/IEA (2011): *World Energy Outlook*, International Energy Agency, 2011, <http://www.hbs.edu/environment/docs/oecd%20ch.6.pdf> Letöltve: 2012. 04.12.
- Olsina, F. (2005): *Long-Term Dynamics Of Liberalized Electricity Markets*. Ph.D. Thesis Submitted To Department Of Postgraduate Studies, Faculty Of Engineering, National University Of San Juan, San Juan, Argentina Accessed On September 8, 2008 www2.ing.puc.cl/power/paperspdf/olsina.pdf Letöltve: 2012.05.22.

- Oxera Consulting Ltd (2005): *What Is The Potential For Commercially Viable Renewable Generation Technologies?*, Report, Prepared For The Department Of Trade And Industry, Uk
- Paddock, J. - Siegel, D. - Smith, J. (1988): *Option Valuation Of Claims On Real Assets: The Case Of Offshore Petroleum Leases*, Quarterly Journal Of Economics, 479–508.
- Papapetrou E. (2001): *Oil price shocks, stock market, economic activity and employment in Greece*. Energy Economics Vol. 23 (5), 511-532, September 2001
- Paraskevopoulos, D. - Karakitsos, E. - Rustem, B. (1991): *Robust Capacity Planning Under Uncertainty*, Management Science, Vol. 37, No. 7, July, 787 - 800.
- Pascal, B. (1912): *Gondolatok*, Ford., Magyarázó Tanulmányokkal És Jegyzetekkel Ellátta: Nagy József. Bp. 1912. Franklin
- Penrose, E. T. (1959/1995): *The Theory Of The Growth Of The Firm*. 3 Rd Ed. Oxford University Press, Oxford.
- Perridon, L. - Steiner, M. (1997): *Finanzwirtschaft Der Unternehmung*, 9th Ed.
- Pickles, E. - Smith, J. L. (1993): *Petroleum Property Valuation: A Binomial Lattice Implementation Of Option Pricing Theory*. The Energy Journal, 14(2): 1-26.
- Pilipovic, D. (1998): *Energy Risk: Valuing And Managing Energy Derivatives*. New York, Mcgraw-Hill
- Pilipovic, D. (2007): *Energy Risk*, 2nd Edition, Mcgraw-Hill
- Pindyck, R. (1988): *Irreversible Investment, Capacity Choice, And The Value Of The Firm*. American Economic Review, 79, 969 – 985.
- Pindyck, R. (1993): *Investments Of Uncertain Cost*. Journal Of Financial Economics, 34, 53 – 76.
- Pindyck, R. (1991): *Irreversibility, Uncertainty And Investment*. Journal Of Economic Literature, 29 (3):, 1110 – 1148.
- Pindyck, R. (2000): *Irreversibilities And The Timing Of Environmental Policy*, Resource And Energy Economics, 22(3): 233–259.
- Porter, M. (2000): *Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen Erreichen Und Behaupten*, 6. Aufl., Frankfurt Am Main/New York 2000.
- Pritsch, G. (2000): *Realoptionen Als Controlling-Instrument*. Wiesbaden
- Pritsch, G. - Weber, J. (2003): *Die Bedeutung Des Realoptionsansatzes Aus Controlling-Sicht*, In: Reale Optionen: Konzepte, Praxis Und Perspektiven Strategischer Unternehmensfinanzierung, Hrsg. U. Hommel, M. Scholich, P. Baecker, Berlin U. A. 2003, 143-172.
- Rahmstorf, S. (2006): *Dem Sturm Begegnen: Klimawandel Ist Kein Schicksal. Wir Können Ihn Erklären - Und Begrenzen*, Presentation. http://www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Other/Rahmstorf_Klimawandel_Nov_2005_web.pdf
Letöltve: 2012. 03.14.
- Raiffa, H. (1968): *Decision Analysis*, Addison Wesley
- Reedman, L. - Graham, P. - Coombes, P. (2006): *Using A Real Options Approach To Model Technology Adoption Under Carbon Price Uncertainty: An Application To The Australian Electricity Generation Sector*. The Economic Record, 82 (Special Issue), 64 – 73.
- Reichheld, F. - Sasser, W. (1990): *Zero Defections: Quality Comes To Services*, Harvard Business Review, Vol. 68,105-111.
- Richmond, W. B. – Seidmann, A. (1993): *Software Development Outsourcing Contract Structure And Business Value*, Journal Of Management Information Systems, Vol. 10 No. 1, 57-72.

- Tidball, R. - Bluestein, J. Rodriguez N. - Knoke S. (2010): *Cost And Performance Assumptions For Modeling Electricity Generation Technologies* Subcontract Report NREL/SR-6A20-48595.
- Risak, J. - Grün, O. (1985): *Der Weg Aufwärts!* Abschaffen. In: Die Betriebswirtschaft, 45, 1985, 646-658.
- Robichek, A. A.–Van Horne (1967): *Abandonment Value And Capital Budgeting*. Journal Of Finance, December 1967, 577–590.
- Robichek, A. A. - Myers, S. C. (1966): *Conceptual Problems In The Use Of Risk-Adjusted Discount Rates*, Journal Of Finance, Vol. 21, No. 4 (December 1966): 727-730.
- Roemer, E. (2005): *View Your Customers As Real Options*, School Of Management, Marketing Group, Working Paper.
- Ronn, E. (2002): *Real Options And Energy Management*, Risk Books.
- Roos, D. (2004): *The Design And Development Of Next Generation Infrastructure Systems*, SMC, IEEE.
- Roques, F., (2008): *Analytic Approaches To Quantify And Value Fuel Mix Diversity*. Conference On Applied Infrastructure Research.
- Roques, F. - Nuttall, W. - Newbery, D. (2006): *Using Probabilistic Analysis To Value Power Generation Investments Under Uncertainty*. Electricity Policy Research Group, University Of Cambridge, England.
- Rózsa A. (2007): *A reálopciók lehet ségei és korlátai a stratégiai beruházások értékelésében*. Bgf Külk. Kar http://elib.kkf.hu/okt_publ/szf_19_06.pdf Letöltve: 2011. 05.14.
- Rózsa A. (2008): *Képességek vagy reálopciók? A stratégiai és pénzügyi szempontok egyeztetésének lehet ségei és korlátai különös tekintettel a rugalmas technológiai beruházások problémáira*, Doktori értekezés, Pécs, Közgazdaságtudományi Kar, Gazdálkodástani Doktori Iskola.
- Rahmstorf, S. (2006): *Thermohaline Ocean Circulation*. In: Encyclopedia Of Quaternary Sciences, Edited By S. A. Elias. Elsevier, Amsterdam 2006.
- Sahlman W. A. (1993): *Aspects Of Financial Contracting In Venture Capital*. The New Corporate Finance: Where Theory Meets Practice, Edited By D.H. Chew. New York, Mcgraw-Hill. 229-242.
- Sadorsky P. (1999): *Oil price shocks and stock market activity*. Energy Economics 21, 449-469, 1999
- Sarkis, J. - Tamarkin, M. (2005): *Real Options Analysis For “Green Trading”*: The Case Of Greenhouse Gases. The Engineering Economist 50, 273–294.
- Sauter R. - Awerbuch S. (2002): *Oil Price Volatility and Macroeconomic Activity*, A Survey and Literature Review, Working Paper, IEA – REU, August, 2002
- Schemm R. (2011): *Modell Zur Untersuchung Von Investitionsentscheidungen Unter Unsicherheit*, In Stromerzeugungstechnologien, Phd-Dissertation.
- Schwartz, E. S. - Moon, M., (2000): *Rational Pricing Of Internet Companies Revisited*,Ucla Working Paper Series.
- Schwartz, E. - Smith, J. (2000): *Short-Term Variations And Long-Term Dynamics In Commodity Prices*. In: Management Science, Vol. 46, No. 7, 893-911.
- Seitz, N. - Ellison, M. (1995): *Capital Budgeting And Long-Term Financing Decisions*, Dryden Press.
- Selden, T., - Song, D. (1994): *Environmental Quality And Development: Is There A Kuznets Curve For Air Pollution Emissions?*, Journal Of Environmental Economics And Management, 27, 147–162.

- Seppä T. J. (2000): *An Option-Pricing Approach To Risk And Return In Venture Capital*. Master's Thesis, Helsinki School Of Economics And Business Administration.
- Shackle, G. L. S. (1972): *Epistemics And Economics: A Critique Of Economic Doctrines*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Sharpe, W. (1964): *Capital Asset Prices: A Theory Of Market Equilibrium Under Conditions Of Risk*. In: Journal Of Finance Vol. 19, No. 3, 425-442.
- Simon, H. A. (1978): *Rationality As Process And As Product Of Thought*, American Economic Review, 68(2): 1-16.
- Smit, H. T. J. - Trigeorgis, L. (2003): *Strategy: Options And Games*, Princeton University Press, 2003.
- Smith, K. W. - Triantis, A. (1995): *The Value Of Options In Strategic Acquisitions*. In L. Trigeorgis (Ed.): *Real Options Capital Investment: Models, Strategies And Applications*. Westport, Ct: Praeger Publishers.
- Smulders, S., - Bretschger, L. (2000): *Explaining Environmental Kuznets Curves: How Pollution Induces Policy And New Technologies*, Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionspapiere 12/2000, Ernst Moritz Arndt University of Greifswald, Faculty of Law and Economics.
- Spremann, K. (2003): *Portfoliomanagement*, 2. Au., München, Wien, Oldenbourg Verlag
- Stigler, G. (1939): *Production And Distribution In The Short Run*, The Journal Of Political Economy, Vol. 47, No. 3, 305 - 327.
- Stirling, A. (1998): *On The Economics And Analysis Of Diversity*. Spru Electronic Working Paper No. 28, October 1998; <http://www.sussex.ac.uk/spru/publications/imprint/sewps/sewp28/sewp28.html>, Letöltve: 2012.03.22.
- Stirling, A. (1994): *Diversity And Ignorance In Electricity Supply Investment: Addressing The Solution Rather Than The Problem*, Energy Policy, March, 195 - 216
- Stirling, A. (2009): *Multicriteria Diversity Analysis: A Novel Heuristic Framework For Appraising Energy Portfolios*. Energy Policy, 2009.02.23
- Stoft, S., (2002): *Power Systems Economics: Designing Markets For Electricity*, IEEE Press/Wiley, New York.
- Sun, N. - Swider, D. J. - Voss, A. (2006): *A Comparison Of Methodologies Incorporating Uncertainties Into Power Plant Investment Evaluations*, Presented At The 29th Iaea International Conference. Potsdam, Germany, June 2006.
- Teisberg, E. (1995): *Methods For Evaluating Capital Investment Decisions Under Unertainty*, In: *Real Options In Capital Investment*, Hrsg. V. L. Trigeorgis, Westport, Ct, 31-46
- Titman, S. (1985): *Urban Land Prices Under Uncertainty*. The American Economic Review, 75(3): 505-514.
- Tourinho, O. (1979): *The Valuation Of Reserves Of Natural Resources: An Option Pricing Approach*, Phd Dissertation, University Of California.
- Trang, N. T. - Takezawa, N. - Takezawa, N. (2002): *Real Options And The Evaluation Of Research And Development Projects In The Pharmaceutical Industry: A Case Study*. Journal Of The Operations Research Society Of Japan, 45. Jg., 4. Ausg., 385-403.
- Triantis, A. – Borison, A. (2001): *Real Options: State Of The Practice*, Journal Of Applied Corporate Finance 14 (No. 2): 8–24.
- Triantis, A. J. (2000): *Real Options And Corporate Risk Management*, Journal Of Applied Corporate Finance, 13 (2): 64-73.

- Trigeorgis, L. (1988): *A Conceptual Options Framework For Capital Budgeting*, In: *Advances In Futures And Options Research*, Vol. 3, 145-167.
- Trigeorgis, L. (1993): *The Nature Of Option Interactions And The Valuation Of Investments With Multiple Options*, *Journal Of Financial And Quantitative Analysis*, 28(1): 1–20.
- Trigeorgis, L. (1997): *Real Option, Managerial Flexibility And Strategy In Resource Allocation[M]*. Massachusetts: The Mit Press.
- Trigeorgis, L. (2000): *Real Options: Managerial Flexibility And Strategy In Resource Allocation*, 5. Aufl., Cambridge U. A. 2000.
- Trigeorgis, L. (1990): *A Real Options Application In Natural Resource Investments*. *Advances In Futures And Options Res.* 4 153–164.
- Trigeorgis, L. - Mason, S. (2001): *Valuing Managerial Flexibility*, In: *Real Options And Investment Under Uncertainty: Classical Readings And Recent Contributions*, E. Schwartz, L. Trigeorgis, Cambridge 2001, 47-60.
- Trigeorgis, L. - Mason, S. P. (1987): *Valuing Managerial Flexibility*, *Midland Corporate Finance Journal*, Vol. 5, No. 1, Spring, 14 - 21.
- Trkman, P. - McCormack, K. (2009): *Supply Chain Risk In Turbulent Environments-A Conceptual Model For Managing Supply Chain Network Risk*, *International Journal Of Production Economics*, Vol. 119, No.2, 247-258.
- Tseng, C. - Barz, G. (2002): *Short-Term Generation Asset Valuation: A Real Options Approach* *Operations Research*, 50 (2):, 297 – 310.
- Turvey, R. - Anderson, D. (1977): *Electricity Economics*, The World Bank, Washington Dc.
- Van Putten, A. B. - Macmillan, I. C. (2004): *Making Real Options Really Work*, *Harvard Business Review* 82 (No. 12): 134-141.
- Venetsanos K. - Angelopoulou P. - Tsoutsos T. (2002): *Renewable Energy Sources Project Appraisal Under Uncertainty: The Case Of Wind Energy Exploitation Within A Changing Energy Market Environment*. *Energy Policy*, Vol. 30, 293-307.
- Vilko, J. – Edellman, J. – Hallikas, J. (2010): *Defining The Levels Of Uncertainty In Supply Chains*, The Scientific-Practical Conference On Harmonized Development Of City Of Tallinn, Ports And Port Areas. 20.5.2010, Tallinn, Estonia.
- Von Der Fehr, N-H.M. - Harbord, D.C. (1997): *Capacity Investment And Competition In Decentralised Electricity Markets*. Memorandum. 27/97, Department Of Economics, University Of Oslo, Oslo
- Von Neumann, J., - Morgenstern, O. (1947): *Theory Of Games And Economic Behavior*, 2nd Ed. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Wang, T. - De Neufville, R. (2004): *Building Real Options Into Physical Systems With Stochastic Mixed-Integer Programming*, 8th Annual Real Options International Conference, Montreal, Canada
- Weber C. (2008): *Uncertainty In The Electric Power Industry*, *International Series In Operations Research & Management Science*, 2005, Volume 77, 11-29.
- Weber, C. (2005): *Uncertainty In The Electric Power Industry*. Springer, New York.
- Wene, C. O. (2000): *Experience Curves: Measuring The Performance Of The Black Box*. In: Wene, C.-O., Voß, A., Fried, T. (Eds.): *Experience Curves For Policy Making - The Case Of Energy Technologies*. *Forschungsbericht, Universität Stuttgart Band 67*, 53-66.
- Weron, R. (2006): *Modeling And Forecasting Electricity Loads And Prices: A Statistical Approach*, Wiley.

- White, B. (2007): *A Mean-Variance-Portfolio Optimization Of Californias Generation Mix To 2020*. California Energy Commission
- Wieland, A. (2002): *Claimholder Value: Implikationen Der Optionspreistheorie Für Die Wachstumsfinanzierung*, Wiesbaden 2002
- Wiese, A. - Hermann, M. - Bühler, J. - Spahlke, E. - Küppers, S. (2008): *Risikoanalyse Von Erneuerbaren Energieportfolios*. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, Jg. 2008, H. 6, 62-64
- Wietschel, M., (2000): *Produktion Und Energie: Planung Und Steuerung Industrieller Energie- Und Stoffströme*. Peter Lang, Frankfurt
- Witt, J. - Kaltschmitt, M. (2003): *Weltweite Nutzung Regenerativer Energien*. In: *Bwk* 55, 64–71.
- Yang, B. – Burns, N. – Backhouse, C. (2004): *Postponement: A Review And An Integrated Framework*, *International Journal Of Operations And Production Management*, 24(5): 468–487.
- Yang, Q. (2011): *Integration Of A Real Option Of An Environmental Project, Industrial And Management Systems Engineering* - Dissertations And Student Research. Paper 18. <http://digitalcommons.unl.edu/imsediss/18>, Letöltve: 2012. 01.15.

ADATBÁZISOK

- AEO, (2008): Annual Energy Outlook 2009, DOE/EIA-0383, March 2009, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/archive/aeo09/>, Letöltve: 2012.01.10.
- AEO, (2011): Annual Energy Outlook 2011 with Projections to 2035, EIA, <http://electricdrive.org/index.php?ht=a/GetDocumentAction/id/27843>, Letöltve: 2012.01.10.
- EERE, (2008): EERE Renewable Energy Data Book. (2008, http://www1.eere.energy.gov/maps_data/pdfs/eere_databook.pdf, Letöltve: 2012.01.10.
- Energia Hivatal adatsorai:
<http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kozuzem-2007-xii-31-ig.html>, Letölve: 2012.10.15
- EIA. (2010): Updated Capital Cost Estimates for Electricity Generation Plants. Washington, DC: EIA. <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/assumptions/pdf/electricity.pdf> Letöltve: 2012.01.10.
- EUROSTAT:
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_results/search_results?mo=containsall&ms=electricity+price&saa=&p_action=SUBMIT&l=us&co=equal&ci=&po=equal&pi=&gisco=exclude Letöltve: 2012.09.25.
- Ibbotson Associates (2011): *Stocks, Bonds Bills And Inflation 2010 Yearbook*, Chicago, 2011
- IEA, (2010): Projected Cost of Generating Electricity, IEA, NEA, OECD, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/projected_costs.pdf, Letöltve: 2012.02.10.
- KSH adatok: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html, letöltve: 2012.01.15.
- Minicam, (2008): Co2 Emissions Mitigation And Technological Advance: An Updated Analysis Of Advanced Technology Scenarios, Pacific Northwest National Laboratory <http://www.pnl.gov/science/pdf/pnnl18075.pdf>, Letöltve: 2012.02.10.
- NREL-SEAC, (2008): ReEDS Model Documentation http://www.nrel.gov/analysis/reeds/pdfs/reeds_documentation.pdf, Letöltve: 2012.02.10.
- Oxera, 2011: Discount rates for low-carbon and renewable generation technologies, Oxera, Ltd., 2011
- POWER SWITCH, (2003): POWER SWITCH! Scenarios and Strategies for Clean Power Development in the Philippines, University of the Philippines Solar Laboratory for the Kabang Kalikasan, http://my1thing.com.ph/download_file/view/85/75/, Letöltve: 2012.02.10.
- PB, (2011): Electricity Generation Cost Model - 2011 Update Revision 1 Department for Energy and Climate Change, http://www.pbworld.com/pdfs/regional/uk_europe/decc_2153-electricity-generation-cost-model-2011.pdf, Letöltve: 2012.02.10.
- Raeng, (2004): The Cost of Generating Electricity A study carried out by PB Power for The Royal Academy of Engineering http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/cost_of_generating_electricity.pdf, Letöltve: 2012.02.10.

- Risto T. - Aija, K. (2008): Comparison Of Electricity Generation Costs, Lappeenranta University Of Technology
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/39685/isbn9789522145888.pdf>, Letöltve: 2012.02.10.
- Stretton S., (2010): A Short Guide To a Secure Future, Cambridge, UK, 2010,
<http://www.stephenstretton.org.uk/c/CompleteBook.pdf>, Letöltve: 2012.02.10.
- Yahoo finance:
<http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC+Historical+Prices;> Letöltve: 2013.01.01.
<http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC&a=00&b=3&c=1927&d=03&e=4&f=2012&g=m> Letöltve: 2012. április 04.

INTERNETES FORRÁSOK

- <http://www.mvmvk.hu/engine.aspx?page=fogalmak> Letöltve: 2012. 07.25
- <http://data.worldbank.org/data-catalog/commodity-price-data>, Letöltve: 2012. 01.15
- <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kozuzem-2007-xii-31-ig.html>,
 Letöltve: 2012.10.15
- http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html, letöltve: 2012.01.15.
- http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html, letöltve: 2012.01.15.
- <http://www.mert.hu/hu/kioto> Letöltve: 2012. május 5
- <http://www.businessdictionary.com/definition/British-thermal-unit-Btu.html> Letöltve: 2012.01.15
- http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe.html Letöltve: 2012.01.15
- <http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC&a=00&b=3&c=1927&d=03&e=4&f=2012&g=m> Letöltve: 2012. április 04-én.
- http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_results/search_results?mo=contains&ms=electricity+price&saa=&p_action=SUBMIT&l=us&co=equal&ci=,&po=equal&pi=,&gisco=exclude Letöltve: 2012.09.25

MELLÉKLETEK

1. számú melléklet KÉRD ÍV Kockázatok az energiaszektorban

KÉRD ÍV

KOCKÁZATOK AZ ENERGIASZEKTORBAN

A Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kara a hazai energiapiaci vállalatok körében azok kockázatkezelési gyakorlatát kívánja felmérni. A kérd ív els sorban az általunk megalkotott kockázati kataszter kockázati csoportjainak, kockázati típusainak rangsorolását kéri a kitölt t 1.

A kitöltéshez szükséges id : 5 perc

Kérjük, írja be az adatait:

Cégnév

Kitölt beosztása

1. Rangsorolja az alábbi kockázati csoportokat! (1-es leginkább fenyegeti kockázat...10-es legkevésbé fenyeget kockázat)

Piaci kockázat (energiaár kockázat, üzemanyagár kockázat, volumen kockázat)

Pénzügyi kockázat (kamatkockázat, átváltási kockázat, részvényár volatilitás)

Hitelkockázat

Likviditási kockázat (eszközlikviditás, finanszírozási likviditás)

Partnerkockázat (partnerek likviditásának kockázata)

M ködési kockázat (technológiai kockázat, IT kockázat, személyzettel kapcsolatos kockázat)

Politikai és szabályozási kockázat

Stratégiai kockázat

Hírnév kockázat (negatív publicitás)

Üzleti kockázat (a m ködés kulcsváltozóinak kockázata)

2. Mennyire tartja az Ön cége fontosnak/fenyeget nek az alábbi kockázati csoportokat?
Energiaár kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Egyáltalán nem Nagyon fontos

3. Üzemanyag-ár kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Egyáltalán nem Nagyon fontos

4. Co2 kibocsátás ára

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Egyáltalán nem Nagyon fontos

5. Volumen kockázat (kereslet kielégítésének kockázata, rendszerstabilitás kockázata)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

6. Kamatkockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

7. Átváltási kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

8. Likviditási kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

9. Az üzleti partnerekkel kapcsolatos kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

10. Technológiai technikai kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

11. IT kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

12. Politikai és szabályozási kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

13. A negatív publicitás kockázata

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

14. Stratégiai kockázat

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Egyáltalán nem Nagyon fontos

15. A fenti kockázati csoportok közül melyek azok, amelyek közvetlen költségtételeket is érintenek, ezáltal az Ön cége által kialakítandó árat is befolyásolják? (több válasz lehetséges)

- Piaci kockázat (villamos-energia-ár kockázat, üzemanyagár kockázat, volumen kockázat)
- Pénzügyi kockázat (kamatkockázat, átváltási kockázat, részvényár volatilitás)

- Hitelkockázat
- Likviditási kockázat (eszközlikviditás, finanszírozási likviditás)
- Partnerkockázat (partnerek likviditásának kockázata)
- M ködési kockázat (technológiai kockázat, IT kockázat, személyzettel kapcsolatos kockázat)
- Politikai és szabályozási kockázat
- Stratégiai kockázat
- Hírnév kockázat (negatív publicitás)
- Üzleti kockázat (a m ködés kulcsváltozóinak kockázata)

16. A vállalkozás beruházás-értékelésével kapcsolatos kérdés.
Az ön vállalata az alábbi beruházás-értékelési módszerek közül melyet használja, alkalmazza? (több válasz lehetséges)

- Megtérülési id
- Nettó jelenértéke
- Bels megtérülési ráta
- LCOE (a villamos-energia el állításának teljes költsége)
- Érzékenységvizsgálat
- Forgatókönyv elemzés
- Szimulációk
- Reálopciók
- Egyéb

17. Ön szerint ezek közül a módszerek közül melyek képesek a kockázatot megfelelő en közelíteni? (több válasz lehetséges)

- Megtérülési id
- Nettó jelenértéke
- Bels megtérülési ráta
- LCOE (a villamos-energia el állításának teljes költsége)
- Érzékenységvizsgálat
- Forgatókönyv elemzés
- Szimulációk
- Reálopciók
- Egyéb

18.

2. számú melléklet Reálopciók az energia-szektorban (irodalom-kutatás)

Tanulmány		Tanulmány kutatási területe
Siegel és tsai	1987	olajipar
Paddock és tsai	1988	olajipar
Ekern	1988	olajipar
Dixit - Pindyck	1994	energiaszektor esettanulmányok
Felder	1995	villamosenergia-termelés
Trigeorgis	1996	energiaszektor esettanulmányok
Ghosh - Ramesh	1997	energiapiac
Hsu	1998	villamosenergia-termelés
Amram - Kulatilaka	1999	energiaszektor esettanulmányok
Fraye - Uludere	2001	villamosenergia-termelés
Deng és tsai	2001	energiapiac
Murto - Nese	2002	villamosenergia-termelési technológia beruházás
Venetsanos és tsai	2002	szélenergia
Sundberg - Sjödin	2003	Beruházási döntés CHP er m
Davis - Owens	2003	megújuló energiaforrás alapú technológiák
Ishii - Yan	2004	Beruházási döntés szabályozási bizonytalanság mellett
Armstrong és tsai	2004	olajipar
Moreira és tsai	2004	villamosenergia-termelés
Hlouskova és tsai	2005	Technológiai beruházás
Näsäkkälä - Fleten	2005	Beruházási döntés gáztüzelés er m
Hlouskova	2005	villamosenergia-termelés
Madlener és tsai	2005	villamosenergia-termelés
Roques - Savva	2006	Beruházási döntés szabályozott piacokon
Rothwell	2006	Beruházási döntés nukleáris er m
Laurikka - Koljonen	2006	szabályozások hatás-vizsgálata
van Benthem és tsai	2006	villamosenergia-termelés
Chorn - Shokhor	2006	szabályozások hatás-vizsgálata
Blyth - Yang	2006	szabályozások hatás-vizsgálata
Deng - Xia	2006	energiapiac
Marreco - Carpio	2006	villamosenergia-termelés
Yu és tsai	2006	szélenergia
Blyth és tsai	2007	Beruházási döntés szabályozott piacokon
Wickart - Madlener	2007	Beruházási döntés energia ellátás
Botterud - Korpas	2007	energiapiac
Kjarland	2007	vízenergia
Siddiqui	2007	megújuló energiaforrás alapú technológiák
Kumbaroglu és tsai	2008	Megújuló technológiák terjedési lehet ségei
Yang és tsai	2008	Beruházási döntés szabályozott piacokon
Prelipcean - Boscoianu	2008	energiapiac
Bockman és tsai	2008	vízenergia
Kumbaroglu és tsai	2008	megújuló energiaforrás alapú technológiák
Siddiqui - Maribu	2009	Beruházási döntés elosztott termelés esetén
Abadie	2009	energiapiac
Bonis és tsai	2009	energiapiac
Fuss és tsai	2009	szabályozások hatás-vizsgálata
Ucal - Kahraman	2009	olajipar
Munoz és tsai	2009	szélenergia
Fleten - Näsäkkälä	2010	Beruházási döntés gáztüzelés er m
Fan - Zhu	2010	olajipar
Siddiqui - Fleten	2010	megújuló energiaforrás alapú technológiák
Lee - Shih	2010	megújuló energiaforrás alapú technológiák
Martinez-Cesena - Mutale	2011	vízenergia
Zhu L.	2012	nukleáris energia
Reuter és tsai	2012	szélenergia
Munoz és tsai	2012	szélenergia
Fuss és tsai	2012	megújuló energia portfólió hatás
Min - Lou	2012	megújuló energia termel k piacra lépés stratégiája
Thomas és tsai	2012	nukleáris energia versus szélenergia beruházás
Asad	2012	napenergia beruházás
Gahungu - Smeers	2012	villamosenergia kapacitás b vítés
Ziegler és tsai	2012	optimális villamosenergia portfóliók

Forrás: Saját szerkesztés

3. számú melléklet A villamosenergia termelési technológiák adatbázisokból elérhető input adatainak minimuma, maximuma, átlag- és szórásértéke (n.é.=nem értelmezhető)

	Technológia	Méret				Kivitelezési idő				Hasznos élettartam				Kapacitás faktor				Beruházási költség			
		Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás
		MW				év				év				%				\$/KW			
1	IGCC	360	550	463	81,5	3	4	4	0,6	30	60	41	14	80	87	82	3	1431	5050	2680	1213
2	Szén (PC)	300	1312	726	440	3	4	4	0,5	25	60	38	13	80	85	83	2	1200	5350	2170	1103
3	K olaj	500	500	500	n.é.	3	3	3	n.é.	30	30	30	0	50	54	52	3	800	1000	883,3	104
4	CCGT	210	1600	725	605	2	3	2	0,3	20	45	29	8	40	87	79	15	500	1300	849,2	263
5	Földgáz CHP	24	850	309	374	3	3	3	n.é.	25	30	26	3	30	50	40	14	411	1094	645,3	389
6	Gáz üzemanyagcella	0,01	0,01	0,01	n.é.	2	2	2	n.é.	25	25	25	n.é.	50	54	52	3	1620	4520	3266	1287
7	Nukleáris LRW	954	1630	1228	315	7	9	8	1,4	30	60	50	13	89	90	90	0	1510	7550	3665	2210
8	Nukleáris fejlett	100	100	100	n.é.	9	10	10	0,7	40	60	48	10	90	90	90	n.é.	3000	3700	3305	358
9	Hydro	0,3	n.é.	4467	7707	4	6	5	1,4	50	60	57	6	34	57	47	9	2000	3226	2393	425
10	Biomassza	10	80	46	35,1	4	4	4	0,0	25	45	35	9	20	90	77	20	1750	4300	2626	865
11	Biomassza/szén CHP	50	75	68,8	12,5	4	4	4	0,0	25	25	25	n.é.	70	70	70	n.é.	2385	2385	2385	n.é.
12	Onshore szél	2	200	63	81	1	3	2	1,0	20	30	24	4	22	47	36	8	1000	2500	1683	476
13	Offshore szél	3	400	131	163	1	3	2	1,2	20	30	23	4	26	45	35	8	1000	30000	6216	n.é.
14	Nap PV	0	20	6	8,21	1	2	2	0,6	20	40	30	6	10	73	29	16	3000	6000	4805	1097
15	Nap termál CSP	1	100	72,2	43,4	1	3	2	1,2	25	30	29	2	18	50	27	9	2000	7000	4413	1580
16	Ár-apály	1	304	228	152	8	8	8	n.é.	50	50	50	n.é.	30	40	36	6	2951	5000	3650	1169
17	Wave	0,1	1000	394	468	3	3	3	n.é.	25	25	25	n.é.	15	40	30	13	4927	4927	4927	n.é.
18	Geotermikus	1	500	148	210	3	4	4	0,7	20	50	32	11	70	95	86	7	1150	10000	3121	2257
19	Szén CCS (retrofit)	255	970	556	299	3	3	3	n.é.	30	30	30	n.é.	50	85	68	25	1000	3400	2600	1386
20	Biomassza/szén CCS	500	500	500	n.é.	3	4	4	0,7	30	30	30	n.é.	50	50	50	n.é.	2500	2500	2500	n.é.
21	Földgáz CCS	500	500	500	n.é.	4	4	4	n.é.	30	30	30	n.é.	80	80	80	n.é.	1101	1450	1334	202
22	Szén CCS (pre)	500	500	500	n.é.	5	5	5	0,4	30	30	30	n.é.	80	80	80	n.é.	2246	3700	3215	839
23	Hidrogén	200	200	200	n.é.	5	5	5	n.é.	30	50	40	14	80	80	80	n.é.	2000	6120	3873	2085

		O&M Fix				O&M változó				Üzemanyag				Hatékonyság				dráta			
		Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás	Min	Max	Átlag	Szórás
	Technológia	\$/KW				\$/MWh				\$/MWh											
1	IGCC	39	59	43	9,0	3	26	8	10	14	24	19	2,1	0,39	0,5	0,43	0,04	10%	10%	10%	0%
2	Szén (PC)	25	37	30	4,8	2	24	7	8	14	21	19	0,8	0,38	0,4	0,41	0,02	10%	10%	10%	0%
3	K olaj	12	12	12	n.é.	2	2	2	n.é.	40	40	40	n.é.	0,25	0,3	0,25	n.é.	10%	10%	10%	0%
4	CCGT	11	15	13	1,6	2	46	10	18	26	58	39	8,2	0,53	0,6	0,56	0,02	6%	9%	8%	2%
5	Földgáz CHP	15	15	15	n.é.	7	7	7	n.é.	44	64	54	n.é.	0,34	0,4	0,38	0,03	10%	10%	10%	0%
6	Gáz üzemanyagcella	5	5	5	n.é.	45	45	45	n.é.	26	44	35	n.é.	0,48	0,5	0,48	n.é.	10%	10%	10%	0%
7	Nukleáris LRW	63	94	83	12,8	0	12	3	5	8	13	11	1,3	0,30	0,4	0,34	0,05	9%	13%	11%	3%
8	Nukleáris fejlett	63	63	63	n.é.	2	2	2	n.é.	0	0	n.é.	n.é.	0,35	1,0	0,68	0,46	9%	13%	11%	3%
9	Hydro	13	13	13	n.é.	3	6	5	2	0	0	0	0,0	1,00	1,0	1,00	0,00	6%	9%	8%	2%
10	Biomassza	37	73	60	13,7	2	42	12	15	18	32	25	5,9	0,24	0,3	0,29	0,07	9%	13%	11%	3%
11	Biomassza/szén CHP	13	13	13	n.é.	6	6	6	n.é.	16	25	21	6,6	0,30	0,3	0,30	n.é.	9%	13%	11%	3%
12	Onshore szél	12	40	25	12,3	0	6	2	3	0	0	0	0,0	1,00	1,0	1,00	0,00	7%	10%	9%	2%
13	Offshore szél	16	89	56	37,4	0	17	4	8	0	0	0	0,0	1,00	1,0	1,00	0,00	10%	14%	12%	3%
14	Nap PV	49	57	53	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0,0	1,00	1,0	1,00	0,00	6%	9%	8%	2%
15	Nap termál CSP	10	58	29	24,6	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,33	0,3	0,33	n.é.	10%	10%	10%	0%
16	Ár-apály	77	77	77	n.é.	0	0	0	n.é.	0	0	0	0,0	1,00	1,0	1,00	0,00	12%	17%	15%	4%
17	Wave	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	0	0	0	n.é.	0	0	0	0,0	1,00	1,0	1,00	0,00	10%	14%	12%	3%
18	Geotermikus	86	n.é.	n.é.	38,9	0	10	2	4	0	0	0	0,0	0,09	0,1	0,09	n.é.	10%	10%	10%	0%
19	Szén CCS (retrofit)	47	69	58	15,9	5	5	5	n.é.	21	24	22	n.é.	0,40	0,4	0,40	n.é.	10%	10%	10%	0%
20	Biomassza/szén CCS	47	47	47	n.é.	5	5	5	n.é.	0	0	n.é.	n.é.	0,26	0,3	0,26	n.é.	10%	10%	10%	0%
21	Földgáz CCS	20	20	20	n.é.	3	50	26	33	17	44	29	6,3	0,35	0,5	0,42	0,09	10%	15%	12%	3%
22	Szén CCS (pre)	47	69	58	15,9	5	33	19	20	29	29	29	n.é.	0,34	0,4	0,35	0,02	12%	17%	15%	4%
23	Hidrogén	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	65	65	65	n.é.	0	0	n.é.	n.é.	0,63	0,6	0,63	n.é.	10%	10%	10%	0%

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA. (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

4. számú melléklet A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 5%-ös t kekölség, átlagos forgatókönyv esetében (n.é.=nem értelmezhet)

	Technológia	CC	O&M FC	O&M VC	ÜA	karbon	0.	KI	HÉ	n	r	CF	EFF	NPV							Átlag költség
	MÉRTÉKEGYSÉG	\$/kw	\$/kw	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh	év	év	év	év	%	%	%	CC	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	TERMELES		
														\$	\$	\$	\$	\$	KWH/KW		\$/kwh
1	IGCC	2680	43	8	19	11	0	4	41	45	5%	82%	43%	-2449	-1441	-4522	-2679	-11090	104 712		10,6
2	Szén (PC)	2170	30	7	19	24	0	4	38	41	5%	83%	41%	-1991	-1179	-4757	-6050	-7926	103 350		7,7
3	K olaj	883	12	2	40	20	0	3	30	33	5%	52%	25%	-820	-270	-9747	-4752	-10837	60 917		17,8
4	CCGT	849	13	10	39	15	0	2	29	31	5%	79%	56%	-805	-1110	-6663	-2539	-8578	95 478		9,0
5	Földgáz CHP	645	15	7	54	15	0	3	26	29	5%	40%	38%	-607	-496	-6450	-1800	-7553	45 200		16,7
6	Gáz üzemanyagcella	3266	5	45	35	12	0	2	25	27	5%	52%	48%	-3108	-2720	-4258	-1470	-10086	58 816		17,1
7	Nukleáris LRW	3665	83	3	11	0	0	8	50	58	5%	90%	34%	-3021	-1268	-3128	-43	-7417	96 885		7,7
8	Nukleáris fejlett	3305	63	2	11	0	0	10	48	57	5%	90%	68%	-2631	-933	-1449	-20	-5013	88 938		5,6
9	Hydro	2393	13	5	0	0	0	4	57	61	5%	47%	100%	-2169	-504	0	-4	-2673	62 912		4,2
10	Biomassza	2626	60	12	25	2	0	4	35	39	5%	77%	29%	-2380	-1916	-7760	-471	-12056	91 020		13,2
11	Biomassza/szén CHP	2385	13	6	21	2	0	4	25	29	5%	70%	30%	-2162	-566	-4931	-358	-7659	71 641		10,7
12	Onshore szél	1683	25	2	0	0	0	1	24	25	5%	36%	100%	-1642	-413	0	-6	-2056	42 416		4,8
13	Offshore szél	6216	56	4	0	0	0	1	23	24	5%	35%	100%	-6063	-899	0	-6	-6963	40 165		17,3
14	Nap PV	4805	53	0	0	1	0	1	30	31	5%	29%	100%	-4687	-785	0	-22	-5473	37 428		14,6
15	Nap termál CSP	4413	29	0	0	1	0	1	29	30	5%	27%	33%	-4305	-423	0	-62	-4728	34 210		13,8
16	Ár-apály	3650	77	0	0	0	0	8	50	58	5%	36%	100%	-3009	-952	0	-12	-3961	39 167		10,1
17	Wave	4927	300	0	0	1	0	3	25	28	5%	30%	100%	-4575	-3685	0	-34	-8260	32 278		25,6
18	Geotermikus	3121	153	2	0	0	0	3	32	35	5%	86%	9%	-2898	-2264	0	-172	-5162	103 173		5,0
19	Szén CCS (retrofit)	2600	58	5	22	0	0	3	30	33	5%	68%	40%	-2414	-1132	-4438	0	-7985	79 076		10,1
20	Biomassza/szén CCS	2500	47	5	n.é.	0	4	30	34	5%	50%	26%	-2293	-867	n.é.	0	n.é.	57 128		n.é.	
21	Földgáz CCS	1334	20	26	29	0	4	30	34	5%	80%	42%	-1209	-2599	-6201	0	-10009	89 148		11,2	
22	Szén CCS (pre)	3215	58	19	29	0	5	30	35	5%	80%	35%	-2862	-2326	-7072	0	-12260	85 867		14,3	
23	Hidrogén	3873	265	65	n.é.	0	5	40	45	5%	80%	63%	-3427	-9680	n.é.	0	n.é.	94 384		n.é.	

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

LCOE									
					% - MEGOSZLÁS				
cc	o&m	üa	karbon	össz	\$/MWh	BK	OM	FK	karbon
23,4	13,8	43,2	25,6	105,9	105,9	0,2	0,1	0,4	0,2
19,3	11,4	46,0	58,5	135,2	135,2	0,1	0,1	0,3	0,4
13,5	4,4	160,0	78,0	255,9	255,9	0,1	0,0	0,6	0,3
8,4	11,6	69,8	26,6	116,4	116,4	0,1	0,1	0,6	0,2
13,4	11,0	142,7	39,8	206,9	206,9	0,1	0,1	0,7	0,2
52,8	46,2	72,4	25,0	196,5	196,5	0,3	0,2	0,4	0,1
31,2	13,1	32,3	0,4	77,0	77,0	0,4	0,2	0,4	0,0
29,6	10,5	16,3	0,2	56,6	56,6	0,5	0,2	0,3	0,0
34,5	8,0	-	0,1	42,6	42,6	0,8	0,2	-	0,0
26,2	21,0	85,3	5,2	137,6	137,6	0,2	0,2	0,6	0,0
30,2	7,9	68,8	5,0	111,9	111,9	0,3	0,1	0,6	0,0
38,7	9,7	-	0,2	48,6	48,6	0,8	0,2	-	0,0
151,0	22,4	-	0,2	173,5	173,5	0,9	0,1	-	0,0
125,2	21,0	-	0,6	146,8	146,8	0,9	0,1	-	0,0
125,8	12,4	-	1,8	140,0	140,0	0,9	0,1	-	0,0
76,8	24,3	-	0,3	101,4	101,4	0,8	0,2	-	0,0
141,7	114,2	-	1,1	257,0	257,0	0,6	0,4	-	0,0
28,1	21,9	-	1,7	51,7	51,7	0,5	0,4	-	0,0
30,5	14,3	56,1	-	101,0	101,0	0,3	0,1	0,6	-
40,1	15,2	n.é.	-	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.
13,6	29,2	69,6	-	112,3	112,3	0,1	0,3	0,6	-
33,3	27,1	82,4	-	142,8	142,8	0,2	0,2	0,6	-
n.é.	n.é.	n.é.	-	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

5. számú melléklet A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 10%-ös t keköltség, átlagos forgatókönyv esetében (n.é.=nem értelmezhet)

Technológia	CC	O&M FC	O&M VC	ÜA	karbon	0.	KI	HÉ	n	r	CF	EFF	NPV	CC	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	TERMELES	Átlag költség
MÉRTÉKEGYSÉG	\$/kw	\$/kw	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh	év	év	év	év	%	%	%	CC	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	KWH/KW	\$/kwh	
1 IGCC	2680	43	8	19	11	0	4	41	45	10%	82%	43%	-2244	-676	-2122	-1257	-6298	49 127	12,8	
2 Szén (PC)	2170	30	7	19	24	0	4	38	41	10%	83%	41%	-1831	-571	-2303	-2929	-4704	50 031	9,4	
3 K olaj	883	12	2	40	20	0	3	30	33	10%	52%	25%	-763	-142	-5131	-2501	-6036	32 066	18,8	
4 CCGT	849	13	10	39	15	0	2	29	31	10%	79%	56%	-764	-613	-3681	-1403	-5057	52 743	9,6	
5 Földgáz CHP	645	15	7	54	15	0	3	26	29	10%	40%	38%	-571	-278	-3612	-1008	-4461	25 312	17,6	
6 Gáz üzemanyagcella	3266	5	45	35	12	0	2	25	27	10%	52%	48%	-2960	-1583	-2478	-856	-7022	34 233	20,5	
7 Nukleáris LRW	3665	83	3	11	0	0	8	50	58	10%	90%	34%	-2523	-460	-1134	-16	-4117	35 138	11,7	
8 Nukleáris fejlett	3305	63	2	11	0	0	10	48	57	10%	90%	68%	-2134	-317	-493	-7	-2943	30 227	9,7	
9 Hydro	2393	13	5	0	0	0	4	57	61	10%	47%	100%	-1972	-219	0	-2	-2191	27 269	8,0	
10 Biomassza	2626	60	12	25	2	0	4	35	39	10%	77%	29%	-2165	-921	-3728	-226	-6814	43 735	15,6	
11 Biomassza/szén CHP	2385	13	6	21	2	0	4	25	29	10%	70%	30%	-1966	-298	-2597	-189	-4861	37 730	12,9	
12 Onshore szél	1683	25	2	0	0	0	1	24	25	10%	36%	100%	-1602	-255	0	-4	-1857	26 164	7,1	
13 Offshore szél	6216	56	4	0	0	0	1	23	24	10%	35%	100%	-5915	-561	0	-4	-6476	25 052	25,9	
14 Nap PV	4805	53	0	0	1	0	1	30	31	10%	29%	100%	-4573	-457	0	-13	-5030	21 774	23,1	
15 Nap termál CSP	4413	29	0	0	1	0	1	29	30	10%	27%	33%	-4200	-248	0	-37	-4448	20 087	22,1	
16 Ár-apály	3650	77	0	0	0	0	8	50	58	10%	36%	100%	-2513	-345	0	-4	-2858	14 205	20,1	
17 Wave	4927	300	0	0	1	0	3	25	28	10%	30%	100%	-4257	-2040	0	-19	-6297	17 871	35,2	
18 Geotermikus	3121	153	2	0	0	0	3	32	35	10%	86%	9%	-2696	-1171	0	-89	-3867	53 366	7,2	
19 Szén CCS (retrofit)	2600	58	5	22	0	3	30	33	10%	68%	40%	40%	-2246	-596	-2336	0	-5178	41 624	12,4	
20 Biomassza/szén CCS	2500	47	5	n.é.	0	4	30	34	10%	50%	26%	26%	-2109	-445	n.é.	0	n.é.	29 329	n.é.	
21 Földgáz CCS	1334	20	26	29	0	4	30	34	10%	80%	42%	42%	-1099	-1301	-3105	0	-5505	44 637	12,3	
22 Szén CCS (pre)	3215	58	19	29	0	5	30	35	10%	80%	35%	35%	-2560	-1122	-3411	0	-7092	41 412	17,1	
23 Hidrogén	3873	265	65	n.é.	0	5	40	45	10%	80%	63%	63%	-3048	-4279	n.é.	0	n.é.	41 727	n.é.	

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

LCOE									
					% - MEGOSZLÁS				
cc	o&m	üa	karbon	össz	\$/MWh	BK	OM	FK	karbon
45,7	13,8	43,2	25,6	128,2	128,2	0,4	0,1	0,3	0,2
36,6	11,4	46,0	58,5	152,6	152,6	0,2	0,1	0,3	0,4
23,8	4,4	160,0	78,0	266,2	266,2	0,1	0,0	0,6	0,3
14,5	11,6	69,8	26,6	122,5	122,5	0,1	0,1	0,6	0,2
22,6	11,0	142,7	39,8	216,1	216,1	0,1	0,1	0,7	0,2
86,5	46,2	72,4	25,0	230,1	230,1	0,4	0,2	0,3	0,1
71,8	13,1	32,3	0,4	117,6	117,6	0,6	0,1	0,3	0,0
70,6	10,5	16,3	0,2	97,6	97,6	0,7	0,1	0,2	0,0
72,3	8,0	-	0,1	80,4	80,4	0,9	0,1	-	0,0
49,5	21,0	85,3	5,2	161,0	161,0	0,3	0,1	0,5	0,0
52,1	7,9	68,8	5,0	133,8	133,8	0,4	0,1	0,5	0,0
61,2	9,7	-	0,2	71,1	71,1	0,9	0,1	-	0,0
236,1	22,4	-	0,2	258,7	258,7	0,9	0,1	-	0,0
210,0	21,0	-	0,6	231,6	231,6	0,9	0,1	-	0,0
209,1	12,4	-	1,8	223,3	223,3	0,9	0,1	-	0,0
176,9	24,3	-	0,3	201,5	201,5	0,9	0,1	-	0,0
238,2	114,2	-	1,1	353,4	353,4	0,7	0,3	-	0,0
50,5	21,9	-	1,7	74,1	74,1	0,7	0,3	-	0,0
54,0	14,3	56,1	-	124,4	124,4	0,4	0,1	0,5	-
71,9	15,2	n.é.	-	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.
24,6	29,2	69,6	-	123,3	123,3	0,2	0,2	0,6	-
61,8	27,1	82,4	-	171,3	171,3	0,4	0,2	0,5	-
n.é.	n.é.	n.é.	-	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.	n.é.

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

6. számú melléklet A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 5%-ös t keköltség, optimista forgatókönyv esetében (n.é.=nem értelmezhet)

Technológia	CC	O&M FC	O&M VC	ÜA	karbon	0.	KI	HÉ	n	r	CF	EFF	NPV							
MÉRTÉKEGYSÉG	\$/kw	\$/kw	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh	év	év	év	év	%	%	%	CC	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	TERMELÉS	Átlag költség	
													\$	\$	\$	\$	\$	KWH/KW	\$c/kwh	
1 IGCC	1431	39	3	14	11	0	4	41	45	5%	80%	39%	-1307	-859	-3630	-2873	-8669	101 847	8,51	
2 Szén (PC)	1200	25	2	14	24	0	4	38	41	5%	80%	38%	-1101	-532	-3696	-6291	11620	99 615	11,67	
3 K olaj	800	12	2	40	20	0	3	30	33	5%	50%	25%	-743	-265	-9372	-4569	14949	58 574	25,52	
4 CCGT	500	11	2	26	15	0	2	29	31	5%	40%	53%	-474	-253	-2372	-1368	-4466	48 343	9,24	
5 Földgáz CHP	411	15	7	44	15	0	3	26	29	5%	30%	34%	-386	-421	-4337	-1496	-6640	33 900	19,59	
6 Gáz üzemanyagcella	1620	5	45	26	12	0	2	25	27	5%	50%	48%	-1542	-2618	-3063	-1414	-8637	56 554	15,27	
7 Nukleáris LRW	1510	63	0	8	0	0	8	50	58	5%	89%	30%	-1245	-814	-2622	-48	-4729	95 942	4,93	
8 Nukleáris fejlett	3000	63	2	0	0	0		48	57	5%	90%	35%	-2388	-933	0	-38	-3359	88 938	3,78	
9 Hydro	2000	13	3	0	0	0	4	57	61	5%	34%	100%	-1813	-354	0	-3	-2169	45 902	4,73	
10 Biomassza	1750	37	2	18	2	0	4	35	39	5%	20%	24%	-1586	-545	-1728	-148	-4007	23 703	16,91	
11 Biomassza/szén CHP	2385	13	6	16	2	0	4	25	29	5%	70%	30%	-2162	-566	-3821	-358	-6907	71 641	9,64	
12 Onshore szél	1000	12	0	0	0	0	1	24	25	5%	22%	100%	-975	-160	0	-4	-1140	25 778	4,42	
13 Offshore szél	1000	16	0	0	0	0	1	23	24	5%	26%	100%	-975	-205	0	-4	-1185	29 837	3,97	
14 Nap PV	3000	49	0	0	1	0	1	30	31	5%	10%	100%	-2926	-721	0	-8	-3655	12 947	28,23	
15 Nap termál CSP	2000	10	0	0	1	0	1	29	30	5%	18%	33%	-1951	-144	0	-42	-2137	22 961	9,31	
16 Ár-apály	2951	77	0	0	0	0	8	50	58	5%	30%	100%	-2432	-952	0	-10	-3394	32 340	10,50	
17 Wave	4927	300	0	0	1	0	3	25	28	5%	15%	100%	-4575	-3685	0	-17	-8277	16 139	51,29	
18 Geotermikus	1150	86	0	0	0	0	3	32	35	5%	70%	9%	-1068	-1184	0	-140	-2392	84 246	2,84	
19 Szén CCS (retrofit)	1000	47	5	21		0	3	30	33	5%	50%	40%	-929	-889	-3075	0	-4893	58 574	8,35	
20 Biomassza/szén CCS	2500	47	5	0		0	3	30	33	5%	50%	26%	-2322	-889	0	0	-3211	58 574	5,48	
21 Földgáz CCS	1101	20	3	17		0	4	30	34	5%	80%	35%	-997	-522	-4356	0	-5875	89 148	6,59	
22 Szén CCS (pre)	2246	47	5	29		0	5	30	35	5%	80%	34%	-2012	-972	-7442	0	10425	86 947	11,99	
23 Hidrogén	2000	265	65	0		0	5	40	45	5%	80%	63%	-1770	-9680	0	0	11449	94 384	12,13	

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA. (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

LCOE									
					% - MEGOSZLÁS				
cc	o&m	üa	karbon	össz	\$/MWh	BK	OM	FK	karbon
12,838	8,44	35,64	28,21	85,12	85,12	15%	10%	42%	33%
11,051	5,34	37,11	63,16	116,65	116,65	9%	5%	32%	54%
12,683	4,53	160,00	78,00	255,21	255,21	5%	2%	63%	31%
9,802	5,22	49,06	28,30	92,39	92,39	11%	6%	53%	31%
11,397	12,41	127,94	44,12	195,86	195,86	6%	6%	65%	23%
27,259	46,29	54,17	25,00	152,72	152,72	18%	30%	35%	16%
12,972	8,48	27,33	0,50	49,29	49,29	26%	17%	55%	1%
26,851	10,49		,43	37,77	37,77	71%	28%	0%	1%
39,491	7,71	-	0,06	47,26	47,26	84%	16%	0%	0%
66,916	22,99	72,92	6,25	169,07	169,07	40%	14%	43%	4%
30,173	7,90	53,33	5,00	96,41	96,41	31%	8%	55%	5%
37,839	6,22	-	0,15	44,21	44,21	86%	14%	0%	0%
32,691	6,86	-	0,15	39,70	39,70	82%	17%	0%	0%
226,017	55,70	-	0,60	282,31	282,31	80%	20%	0%	0%
84,961	6,29	-	1,82	93,07	93,07	91%	7%	0%	2%
75,208	29,45	-	0,30	104,96	104,96	72%	28%	0%	0%
283,495	228,31	-	1,05	512,86	512,86	55%	45%	0%	0%
12,676	14,06	-	1,67	28,40	28,40	45%	49%	0%	6%
15,854	15,18	52,50	-	83,54	83,54	19%	18%	63%	0%
39,634	15,18	-	-	54,82	54,82	72%	28%	0%	0%
11,189	5,85	48,86	-	65,90	65,90	17%	9%	74%	0%
23,137	11,18	85,59	-	119,90	119,90	19%	9%	71%	0%
18,749	102,56	-	-	121,31	121,31	15%	85%	0%	0%

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

7. számú melléklet A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 10%-ös t keköltség, optimista forgatókönyv esetében (n.é.=nem értelmezhet)

	Technológia	CC	O&M FC	O&M VC	ÜA	karbon	0.	KI	HÉ	n	r	CF	EFF	NPV						TERMEELÉS	Átlag költség
		MÉRTÉKEGYSÉG	\$/kw	\$/kw	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh	év	év	év	év	%	%	%	CC	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	KWH/KW	\$/kwh
1	IGCC	1431	39	3	14	11	0	4	41	45	10%	80%	39%	-1198	-403	-1703	-1348	-4652	47 783	9,74	
2	Szén (PC)	1200	25	2	14	24	0	4	38	41	10%	80%	38%	-1012	-257	-1789	-3046	-6105	48 223	12,66	
3	K olaj	800	12	2	40	20	0	3	30	33	10%	50%	25%	-691	-140	-4933	-2405	-8169	30 832	26,49	
4	CCGT	500	11	2	26	15	0	2	29	31	10%	40%	53%	-450	-140	-1310	-756	-2655	26 705	9,94	
5	Földgáz CHP	411	15	7	44	15	0	3	26	29	10%	30%	34%	-364	-236	-2429	-838	-3866	18 984	20,36	
6	Gáz üzemanyagcella	1620	5	45	26	12	0	2	25	27	10%	50%	48%	-1468	-1524	-1783	-823	-5598	32 917	17,01	
7	Nukleáris LRW	1510	63	0	8	0	0	8	50	58	10%	89%	30%	-1039	-295	-951	-17	-2303	34 795	6,62	
8	Nukleáris fejlett	3000	63	2	0	0	0		48	57	10%	90%	35%	-1937	-317	0	-13	-2267	30 227	7,50	
9	Hydro	2000	13	3	0	0	0	4	57	61	10%	34%	100%	-1648	-153	0	-1	-1803	19 896	9,06	
10	Biomassza	1750	37	2	18	2	0	4	35	39	10%	20%	24%	-1442	-262	-830	-71	-2606	11 389	22,88	
11	Biomassza/szén CHP	2385	13	6	16	2	0	4	25	29	10%	70%	30%	-1966	-298	-2012	-189	-4465	37 730	11,83	
12	Onshore szél	1000	12	0	0	0	0	1	24	25	10%	22%	100%	-952	-99	0	-2	-1053	15 901	6,62	
13	Offshore szél	1000	16	0	0	0	0	1	23	24	10%	26%	100%	-952	-128	0	-3	-1082	18 610	5,81	
14	Nap PV	3000	49	0	0	1	0	1	30	31	10%	10%	100%	-2855	-419	0	-5	-3279	7 532	43,53	
15	Nap termál CSP	2000	10	0	0	1	0	1	29	30	10%	18%	33%	-1903	-85	0	-25	-2013	13 482	14,93	
16	Ár-ápály	2951	77	0	0	0	0	8	50	58	10%	30%	100%	-2031	-345	0	-4	-2380	11 729	20,29	
17	Wave	4927	300	0	0	1	0	3	25	28	10%	15%	100%	-4257	-2040	0	-9	-6306	8 935	70,57	
18	Geotermikus	1150	86	0	0	0	0	3	32	35	10%	70%	9%	-994	-612	0	-73	-1679	43 575	3,85	
19	Szén CCS (retrofit)	1000	47	5	21		0	3	30	33	10%	50%	40%	-864	-468	-1619	0	-2951	30 832	9,57	
20	Biomassza/szén CCS	2500	47	5	0		0	3	30	33	10%	50%	26%	-2160	-468	0	0	-2628	30 832	8,52	
21	Földgáz CCS	1101	20	3	17		0	4	30	34	10%	80%	35%	-907	-261	-2181	0	-3349	44 637	7,50	
22	Szén CCS (pre)	2246	47	5	29		0	5	30	35	10%	80%	34%	-1809	-475	-3634	0	-5918	42 460	13,94	
23	Hidrogén	2000	265	65	0		0	5	40	45	10%	80%	63%	-1574	-4279	0	0	-5853	41 727	14,03	

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

LCOE									
					% - MEGOSZLÁS				
cc	o&m	üa	karbon	össz	\$/MWh	BK	OM	FK	karbon
25,071	8,44	35,64	28,21	97,36	97,36	26%	9%	37%	29%
20,996	5,34	37,11	63,16	126,60	126,60	17%	4%	29%	50%
22,416	4,53	160,00	78,00	264,94	264,94	8%	2%	60%	29%
16,833	5,22	49,06	28,30	99,42	99,42	17%	5%	49%	28%
19,155	12,41	127,94	44,12	203,62	203,62	9%	6%	63%	22%
44,606	46,29	54,17	25,00	170,07	170,07	26%	27%	32%	15%
29,871	8,48	27,33	0,50	66,19	66,19	45%	13%	41%	1%
64,069	10,49	-	0,43	74,98	74,98	85%	14%	0%	1%
82,852	7,71	-	0,06	90,62	90,62	91%	9%	0%	0%
126,640	22,99	72,92	6,25	228,79	228,79	55%	10%	32%	3%
52,100	7,90	53,33	5,00	118,34	118,34	44%	7%	45%	4%
59,848	6,22	-	0,15	66,21	66,21	90%	9%	0%	0%
51,135	6,86	-	0,15	58,15	58,15	88%	12%	0%	0%
379,046	55,70	-	0,60	435,34	435,34	87%	13%	0%	0%
141,165	6,29	-	1,82	149,27	149,27	95%	4%	0%	1%
173,188	29,45	-	0,30	202,94	202,94	85%	15%	0%	0%
476,383	228,31	-	1,05	705,74	705,74	68%	32%	0%	0%
22,800	14,06	-	1,67	38,52	38,52	59%	36%	0%	4%
28,021	15,18	52,50	-	95,71	95,71	29%	16%	55%	0%
70,051	15,18	-	-	85,24	85,24	82%	18%	0%	0%
20,320	5,85	48,86	-	75,03	75,03	27%	8%	65%	0%
42,605	11,18	85,59	-	139,37	139,37	31%	8%	61%	0%
37,718	102,56	-	-	140,28	140,28	27%	73%	0%	0%

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

8. számú melléklet A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 5%-ös t keköltség, pesszimista forgatókönyv esetében

Technológia	CC	O&M FC	O&M VC	ÜA	karbon	0.	KI	HÉ	n	r	CF	EFF	NPV	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	TERMELÉS	Átlag költség
MÉRTÉKEGYSÉG	\$/kw	\$/kw	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh	év	év	év	év	%	%	%	CC	\$/	\$/	\$/	\$/	KWH/KW	\$/kwh
1 IGCC	5050	59	26	24	11	0	4	41	45	5%	87%	48%	-4614	-3707	-5446	-2538	-16305	110 759	14,72
2 Szén (PC)	5350	37	24	21	24	0	4	38	41	5%	85%	44%	-4908	-3095	-5051	-5773	-13054	105 841	12,33
3 K olaj	1000	12	2	40	20	0	3	30	33	5%	54%	25%	-929	-274	n.é.	-4934	-11324	63 260	17,90
4 CCGT	1300	15	46	58	15	0	2	29	31	5%	87%	58%	-1232	-5002	n.é.	-2719	-16748	105 146	15,93
5 Földgáz CHP	1094	15	7	64	15	0	3	26	29	5%	50%	40%	-1028	-572	-9040	-2119	-10640	56 500	18,83
6 Gáz üzemanyagcella	4520	5	45	44	12	0	2	25	27	5%	54%	48%	-4301	-2822	-5535	-1527	-12659	61 079	20,73
7 Nukleáris LRW	7550	94	12	13	0	0	8	50	58	5%	90%	37%	-6223	-2289	-3409	-39	-11921	97 020	12,29
8 Nukleáris fejlett	3700	63	2	0	0	0		48	57	5%	90%	100%	-2945	-933	0	-13	-3878	88 938	4,36
9 Hydro	3226	13	6	0	0	0	5	57	62	5%	57%	100%	-2854	-654	0	-4	-3508	73 200	4,79
10 Biomassza	4300	73	42	32	2	0	4	35	39	5%	90%	34%	-3897	-5499	n.é.	-471	-19435	106 664	18,22
11 Biomassza/szén CHP	2385	13	6	25	2	0	4	25	29	5%	70%	30%	-2162	-566	-6042	-358	-8770	71 641	12,24
12 Onshore szél	2500	40	6	0	0	0	2	24	26	5%	47%	100%	-2379	-819	0	-8	-3198	52 385	6,10
13 Offshore szél	n.é.	89	17	0	0	0	2	23	26	5%	45%	100%	n.é.	-1902	0	-7	-30218	48 311	62,55
14 Nap PV	6000	57	0	0	1	0	2	30	32	5%	73%	100%	-5757	-822	0	-55	-6579	91 414	7,20
15 Nap termál CSP	7000	58	0	0	1	0	2	29	31	5%	50%	33%	-6607	-795	0	-108	-7403	59 668	12,41
16 Ár-apály	5000	77	0	0	0	0	8	50	58	5%	40%	100%	-4121	-952	0	-13	-5073	43 120	11,77
17 Wave	4927	300	0	0	1	0	3	25	28	5%	40%	100%	-4575	-3685	0	-45	-8260	43 037	19,19
18 Geotermikus	n.é.	184	10	0	0	0	4	32	36	5%	95%	9%	-9174	-3529	0	-186	-12703	111 510	11,39
19 Szén CCS (retrofit)	3400	69	5	24		0	3	30	33	5%	85%	40%	-3157	-1375	-5950	0	-10482	99 577	10,53
20 Biomassza/szén CCS	2500	47	5	0		0	4	30	34	5%	50%	26%	-2293	-867	0	0	-3161	57 128	5,53
21 Földgáz CCS	1450	20	50	44		0	4	30	34	5%	80%	48%	-1314	-4676	-8079	0	-14069	89 148	15,78
22 Szén CCS (pre)	3700	69	33	29		0	5	30	35	5%	80%	37%	-3293	-3691	-6753	0	-13738	85 867	16,00
23 Hidrogén	6120	265	65	0		0	5	40	45	5%	80%	63%	-5415	-9680	0	0	-15095	94 384	15,99

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

LCOE									
					% - MEGOSZLÁS				
cc	o&m	üa	karbon	össz	\$/MWh	BK	OM	FK	karbon
41,659	33,47	49,17	22,92	147,21	147,21	28%	23%	33%	16%
46,372	29,24	47,73	54,55	177,88	177,88	26%	16%	27%	31%
14,679	4,33	160,00	78,00	257,01	257,01	6%	2%	62%	30%
11,718	47,57	100,00	25,86	185,15	185,15	6%	26%	54%	14%
18,202	10,12	160,00	37,50	225,83	225,83	8%	4%	71%	17%
70,423	46,20	90,63	25,00	232,25	232,25	30%	20%	39%	11%
64,138	23,59	35,14	0,41	123,27	123,27	52%	19%	29%	0%
33,117	10,49	-	0,15	43,75	43,75	76%	24%	0%	0%
38,992	8,93	-	0,06	47,98	47,98	81%	19%	0%	0%
36,538	51,55	94,12	4,41	186,62	186,62	20%	28%	50%	2%
30,173	7,90	84,33	5,00	127,41	127,41	24%	6%	66%	4%
45,415	15,63	-	0,15	61,19	61,19	74%	26%	0%	0%
586,124	39,37	-	0,15	625,64	625,64	94%	6%	0%	0%
62,975	8,99	-	0,60	72,57	72,57	87%	12%	0%	1%
110,731	13,33	-	1,82	125,88	125,88	88%	11%	0%	1%
95,570	22,09	-	0,30	117,96	117,96	81%	19%	0%	0%
106,311	85,62	-	1,05	192,98	192,98	55%	44%	0%	1%
82,269	31,65	-	1,67	115,59	115,59	71%	27%	0%	1%
31,707	13,81	59,75	-	105,26	105,26	30%	13%	57%	0%
40,146	15,18	-	-	55,33	55,33	73%	27%	0%	0%
14,742	52,45	90,63	-	157,82	157,82	9%	33%	57%	0%
38,355	42,99	78,65	-	159,99	159,99	24%	27%	49%	0%
57,372	102,56	-	-	159,93	159,93	36%	64%	0%	0%

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

9. számú melléklet A teljes életciklus költség számítás eredményei és részeredményei 10%-ös t keköltség, pesszimista forgatókönyv esetében

Technológia	CC	O&M FC	O&M VC	ÜA	karbon	0.	KI	HÉ	n	r	CF	EFF	NPV	O&M	ÜA	karbon	ÖSSZ	TERMELES	Átlag költség	
MÉRTÉKEGYSÉG	\$/kw	\$/kw	\$/MWh	\$/MWh	\$/MWh	év	év	év	év	%	%	%	CC	\$	\$	\$	\$	KWH/KW	\$/kwh	
1	IGCC	5050	59	26	24	11	0	4	41	45	10%	87%	48%	-4228	-1739	-2555	-1191	-9713	51 964	18,69
2	Szén (PC)	5350	37	24	21	24	0	4	38	41	10%	85%	44%	-4514	-1498	-2445	-2795	-11252	51 237	21,96
3	K olaj	1000	12	2	40	20	0	3	30	33	10%	54%	25%	-864	-144	-5328	-2597	-8933	33 299	26,83
4	CCGT	1300	15	46	58	15	0	2	29	31	10%	87%	58%	-1169	-2763	-5808	-1502	-11242	58 084	19,36
5	Földgáz CHP	1094	15	7	64	15	0	3	26	29	10%	50%	40%	-968	-320	-5062	-1187	-7537	31 640	23,82
6	Gáz üzemanyagcella	4520	5	45	44	12	0	2	25	27	10%	54%	48%	-4097	-1643	-3222	-889	-9850	35 550	27,71
7	Nukleáris LRW	7550	94	12	13	0	0	8	50	58	10%	90%	37%	-5197	-830	-1236	-14	-7278	35 186	20,68
8	Nukleáris fejlett	3700	63	2	0	0	0	48	57	10%	90%	100%	-2388	-317	0	-5	-2710	30 227	8,97	
9	Hydro	3226	13	6	0	0	0	5	57	62	10%	57%	100%	-2539	-270	0	-2	-2810	30 181	9,31
10	Biomassza	4300	73	42	32	2	0	4	35	39	10%	90%	34%	-3544	-2642	-4824	-226	-11236	51 252	21,92
11	Biomassza/szén CHP	2385	13	6	25	2	0	4	25	29	10%	70%	30%	-1966	-298	-3182	-189	-5634	37 730	14,93
12	Onshore szél	2500	40	6	0	0	0	2	24	26	10%	47%	100%	-2266	-480	0	-5	-2751	30 737	8,95
13	Offshore szél	n.é.	89	17	0	0	0	2	23	26	10%	45%	100%	n.é.	-1110	0	-4	-27871	28 189	98,87
14	Nap PV	6000	57	0	0	1	0	2	30	32	10%	73%	100%	-5527	-462	0	-31	-6020	51 436	11,70
15	Nap termál CSP	7000	58	0	0	1	0	2	29	31	10%	50%	33%	-6243	-437	0	-60	-6740	32 776	20,56
16	Ár-ápály	5000	77	0	0	0	0	8	50	58	10%	40%	100%	-3442	-345	0	-5	-3792	15 638	24,25
17	Wave	4927	300	0	0	1	0	3	25	28	10%	40%	100%	-4257	-2040	0	-25	-6322	23 827	26,53
18	Geotermikus	n.é.	184	10	0	0	0	4	32	36	10%	95%	9%	-8437	-1780	0	-94	-10312	56 254	18,33
19	Szén CCS (retrofit)	3400	69	5	24	0	0	3	30	33	10%	85%	40%	-2937	-724	-3132	0	-6793	52 415	12,96
20	Biomassza/szén CCS	2500	47	5	0	0	0	4	30	34	10%	50%	26%	-2109	-445	0	0	-2555	29 329	8,71
21	Földgáz CCS	1450	20	50	44	0	0	4	30	34	10%	80%	48%	-1195	-2341	-4045	0	-7582	44 637	16,99
22	Szén CCS (pre)	3700	69	33	29	0	0	5	30	35	10%	80%	37%	-2945	-1780	-3257	0	-7983	41 412	19,28
23	Hidrogén	6120	265	65	0	0	0	5	40	45	10%	80%	63%	-4816	-4279	0	0	-9095	41 727	21,80

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

LCOE									
						% - MEGOSZLÁS			
cc	o&m	üa	karbon	össz	\$/MWh	BK	OM	FK	karbon
81,357	33,47	49,17	22,92	186,91	186,91	44%	18%	26%	12%
88,101	29,24	47,73	54,55	219,61	219,61	40%	13%	22%	25%
25,945	4,33	160,00	78,00	268,28	268,28	10%	2%	60%	29%
20,123	47,57	100,00	25,86	193,55	193,55	10%	25%	52%	13%
30,593	10,12	160,00	37,50	238,22	238,22	13%	4%	67%	16%
115,237	46,20	90,63	25,00	277,07	277,07	42%	17%	33%	9%
147,698	23,59	35,14	0,41	206,83	206,83	71%	11%	17%	0%
79,019	10,49	-	0,15	89,65	89,65	88%	12%	0%	0%
84,111	8,93	-	0,06	93,10	93,10	90%	10%	0%	0%
69,149	51,55	94,12	4,41	219,23	219,23	32%	24%	43%	2%
52,100	7,90	84,33	5,00	149,34	149,34	35%	5%	56%	3%
73,718	15,63	-	0,15	89,49	89,49	82%	17%	0%	0%
949,196	39,37	-	0,15	988,72	988,72	96%	4%	0%	0%
107,448	8,99	-	0,60	117,04	117,04	92%	8%	0%	1%
190,483	13,33	-	1,82	205,63	205,63	93%	6%	0%	1%
220,080	22,09	-	0,30	242,47	242,47	91%	9%	0%	0%
178,644	85,62	-	1,05	265,31	265,31	67%	32%	0%	0%
149,990	31,65	-	1,67	183,31	183,31	82%	17%	0%	1%
56,041	13,81	59,75	-	129,60	129,60	43%	11%	46%	0%
71,922	15,18	-	-	87,11	87,11	83%	17%	0%	0%
26,773	52,45	90,63	-	169,85	169,85	16%	31%	53%	0%
71,122	42,99	78,65	-	192,76	192,76	37%	22%	41%	0%
115,418	102,56	-	-	217,97	217,97	53%	47%	0%	0%

Forrás: Saját számítás a következő adatbázisok alapján: AEO, (2008); AEO, (2011); EERE, (2008); EIA, (2010); IEA, (2010); Minicam, (2008); NREL-SEAC, (2008); Oxera, (2011); POWER SWITCH, (2003); PB, (2011); Raeng, (2004); Risto T. - Aija, K. (2008); Stretton S., (2010)

10. számú melléklet
összefoglaló táblázata

A MATLAB portfólió-súly szimuláció, a portfólió várható érték, valamint a portfólió szórás értékek

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,09	0,14
0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,19	0,33
0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,10	0,24
0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,12	0,14
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,16	0,12
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,07	0,11
0,17	0,01	0,31	0,42	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,02	1,00	0,11	0,08
0,04	0,01	0,03	0,06	0,00	0,00	0,29	0,27	0,26	0,05	1,00	0,16	0,02
0,14	0,00	0,01	0,05	0,07	0,15	0,01	0,38	0,12	0,08	1,00	0,17	0,05
0,22	0,14	0,02	0,05	0,08	0,11	0,06	0,13	0,08	0,10	1,00	0,14	0,07
0,02	0,04	0,11	0,06	0,13	0,14	0,14	0,04	0,07	0,26	1,00	0,11	0,05
0,36	0,17	0,10	0,16	0,05	0,01	0,03	0,06	0,04	0,04	1,00	0,12	0,08
0,04	0,02	0,07	0,04	0,11	0,10	0,31	0,08	0,15	0,07	1,00	0,12	0,04
0,20	0,02	0,03	0,25	0,02	0,16	0,24	0,04	0,01	0,02	1,00	0,11	0,06
0,04	0,09	0,10	0,07	0,08	0,01	0,40	0,03	0,09	0,09	1,00	0,11	0,05
0,05	0,01	0,01	0,00	0,32	0,25	0,00	0,29	0,05	0,01	1,00	0,16	0,07
0,21	0,01	0,42	0,12	0,15	0,00	0,02	0,02	0,01	0,03	1,00	0,10	0,10
0,02	0,12	0,03	0,04	0,13	0,11	0,01	0,35	0,04	0,16	1,00	0,16	0,05
0,01	0,10	0,16	0,03	0,16	0,02	0,01	0,08	0,09	0,34	1,00	0,12	0,07
0,11	0,00	0,05	0,19	0,08	0,04	0,35	0,09	0,02	0,06	1,00	0,11	0,05
0,13	0,10	0,06	0,25	0,08	0,13	0,07	0,02	0,09	0,06	1,00	0,13	0,07
0,28	0,01	0,19	0,11	0,05	0,03	0,21	0,08	0,00	0,04	1,00	0,10	0,06
0,21	0,26	0,06	0,07	0,06	0,15	0,08	0,01	0,02	0,07	1,00	0,13	0,11
0,01	0,17	0,12	0,00	0,17	0,07	0,09	0,19	0,12	0,06	1,00	0,15	0,07
0,16	0,05	0,18	0,01	0,15	0,24	0,08	0,03	0,10	0,00	1,00	0,13	0,08
0,09	0,12	0,15	0,00	0,16	0,10	0,16	0,14	0,09	0,00	1,00	0,14	0,07
0,01	0,07	0,06	0,29	0,06	0,01	0,09	0,10	0,26	0,05	1,00	0,15	0,05
0,00	0,09	0,20	0,10	0,13	0,07	0,11	0,16	0,02	0,12	1,00	0,13	0,07
0,07	0,05	0,02	0,15	0,05	0,10	0,15	0,13	0,06	0,22	1,00	0,12	0,05
0,00	0,01	0,29	0,25	0,00	0,06	0,05	0,11	0,05	0,19	1,00	0,12	0,07
0,03	0,30	0,10	0,05	0,20	0,09	0,14	0,03	0,06	0,00	1,00	0,14	0,10
0,01	0,07	0,33	0,11	0,22	0,00	0,08	0,02	0,06	0,10	1,00	0,11	0,09
0,25	0,00	0,05	0,20	0,10	0,01	0,07	0,06	0,09	0,18	1,00	0,11	0,05
0,15	0,14	0,07	0,06	0,10	0,01	0,13	0,05	0,14	0,15	1,00	0,13	0,06
0,10	0,02	0,06	0,05	0,14	0,22	0,04	0,00	0,22	0,16	1,00	0,13	0,06
0,41	0,02	0,06	0,07	0,01	0,08	0,05	0,03	0,22	0,06	1,00	0,13	0,07
0,09	0,02	0,06	0,27	0,06	0,23	0,12	0,08	0,02	0,05	1,00	0,13	0,07
0,02	0,18	0,05	0,01	0,19	0,04	0,21	0,08	0,03	0,20	1,00	0,12	0,07
0,03	0,07	0,02	0,08	0,14	0,07	0,12	0,39	0,07	0,01	1,00	0,17	0,04
0,08	0,05	0,06	0,16	0,04	0,20	0,03	0,16	0,19	0,03	1,00	0,16	0,05
0,11	0,15	0,04	0,11	0,11	0,01	0,07	0,18	0,13	0,08	1,00	0,15	0,06
0,02	0,07	0,18	0,13	0,02	0,01	0,10	0,17	0,08	0,22	1,00	0,13	0,05
0,01	0,11	0,13	0,26	0,08	0,04	0,01	0,02	0,27	0,07	1,00	0,15	0,06
0,06	0,07	0,28	0,04	0,05	0,11	0,07	0,18	0,11	0,02	1,00	0,14	0,08

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,23	0,09	0,00	0,05	0,13	0,01	0,23	0,15	0,09	0,02	1,00	0,13	0,05
0,02	0,25	0,07	0,03	0,01	0,02	0,15	0,01	0,14	0,30	1,00	0,13	0,09
0,11	0,03	0,01	0,00	0,05	0,00	0,08	0,29	0,11	0,31	1,00	0,14	0,04
0,01	0,08	0,22	0,19	0,13	0,14	0,01	0,03	0,10	0,09	1,00	0,13	0,07
0,05	0,06	0,11	0,02	0,13	0,01	0,09	0,04	0,13	0,36	1,00	0,11	0,05
0,02	0,24	0,15	0,19	0,11	0,01	0,12	0,06	0,00	0,10	1,00	0,12	0,09
0,18	0,10	0,32	0,03	0,00	0,03	0,03	0,16	0,09	0,05	1,00	0,14	0,09
0,06	0,02	0,02	0,09	0,06	0,03	0,04	0,17	0,33	0,17	1,00	0,16	0,04
0,19	0,10	0,08	0,00	0,04	0,00	0,36	0,06	0,01	0,16	1,00	0,10	0,05
0,00	0,01	0,16	0,03	0,17	0,21	0,11	0,10	0,09	0,12	1,00	0,13	0,06
0,11	0,03	0,01	0,24	0,13	0,05	0,02	0,02	0,06	0,33	1,00	0,11	0,07
0,04	0,01	0,24	0,09	0,12	0,07	0,10	0,00	0,18	0,14	1,00	0,12	0,07
0,01	0,06	0,12	0,14	0,06	0,04	0,04	0,01	0,41	0,11	1,00	0,16	0,05
0,27	0,02	0,01	0,03	0,22	0,28	0,00	0,09	0,01	0,06	1,00	0,13	0,09
0,09	0,26	0,03	0,09	0,14	0,12	0,08	0,10	0,04	0,05	1,00	0,14	0,09
0,35	0,18	0,05	0,02	0,01	0,03	0,07	0,01	0,10	0,19	1,00	0,12	0,09
0,13	0,11	0,04	0,11	0,02	0,25	0,02	0,01	0,26	0,07	1,00	0,15	0,07
0,04	0,03	0,30	0,11	0,02	0,08	0,03	0,31	0,07	0,00	1,00	0,16	0,07
0,15	0,27	0,03	0,08	0,01	0,11	0,21	0,06	0,01	0,07	1,00	0,13	0,10
0,14	0,09	0,11	0,31	0,07	0,02	0,07	0,15	0,01	0,03	1,00	0,13	0,06
0,05	0,10	0,11	0,23	0,11	0,00	0,14	0,07	0,14	0,06	1,00	0,13	0,05
0,17	0,15	0,25	0,04	0,02	0,03	0,03	0,24	0,07	0,02	1,00	0,15	0,08
0,01	0,08	0,11	0,17	0,03	0,05	0,39	0,07	0,07	0,02	1,00	0,12	0,05
0,02	0,07	0,24	0,07	0,04	0,11	0,20	0,17	0,00	0,09	1,00	0,12	0,07
0,04	0,10	0,04	0,01	0,08	0,09	0,08	0,53	0,01	0,02	1,00	0,18	0,05
0,02	0,06	0,06	0,14	0,03	0,03	0,02	0,51	0,09	0,04	1,00	0,19	0,04
0,14	0,01	0,01	0,01	0,22	0,25	0,08	0,07	0,05	0,16	1,00	0,12	0,07
0,10	0,11	0,22	0,26	0,06	0,12	0,00	0,03	0,06	0,04	1,00	0,13	0,08
0,00	0,09	0,01	0,01	0,02	0,34	0,11	0,14	0,05	0,22	1,00	0,14	0,06
0,10	0,02	0,14	0,36	0,00	0,05	0,15	0,09	0,03	0,06	1,00	0,12	0,06
0,11	0,07	0,23	0,03	0,03	0,10	0,04	0,12	0,04	0,25	1,00	0,12	0,07
0,06	0,03	0,16	0,24	0,09	0,07	0,02	0,18	0,01	0,13	1,00	0,13	0,06
0,14	0,12	0,00	0,25	0,02	0,09	0,16	0,02	0,09	0,11	1,00	0,12	0,06
0,03	0,13	0,00	0,08	0,03	0,05	0,21	0,02	0,02	0,42	1,00	0,10	0,07
0,06	0,16	0,04	0,09	0,03	0,08	0,06	0,19	0,13	0,15	1,00	0,15	0,06
0,03	0,00	0,08	0,02	0,00	0,07	0,04	0,15	0,12	0,47	1,00	0,13	0,06
0,03	0,14	0,02	0,00	0,10	0,14	0,40	0,01	0,05	0,11	1,00	0,11	0,06
0,00	0,03	0,04	0,07	0,01	0,29	0,08	0,12	0,17	0,19	1,00	0,15	0,05
0,01	0,17	0,00	0,02	0,29	0,34	0,01	0,05	0,01	0,10	1,00	0,14	0,09
0,04	0,26	0,00	0,01	0,11	0,02	0,09	0,05	0,11	0,31	1,00	0,13	0,09
0,01	0,09	0,00	0,13	0,21	0,04	0,16	0,29	0,02	0,05	1,00	0,15	0,05
0,01	0,11	0,03	0,03	0,13	0,01	0,16	0,23	0,10	0,18	1,00	0,14	0,05
0,49	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,26	0,03	0,04	0,03	1,00	0,10	0,07
0,01	0,13	0,25	0,11	0,02	0,07	0,08	0,17	0,13	0,04	1,00	0,15	0,08

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0.03	0.05	0.09	0.00	0.12	0.11	0.20	0.07	0.14	0.19	1,00	0.12	0.05
0.08	0.04	0.00	0.04	0.08	0.13	0.30	0.25	0.06	0.01	1,00	0.14	0.04
0.04	0.01	0.14	0.04	0.11	0.34	0.02	0.08	0.22	0.01	1,00	0.16	0.07
0.11	0.06	0.17	0.05	0.12	0.08	0.11	0.13	0.15	0.03	1,00	0.14	0.06
0.15	0.00	0.01	0.14	0.16	0.14	0.15	0.15	0.09	0.02	1,00	0.13	0.06
0.06	0.19	0.02	0.00	0.22	0.02	0.16	0.10	0.13	0.10	1,00	0.14	0.06
0.08	0.16	0.03	0.20	0.11	0.05	0.09	0.06	0.03	0.20	1,00	0.12	0.06
0.01	0.01	0.21	0.15	0.37	0.05	0.03	0.02	0.13	0.00	1,00	0.12	0.09
0.05	0.19	0.12	0.08	0.01	0.22	0.07	0.03	0.01	0.22	1,00	0.13	0.09
0.02	0.31	0.13	0.14	0.01	0.05	0.07	0.03	0.23	0.01	1,00	0.16	0.11
0.03	0.28	0.10	0.07	0.17	0.02	0.19	0.04	0.04	0.07	1,00	0.13	0.09
0.04	0.09	0.01	0.36	0.04	0.07	0.07	0.27	0.03	0.04	1,00	0.15	0.06
0.02	0.02	0.10	0.11	0.07	0.02	0.14	0.06	0.28	0.18	1,00	0.14	0.04
0.05	0.03	0.01	0.01	0.07	0.29	0.39	0.04	0.04	0.07	1,00	0.11	0.05
0.05	0.28	0.04	0.00	0.15	0.24	0.13	0.07	0.03	0.01	1,00	0.15	0.11
0.17	0.03	0.21	0.18	0.17	0.05	0.06	0.07	0.02	0.05	1,00	0.11	0.07
0.05	0.10	0.15	0.18	0.00	0.18	0.03	0.09	0.15	0.06	1,00	0.15	0.06
0.46	0.26	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.15	1,00	0.12	0.12
0.06	0.02	0.47	0.04	0.06	0.21	0.06	0.01	0.04	0.02	1,00	0.12	0.12
0.01	0.15	0.04	0.02	0.11	0.09	0.06	0.10	0.23	0.20	1,00	0.15	0.06
0.06	0.28	0.02	0.19	0.06	0.04	0.03	0.06	0.17	0.09	1,00	0.15	0.09
0.23	0.03	0.09	0.04	0.06	0.08	0.10	0.20	0.09	0.08	1,00	0.14	0.05
0.13	0.04	0.07	0.03	0.12	0.03	0.14	0.24	0.08	0.11	1,00	0.14	0.04
0.05	0.08	0.07	0.16	0.10	0.41	0.01	0.04	0.01	0.07	1,00	0.14	0.08
0.11	0.07	0.06	0.08	0.07	0.25	0.03	0.05	0.13	0.14	1,00	0.14	0.06
0.09	0.13	0.07	0.01	0.10	0.18	0.05	0.14	0.06	0.16	1,00	0.14	0.07
0.04	0.12	0.07	0.05	0.05	0.04	0.14	0.29	0.05	0.15	1,00	0.15	0.05
0.02	0.20	0.06	0.18	0.17	0.09	0.02	0.22	0.01	0.05	1,00	0.15	0.07
0.42	0.01	0.03	0.04	0.08	0.08	0.20	0.06	0.03	0.04	1,00	0.11	0.07
0.11	0.01	0.12	0.01	0.42	0.10	0.04	0.04	0.08	0.06	1,00	0.12	0.07
0.05	0.04	0.17	0.09	0.02	0.08	0.11	0.03	0.06	0.35	1,00	0.11	0.06
0.04	0.26	0.05	0.01	0.20	0.00	0.11	0.06	0.10	0.15	1,00	0.14	0.09
0.08	0.12	0.22	0.07	0.14	0.10	0.06	0.06	0.08	0.09	1,00	0.13	0.08
0.07	0.10	0.13	0.16	0.32	0.02	0.05	0.02	0.02	0.10	1,00	0.11	0.07
0.14	0.23	0.07	0.03	0.00	0.05	0.27	0.05	0.11	0.05	1,00	0.13	0.09
0.10	0.26	0.12	0.03	0.01	0.05	0.00	0.25	0.05	0.12	1,00	0.16	0.10
0.06	0.16	0.09	0.10	0.10	0.10	0.21	0.07	0.02	0.10	1,00	0.12	0.07
0.08	0.24	0.06	0.08	0.12	0.02	0.12	0.09	0.16	0.03	1,00	0.15	0.08
0.12	0.06	0.06	0.01	0.01	0.29	0.00	0.04	0.25	0.15	1,00	0.15	0.07
0.25	0.21	0.07	0.02	0.11	0.01	0.07	0.16	0.04	0.05	1,00	0.14	0.08
0.18	0.02	0.04	0.08	0.02	0.29	0.21	0.00	0.08	0.06	1,00	0.12	0.07
0.02	0.16	0.06	0.05	0.23	0.09	0.12	0.08	0.09	0.10	1,00	0.13	0.07
0.19	0.02	0.01	0.03	0.00	0.10	0.32	0.06	0.24	0.02	1,00	0.13	0.04
0.01	0.22	0.12	0.02	0.08	0.07	0.34	0.05	0.05	0.03	1,00	0.13	0.08
0.31	0.03	0.20	0.08	0.01	0.00	0.00	0.14	0.03	0.19	1,00	0.12	0.06
0.02	0.05	0.26	0.06	0.00	0.02	0.03	0.04	0.16	0.36	1,00	0.12	0.07
0.08	0.22	0.19	0.09	0.04	0.00	0.13	0.06	0.01	0.18	1,00	0.12	0.09

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0.02	0.18	0.01	0.05	0.00	0.02	0.03	0.47	0.12	0.11	1,00	0.19	0.06
0.25	0.03	0.02	0.11	0.20	0.04	0.02	0.04	0.20	0.10	1,00	0.13	0.06
0.04	0.07	0.00	0.14	0.02	0.11	0.21	0.27	0.03	0.11	1,00	0.14	0.04
0.12	0.14	0.15	0.16	0.09	0.00	0.11	0.01	0.21	0.01	1,00	0.14	0.06
0.02	0.01	0.04	0.18	0.06	0.03	0.23	0.31	0.10	0.01	1,00	0.15	0.04
0.08	0.02	0.12	0.02	0.08	0.01	0.29	0.20	0.05	0.13	1,00	0.12	0.04
0.42	0.06	0.07	0.06	0.11	0.10	0.03	0.03	0.11	0.00	1,00	0.13	0.08
0.22	0.12	0.05	0.02	0.15	0.01	0.07	0.22	0.03	0.10	1,00	0.14	0.06
0.02	0.00	0.03	0.06	0.20	0.11	0.05	0.38	0.11	0.04	1,00	0.17	0.05
0.23	0.24	0.05	0.08	0.08	0.00	0.06	0.15	0.09	0.02	1,00	0.15	0.09
0.00	0.03	0.19	0.05	0.01	0.07	0.13	0.22	0.09	0.20	1,00	0.14	0.05
0.01	0.21	0.01	0.10	0.09	0.01	0.02	0.05	0.47	0.05	1,00	0.18	0.07
0.08	0.12	0.06	0.02	0.06	0.13	0.10	0.16	0.10	0.16	1,00	0.14	0.06
0.02	0.08	0.39	0.10	0.02	0.11	0.02	0.05	0.16	0.05	1,00	0.14	0.10
0.14	0.04	0.04	0.09	0.19	0.23	0.15	0.05	0.02	0.05	1,00	0.12	0.07
0.14	0.21	0.15	0.04	0.29	0.08	0.00	0.01	0.06	0.03	1,00	0.13	0.09
0.03	0.04	0.04	0.14	0.06	0.05	0.02	0.45	0.17	0.00	1,00	0.19	0.04
0.03	0.06	0.05	0.03	0.16	0.05	0.45	0.08	0.08	0.02	1,00	0.11	0.04
0.18	0.01	0.00	0.12	0.05	0.07	0.08	0.11	0.12	0.27	1,00	0.12	0.05
0.13	0.20	0.10	0.05	0.28	0.03	0.01	0.03	0.10	0.06	1,00	0.13	0.08
0.07	0.08	0.32	0.01	0.29	0.07	0.09	0.06	0.00	0.01	1,00	0.11	0.09
0.45	0.03	0.08	0.10	0.02	0.01	0.00	0.17	0.01	0.13	1,00	0.12	0.07
0.10	0.02	0.12	0.10	0.28	0.05	0.04	0.14	0.13	0.04	1,00	0.14	0.06
0.00	0.04	0.30	0.09	0.06	0.08	0.24	0.16	0.00	0.03	1,00	0.12	0.08
0.01	0.16	0.24	0.06	0.16	0.13	0.01	0.03	0.15	0.05	1,00	0.14	0.09
0.11	0.11	0.11	0.33	0.01	0.03	0.13	0.06	0.02	0.09	1,00	0.12	0.06
0.13	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.06	0.09	0.54	0.04	1,00	0.18	0.04
0.10	0.10	0.11	0.04	0.24	0.04	0.18	0.05	0.11	0.03	1,00	0.12	0.06
0.02	0.21	0.13	0.12	0.09	0.08	0.19	0.08	0.03	0.05	1,00	0.13	0.08
0.14	0.05	0.05	0.27	0.11	0.01	0.07	0.07	0.04	0.19	1,00	0.12	0.06
0.05	0.18	0.08	0.07	0.13	0.20	0.01	0.12	0.09	0.07	1,00	0.15	0.08
0.07	0.13	0.28	0.06	0.01	0.16	0.07	0.02	0.12	0.07	1,00	0.13	0.09
0.06	0.17	0.17	0.17	0.06	0.00	0.04	0.01	0.22	0.09	1,00	0.14	0.07
0.01	0.52	0.20	0.03	0.02	0.06	0.08	0.01	0.03	0.04	1,00	0.15	0.19
0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.13	0.29	0.02	0.17	0.34	1,00	0.11	0.05
0.03	0.08	0.14	0.07	0.02	0.06	0.11	0.08	0.22	0.19	1,00	0.14	0.05
0.20	0.17	0.01	0.06	0.02	0.12	0.23	0.04	0.02	0.13	1,00	0.12	0.08
0.17	0.00	0.00	0.19	0.01	0.09	0.15	0.20	0.13	0.06	1,00	0.14	0.05
0.21	0.04	0.30	0.07	0.09	0.00	0.10	0.07	0.03	0.08	1,00	0.11	0.07
0.21	0.25	0.13	0.02	0.05	0.17	0.00	0.09	0.02	0.07	1,00	0.14	0.11
0.25	0.34	0.02	0.06	0.09	0.01	0.03	0.09	0.03	0.09	1,00	0.14	0.12
0.12	0.07	0.04	0.01	0.02	0.14	0.42	0.15	0.01	0.03	1,00	0.12	0.05
0.16	0.00	0.16	0.05	0.08	0.06	0.21	0.08	0.10	0.10	1,00	0.12	0.05
0.00	0.32	0.01	0.09	0.04	0.00	0.22	0.03	0.08	0.20	1,00	0.13	0.10
0.13	0.14	0.02	0.08	0.23	0.08	0.08	0.02	0.02	0.20	1,00	0.11	0.07
0.13	0.03	0.01	0.02	0.10	0.08	0.01	0.27	0.15	0.20	1,00	0.15	0.04
0.02	0.23	0.11	0.05	0.04	0.08	0.12	0.08	0.08	0.20	1,00	0.14	0.09

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,17	0,04	0,03	0,01	0,06	0,10	0,14	0,25	0,12	0,08	1,00	0,15	0,04
0,06	0,06	0,03	0,05	0,23	0,05	0,27	0,10	0,13	0,03	1,00	0,13	0,04
0,16	0,02	0,08	0,09	0,26	0,12	0,09	0,09	0,01	0,08	1,00	0,12	0,07
0,23	0,02	0,04	0,05	0,11	0,04	0,14	0,12	0,10	0,15	1,00	0,12	0,05
0,04	0,03	0,47	0,11	0,15	0,01	0,03	0,10	0,04	0,04	1,00	0,12	0,11
0,07	0,01	0,03	0,08	0,32	0,02	0,18	0,10	0,15	0,04	1,00	0,13	0,06
0,03	0,03	0,02	0,29	0,05	0,08	0,13	0,06	0,13	0,19	1,00	0,13	0,06
0,08	0,13	0,11	0,07	0,03	0,11	0,16	0,28	0,01	0,02	1,00	0,15	0,06
0,11	0,02	0,09	0,11	0,02	0,10	0,15	0,10	0,22	0,09	1,00	0,14	0,04
0,22	0,27	0,10	0,06	0,08	0,00	0,07	0,16	0,02	0,03	1,00	0,14	0,10
0,15	0,05	0,08	0,06	0,05	0,01	0,02	0,26	0,23	0,09	1,00	0,16	0,04
0,06	0,01	0,12	0,09	0,26	0,04	0,04	0,03	0,01	0,35	1,00	0,10	0,07
0,03	0,09	0,14	0,35	0,03	0,01	0,03	0,02	0,12	0,19	1,00	0,12	0,06
0,06	0,09	0,24	0,08	0,09	0,10	0,07	0,04	0,13	0,10	1,00	0,13	0,07
0,08	0,11	0,04	0,14	0,03	0,01	0,03	0,13	0,04	0,40	1,00	0,12	0,06
0,03	0,16	0,21	0,21	0,26	0,00	0,05	0,02	0,04	0,02	1,00	0,12	0,08
0,12	0,02	0,07	0,22	0,02	0,04	0,10	0,03	0,09	0,29	1,00	0,11	0,05
0,04	0,09	0,07	0,04	0,09	0,15	0,00	0,17	0,09	0,25	1,00	0,14	0,06
0,01	0,13	0,00	0,08	0,07	0,22	0,20	0,09	0,20	0,01	1,00	0,15	0,06
0,10	0,00	0,02	0,08	0,31	0,09	0,08	0,19	0,00	0,13	1,00	0,12	0,06
0,14	0,05	0,05	0,23	0,08	0,04	0,00	0,06	0,03	0,32	1,00	0,11	0,06
0,14	0,01	0,23	0,27	0,04	0,08	0,11	0,01	0,03	0,07	1,00	0,11	0,07
0,09	0,16	0,14	0,01	0,01	0,02	0,14	0,05	0,16	0,21	1,00	0,13	0,07
0,05	0,01	0,04	0,03	0,21	0,13	0,12	0,01	0,31	0,09	1,00	0,14	0,05
0,05	0,13	0,16	0,09	0,10	0,18	0,01	0,08	0,04	0,16	1,00	0,13	0,07
0,09	0,34	0,08	0,15	0,04	0,03	0,11	0,07	0,04	0,06	1,00	0,14	0,11
0,05	0,25	0,09	0,32	0,09	0,04	0,05	0,00	0,08	0,02	1,00	0,14	0,09
0,05	0,31	0,05	0,07	0,12	0,12	0,07	0,01	0,09	0,10	1,00	0,14	0,11
0,08	0,06	0,02	0,12	0,32	0,10	0,10	0,02	0,17	0,02	1,00	0,13	0,07
0,01	0,05	0,36	0,06	0,03	0,03	0,01	0,03	0,01	0,41	1,00	0,10	0,10
0,03	0,45	0,09	0,06	0,04	0,17	0,07	0,02	0,06	0,03	1,00	0,16	0,16
0,06	0,08	0,01	0,03	0,02	0,40	0,21	0,05	0,01	0,12	1,00	0,13	0,07
0,02	0,04	0,03	0,01	0,03	0,15	0,30	0,18	0,03	0,20	1,00	0,12	0,04
0,12	0,06	0,06	0,18	0,05	0,20	0,14	0,02	0,08	0,09	1,00	0,12	0,06
0,03	0,00	0,01	0,09	0,24	0,20	0,06	0,09	0,26	0,01	1,00	0,15	0,06
0,09	0,16	0,09	0,19	0,02	0,02	0,05	0,22	0,14	0,02	1,00	0,16	0,06
0,13	0,02	0,25	0,05	0,21	0,12	0,14	0,01	0,02	0,06	1,00	0,10	0,08
0,01	0,13	0,23	0,03	0,05	0,06	0,11	0,01	0,02	0,34	1,00	0,10	0,08
0,10	0,01	0,10	0,02	0,08	0,11	0,47	0,09	0,02	0,01	1,00	0,10	0,04
0,08	0,12	0,53	0,07	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,11	1,00	0,11	0,13
0,01	0,15	0,07	0,04	0,02	0,15	0,11	0,25	0,11	0,11	1,00	0,16	0,06
0,13	0,03	0,01	0,05	0,11	0,07	0,17	0,17	0,22	0,04	1,00	0,15	0,04
0,12	0,24	0,06	0,08	0,01	0,15	0,13	0,05	0,11	0,05	1,00	0,14	0,09
0,01	0,14	0,05	0,07	0,04	0,14	0,04	0,37	0,13	0,01	1,00	0,18	0,06
0,02	0,06	0,25	0,15	0,41	0,00	0,02	0,07	0,00	0,02	1,00	0,11	0,09
0,06	0,18	0,14	0,02	0,10	0,03	0,16	0,03	0,26	0,03	1,00	0,15	0,07
0,22	0,00	0,05	0,14	0,09	0,01	0,07	0,29	0,04	0,08	1,00	0,14	0,04

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,19	0,03	0,06	0,24	0,01	0,01	0,29	0,04	0,01	0,11	1,00	0,10	0,04
0,05	0,09	0,09	0,48	0,02	0,01	0,09	0,07	0,00	0,11	1,00	0,12	0,07
0,11	0,01	0,03	0,12	0,33	0,12	0,11	0,01	0,02	0,14	1,00	0,10	0,07
0,08	0,04	0,11	0,05	0,15	0,16	0,15	0,03	0,13	0,12	1,00	0,12	0,05
0,08	0,16	0,11	0,05	0,03	0,07	0,05	0,12	0,13	0,21	1,00	0,14	0,07
0,02	0,12	0,01	0,21	0,05	0,12	0,06	0,06	0,28	0,08	1,00	0,16	0,05
0,17	0,01	0,04	0,24	0,11	0,13	0,13	0,06	0,03	0,08	1,00	0,12	0,06
0,03	0,11	0,04	0,13	0,01	0,04	0,48	0,03	0,01	0,13	1,00	0,10	0,05
0,22	0,01	0,20	0,05	0,01	0,05	0,25	0,07	0,03	0,11	1,00	0,10	0,06
0,01	0,10	0,18	0,20	0,02	0,04	0,05	0,28	0,02	0,10	1,00	0,15	0,06
0,03	0,01	0,18	0,04	0,33	0,19	0,01	0,05	0,04	0,12	1,00	0,12	0,08
0,04	0,22	0,04	0,15	0,04	0,00	0,03	0,09	0,07	0,32	1,00	0,13	0,08
0,09	0,00	0,04	0,12	0,07	0,07	0,09	0,26	0,16	0,09	1,00	0,15	0,04
0,26	0,12	0,07	0,03	0,10	0,05	0,04	0,23	0,06	0,04	1,00	0,15	0,07
0,08	0,08	0,07	0,15	0,02	0,07	0,22	0,10	0,02	0,20	1,00	0,11	0,05
0,04	0,03	0,04	0,23	0,00	0,09	0,06	0,24	0,07	0,19	1,00	0,14	0,05
0,11	0,20	0,10	0,04	0,06	0,02	0,05	0,26	0,13	0,01	1,00	0,17	0,08
0,03	0,00	0,26	0,00	0,11	0,10	0,12	0,05	0,11	0,22	1,00	0,11	0,07
0,10	0,16	0,11	0,06	0,25	0,00	0,07	0,00	0,20	0,05	1,00	0,14	0,07
0,12	0,09	0,02	0,08	0,27	0,28	0,06	0,02	0,05	0,01	1,00	0,13	0,08
0,03	0,04	0,14	0,08	0,06	0,09	0,05	0,19	0,00	0,32	1,00	0,12	0,06
0,08	0,00	0,07	0,04	0,41	0,02	0,03	0,14	0,08	0,12	1,00	0,12	0,07
0,24	0,14	0,07	0,06	0,02	0,08	0,09	0,00	0,10	0,19	1,00	0,12	0,08
0,04	0,01	0,07	0,07	0,54	0,17	0,02	0,05	0,02	0,02	1,00	0,12	0,10
0,03	0,22	0,02	0,18	0,05	0,05	0,37	0,01	0,04	0,04	1,00	0,12	0,07
0,11	0,04	0,09	0,11	0,00	0,09	0,26	0,02	0,13	0,14	1,00	0,12	0,04
0,08	0,01	0,05	0,29	0,11	0,03	0,07	0,11	0,13	0,12	1,00	0,13	0,06
0,06	0,27	0,08	0,08	0,10	0,11	0,02	0,16	0,02	0,10	1,00	0,15	0,10
0,12	0,05	0,36	0,03	0,04	0,01	0,31	0,04	0,04	0,02	1,00	0,10	0,09
0,07	0,02	0,34	0,03	0,04	0,02	0,12	0,07	0,09	0,19	1,00	0,11	0,08
0,01	0,23	0,05	0,11	0,01	0,05	0,17	0,01	0,23	0,14	1,00	0,14	0,08
0,17	0,03	0,11	0,41	0,02	0,11	0,03	0,01	0,04	0,07	1,00	0,12	0,07
0,01	0,18	0,19	0,27	0,09	0,14	0,00	0,07	0,02	0,03	1,00	0,14	0,09
0,03	0,01	0,14	0,18	0,30	0,06	0,07	0,05	0,06	0,09	1,00	0,12	0,08
0,22	0,03	0,00	0,23	0,02	0,02	0,32	0,09	0,04	0,04	1,00	0,11	0,05
0,02	0,06	0,05	0,10	0,05	0,35	0,03	0,02	0,02	0,31	1,00	0,12	0,07
0,01	0,15	0,01	0,04	0,27	0,13	0,03	0,02	0,22	0,11	1,00	0,15	0,07
0,25	0,06	0,05	0,09	0,02	0,14	0,00	0,23	0,06	0,09	1,00	0,15	0,06
0,16	0,16	0,05	0,03	0,33	0,13	0,03	0,01	0,00	0,11	1,00	0,12	0,08
0,10	0,14	0,10	0,03	0,04	0,00	0,20	0,12	0,04	0,23	1,00	0,12	0,06
0,10	0,02	0,14	0,10	0,07	0,10	0,24	0,06	0,12	0,05	1,00	0,12	0,05
0,27	0,04	0,06	0,03	0,09	0,09	0,06	0,04	0,16	0,15	1,00	0,13	0,06
0,14	0,22	0,23	0,16	0,04	0,06	0,06	0,01	0,04	0,03	1,00	0,13	0,10
0,13	0,21	0,01	0,03	0,04	0,41	0,01	0,06	0,01	0,09	1,00	0,15	0,11
0,11	0,23	0,08	0,10	0,02	0,00	0,28	0,10	0,00	0,08	1,00	0,12	0,08
0,10	0,23	0,05	0,19	0,10	0,01	0,04	0,14	0,03	0,11	1,00	0,14	0,08
0,11	0,08	0,18	0,14	0,14	0,10	0,08	0,01	0,02	0,14	1,00	0,11	0,07

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,01	0,04	0,02	0,08	0,35	0,00	0,05	0,32	0,00	0,14	1,00	0,14	0,06
0,00	0,13	0,50	0,01	0,01	0,08	0,17	0,03	0,07	0,01	1,00	0,12	0,13
0,01	0,04	0,01	0,12	0,10	0,41	0,18	0,04	0,09	0,02	1,00	0,14	0,07
0,03	0,13	0,10	0,15	0,04	0,15	0,01	0,26	0,01	0,11	1,00	0,15	0,06
0,03	0,31	0,04	0,18	0,00	0,07	0,07	0,14	0,10	0,07	1,00	0,16	0,10
0,08	0,09	0,23	0,19	0,05	0,06	0,21	0,02	0,08	0,00	1,00	0,12	0,07
0,18	0,01	0,07	0,04	0,40	0,08	0,02	0,10	0,09	0,03	1,00	0,13	0,07
0,06	0,10	0,08	0,04	0,09	0,29	0,18	0,01	0,07	0,08	1,00	0,13	0,07
0,01	0,17	0,01	0,07	0,04	0,05	0,24	0,00	0,10	0,31	1,00	0,12	0,07
0,29	0,00	0,07	0,09	0,06	0,20	0,05	0,18	0,06	0,01	1,00	0,14	0,07
0,06	0,01	0,05	0,13	0,16	0,09	0,23	0,16	0,08	0,04	1,00	0,13	0,05
0,14	0,05	0,08	0,22	0,14	0,27	0,02	0,05	0,02	0,01	1,00	0,13	0,08
0,05	0,07	0,07	0,00	0,05	0,02	0,08	0,44	0,16	0,07	1,00	0,18	0,04
0,23	0,08	0,18	0,11	0,22	0,09	0,03	0,03	0,01	0,03	1,00	0,11	0,07
0,09	0,01	0,05	0,11	0,14	0,25	0,14	0,01	0,18	0,01	1,00	0,13	0,06
0,18	0,01	0,05	0,16	0,02	0,02	0,23	0,17	0,05	0,11	1,00	0,12	0,04
0,19	0,03	0,07	0,06	0,05	0,01	0,31	0,07	0,10	0,09	1,00	0,11	0,04
0,10	0,02	0,09	0,10	0,01	0,23	0,22	0,05	0,18	0,00	1,00	0,14	0,05
0,04	0,03	0,09	0,06	0,32	0,13	0,01	0,21	0,09	0,02	1,00	0,15	0,07
0,06	0,01	0,01	0,16	0,00	0,09	0,01	0,09	0,06	0,50	1,00	0,11	0,06
0,03	0,08	0,18	0,04	0,46	0,01	0,03	0,11	0,02	0,04	1,00	0,12	0,08
0,11	0,05	0,24	0,03	0,01	0,07	0,09	0,01	0,39	0,01	1,00	0,15	0,07
0,04	0,02	0,02	0,25	0,04	0,07	0,08	0,13	0,21	0,13	1,00	0,15	0,05
0,06	0,10	0,08	0,04	0,28	0,11	0,04	0,19	0,03	0,06	1,00	0,14	0,06
0,11	0,06	0,02	0,14	0,39	0,05	0,06	0,15	0,01	0,01	1,00	0,13	0,08
0,06	0,03	0,05	0,10	0,37	0,10	0,03	0,15	0,12	0,01	1,00	0,14	0,07
0,05	0,05	0,28	0,16	0,03	0,05	0,28	0,04	0,07	0,01	1,00	0,11	0,07
0,29	0,02	0,07	0,03	0,20	0,02	0,23	0,03	0,05	0,05	1,00	0,10	0,05
0,03	0,15	0,16	0,03	0,00	0,21	0,11	0,27	0,01	0,03	1,00	0,16	0,08
0,05	0,04	0,09	0,17	0,30	0,02	0,02	0,04	0,17	0,11	1,00	0,13	0,07
0,03	0,09	0,14	0,09	0,08	0,14	0,11	0,04	0,22	0,06	1,00	0,14	0,06
0,03	0,01	0,05	0,08	0,02	0,11	0,10	0,20	0,04	0,36	1,00	0,13	0,05
0,17	0,00	0,01	0,00	0,31	0,19	0,10	0,07	0,09	0,05	1,00	0,12	0,07
0,11	0,04	0,05	0,09	0,30	0,08	0,01	0,00	0,05	0,27	1,00	0,11	0,07
0,01	0,14	0,02	0,21	0,03	0,20	0,01	0,12	0,17	0,08	1,00	0,16	0,07
0,03	0,13	0,00	0,27	0,06	0,04	0,07	0,24	0,04	0,13	1,00	0,15	0,06
0,06	0,13	0,03	0,02	0,03	0,05	0,12	0,06	0,36	0,13	1,00	0,16	0,05
0,09	0,09	0,13	0,15	0,03	0,01	0,03	0,35	0,06	0,06	1,00	0,16	0,05
0,16	0,11	0,03	0,14	0,08	0,03	0,09	0,02	0,05	0,29	1,00	0,11	0,06
0,00	0,04	0,12	0,18	0,21	0,28	0,08	0,04	0,01	0,04	1,00	0,12	0,08
0,05	0,17	0,15	0,05	0,12	0,07	0,22	0,08	0,00	0,10	1,00	0,12	0,07
0,28	0,12	0,06	0,03	0,12	0,07	0,05	0,03	0,04	0,20	1,00	0,11	0,07
0,02	0,20	0,13	0,00	0,01	0,04	0,18	0,04	0,17	0,20	1,00	0,13	0,08
0,03	0,12	0,15	0,12	0,11	0,27	0,05	0,01	0,02	0,12	1,00	0,13	0,08
0,03	0,35	0,02	0,09	0,10	0,02	0,08	0,13	0,05	0,13	1,00	0,15	0,11
0,08	0,04	0,18	0,04	0,27	0,14	0,08	0,07	0,02	0,07	1,00	0,12	0,07
0,05	0,06	0,10	0,00	0,18	0,02	0,02	0,06	0,38	0,13	1,00	0,15	0,04

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,00	0,04	0,17	0,05	0,23	0,06	0,03	0,10	0,27	0,06	1,00	0,15	0,06
0,05	0,23	0,02	0,08	0,15	0,13	0,05	0,08	0,09	0,13	1,00	0,15	0,08
0,04	0,33	0,05	0,01	0,06	0,09	0,02	0,15	0,20	0,06	1,00	0,18	0,11
0,10	0,04	0,05	0,09	0,22	0,25	0,12	0,11	0,00	0,01	1,00	0,13	0,07
0,10	0,01	0,05	0,05	0,01	0,02	0,05	0,54	0,09	0,07	1,00	0,18	0,03
0,04	0,16	0,05	0,08	0,25	0,17	0,08	0,07	0,09	0,01	1,00	0,14	0,07
0,05	0,15	0,18	0,02	0,04	0,10	0,26	0,08	0,07	0,06	1,00	0,13	0,07
0,04	0,00	0,19	0,32	0,00	0,08	0,01	0,09	0,08	0,19	1,00	0,13	0,06
0,28	0,04	0,02	0,03	0,22	0,15	0,02	0,06	0,08	0,10	1,00	0,12	0,07
0,14	0,00	0,07	0,16	0,05	0,28	0,05	0,07	0,02	0,15	1,00	0,12	0,07
0,06	0,04	0,19	0,05	0,02	0,15	0,03	0,01	0,05	0,40	1,00	0,11	0,07
0,13	0,00	0,24	0,03	0,12	0,16	0,07	0,11	0,01	0,13	1,00	0,12	0,07
0,20	0,12	0,17	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05	0,11	0,21	1,00	0,13	0,07
0,03	0,16	0,07	0,10	0,06	0,18	0,17	0,05	0,00	0,17	1,00	0,12	0,07
0,05	0,03	0,05	0,08	0,39	0,02	0,05	0,05	0,07	0,22	1,00	0,11	0,07
0,02	0,01	0,54	0,05	0,11	0,08	0,00	0,02	0,00	0,16	1,00	0,10	0,13
0,13	0,12	0,11	0,06	0,13	0,01	0,04	0,02	0,17	0,20	1,00	0,13	0,06
0,25	0,04	0,04	0,08	0,32	0,16	0,06	0,02	0,02	0,01	1,00	0,11	0,08
0,02	0,08	0,11	0,21	0,06	0,16	0,22	0,03	0,08	0,03	1,00	0,12	0,06
0,22	0,08	0,06	0,02	0,01	0,10	0,10	0,22	0,04	0,15	1,00	0,14	0,06
0,02	0,11	0,10	0,21	0,33	0,03	0,03	0,09	0,02	0,06	1,00	0,13	0,08
0,13	0,26	0,15	0,09	0,02	0,02	0,14	0,02	0,14	0,03	1,00	0,14	0,10
0,29	0,11	0,02	0,07	0,01	0,13	0,06	0,19	0,11	0,00	1,00	0,15	0,07
0,11	0,01	0,04	0,37	0,08	0,04	0,10	0,20	0,06	0,01	1,00	0,14	0,06
0,01	0,00	0,03	0,07	0,02	0,02	0,04	0,29	0,41	0,11	1,00	0,19	0,03
0,23	0,08	0,12	0,10	0,00	0,01	0,01	0,14	0,30	0,02	1,00	0,16	0,05
0,04	0,05	0,16	0,06	0,30	0,09	0,17	0,11	0,01	0,02	1,00	0,12	0,07
0,10	0,07	0,02	0,02	0,33	0,11	0,20	0,03	0,01	0,10	1,00	0,11	0,06
0,05	0,27	0,14	0,02	0,05	0,05	0,02	0,17	0,06	0,17	1,00	0,15	0,10
0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,10	0,21	0,19	0,02	0,37	1,00	0,12	0,05
0,06	0,02	0,01	0,08	0,28	0,07	0,17	0,13	0,00	0,19	1,00	0,11	0,06
0,02	0,09	0,06	0,19	0,24	0,01	0,22	0,01	0,08	0,07	1,00	0,11	0,06
0,10	0,33	0,03	0,10	0,04	0,02	0,04	0,07	0,02	0,25	1,00	0,13	0,11
0,19	0,04	0,10	0,01	0,34	0,13	0,05	0,08	0,00	0,05	1,00	0,12	0,07
0,07	0,13	0,05	0,06	0,00	0,04	0,02	0,24	0,08	0,31	1,00	0,15	0,06
0,05	0,03	0,04	0,26	0,04	0,11	0,10	0,03	0,21	0,13	1,00	0,14	0,05
0,08	0,05	0,11	0,08	0,11	0,01	0,04	0,16	0,04	0,32	1,00	0,12	0,05
0,01	0,37	0,06	0,02	0,19	0,05	0,10	0,03	0,10	0,06	1,00	0,15	0,12
0,01	0,58	0,04	0,12	0,02	0,11	0,09	0,00	0,02	0,01	1,00	0,16	0,19
0,01	0,17	0,09	0,03	0,04	0,02	0,13	0,10	0,13	0,30	1,00	0,13	0,07
0,02	0,07	0,18	0,07	0,11	0,14	0,03	0,24	0,01	0,14	1,00	0,14	0,06
0,12	0,29	0,14	0,02	0,07	0,01	0,15	0,14	0,04	0,02	1,00	0,14	0,11
0,05	0,21	0,14	0,16	0,18	0,04	0,14	0,00	0,02	0,06	1,00	0,12	0,08
0,02	0,17	0,07	0,07	0,17	0,08	0,32	0,03	0,02	0,06	1,00	0,11	0,06
0,22	0,00	0,21	0,10	0,07	0,07	0,14	0,00	0,16	0,02	1,00	0,12	0,06
0,06	0,15	0,27	0,01	0,02	0,23	0,12	0,10	0,04	0,02	1,00	0,14	0,10
0,00	0,05	0,08	0,03	0,16	0,02	0,04	0,02	0,15	0,45	1,00	0,11	0,06

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,01	0,06	0,03	0,07	0,00	0,22	0,04	0,21	0,30	0,05	1,00	0,18	0,05
0,05	0,02	0,26	0,28	0,05	0,02	0,15	0,06	0,05	0,05	1,00	0,11	0,07
0,27	0,11	0,15	0,05	0,03	0,01	0,29	0,02	0,01	0,06	1,00	0,10	0,07
0,12	0,30	0,21	0,05	0,06	0,05	0,09	0,03	0,09	0,01	1,00	0,14	0,12
0,39	0,07	0,03	0,17	0,09	0,02	0,09	0,03	0,08	0,02	1,00	0,12	0,07
0,06	0,16	0,01	0,06	0,04	0,03	0,20	0,07	0,02	0,35	1,00	0,11	0,07
0,31	0,14	0,11	0,03	0,18	0,10	0,04	0,02	0,07	0,01	1,00	0,12	0,08
0,02	0,11	0,02	0,03	0,25	0,00	0,03	0,23	0,06	0,26	1,00	0,14	0,05
0,21	0,03	0,05	0,06	0,16	0,14	0,03	0,06	0,13	0,14	1,00	0,13	0,06
0,11	0,05	0,04	0,20	0,14	0,05	0,05	0,05	0,16	0,14	1,00	0,13	0,05
0,12	0,05	0,03	0,06	0,07	0,00	0,08	0,16	0,22	0,20	1,00	0,14	0,04
0,07	0,05	0,01	0,09	0,10	0,04	0,12	0,14	0,33	0,05	1,00	0,16	0,04
0,43	0,04	0,04	0,19	0,07	0,02	0,04	0,06	0,05	0,07	1,00	0,12	0,07
0,37	0,03	0,04	0,08	0,07	0,07	0,07	0,20	0,03	0,05	1,00	0,13	0,07
0,02	0,15	0,41	0,02	0,02	0,04	0,23	0,09	0,01	0,01	1,00	0,12	0,12
0,03	0,15	0,03	0,21	0,05	0,06	0,03	0,07	0,29	0,07	1,00	0,16	0,06
0,06	0,36	0,04	0,10	0,02	0,01	0,10	0,10	0,19	0,03	1,00	0,17	0,12
0,04	0,05	0,11	0,05	0,08	0,05	0,02	0,13	0,07	0,41	1,00	0,12	0,06
0,16	0,03	0,13	0,30	0,04	0,05	0,05	0,01	0,19	0,04	1,00	0,13	0,05
0,13	0,05	0,16	0,06	0,14	0,01	0,13	0,05	0,04	0,22	1,00	0,11	0,05
0,06	0,04	0,05	0,29	0,38	0,03	0,00	0,05	0,02	0,08	1,00	0,11	0,09
0,10	0,39	0,06	0,03	0,03	0,19	0,04	0,05	0,00	0,11	1,00	0,15	0,14
0,22	0,09	0,09	0,05	0,21	0,17	0,11	0,02	0,01	0,03	1,00	0,12	0,07
0,10	0,12	0,30	0,01	0,12	0,00	0,18	0,06	0,09	0,02	1,00	0,12	0,09
0,01	0,10	0,01	0,20	0,32	0,01	0,01	0,05	0,28	0,01	1,00	0,15	0,07
0,01	0,05	0,07	0,24	0,09	0,03	0,06	0,06	0,02	0,37	1,00	0,11	0,06
0,10	0,14	0,25	0,09	0,01	0,13	0,00	0,15	0,06	0,07	1,00	0,14	0,09
0,05	0,02	0,14	0,15	0,29	0,19	0,03	0,01	0,05	0,08	1,00	0,12	0,08
0,04	0,38	0,01	0,05	0,22	0,08	0,08	0,06	0,00	0,07	1,00	0,14	0,12
0,05	0,01	0,23	0,03	0,19	0,04	0,02	0,28	0,05	0,10	1,00	0,14	0,06
0,04	0,06	0,30	0,01	0,01	0,18	0,28	0,00	0,09	0,03	1,00	0,12	0,08
0,01	0,02	0,01	0,21	0,06	0,02	0,02	0,03	0,59	0,02	1,00	0,18	0,05
0,07	0,08	0,04	0,09	0,02	0,28	0,06	0,07	0,09	0,20	1,00	0,14	0,06
0,00	0,01	0,05	0,27	0,08	0,09	0,33	0,11	0,03	0,03	1,00	0,12	0,06
0,20	0,09	0,02	0,13	0,05	0,32	0,04	0,02	0,03	0,10	1,00	0,13	0,08
0,12	0,22	0,23	0,05	0,09	0,11	0,00	0,05	0,09	0,04	1,00	0,14	0,10
0,07	0,30	0,09	0,02	0,11	0,17	0,07	0,12	0,03	0,03	1,00	0,15	0,11
0,10	0,00	0,10	0,16	0,23	0,11	0,00	0,04	0,15	0,10	1,00	0,13	0,07
0,10	0,01	0,07	0,05	0,02	0,10	0,14	0,02	0,25	0,24	1,00	0,13	0,04
0,13	0,02	0,08	0,12	0,09	0,04	0,06	0,02	0,29	0,15	1,00	0,14	0,04
0,04	0,09	0,12	0,32	0,12	0,09	0,05	0,15	0,02	0,01	1,00	0,14	0,07
0,01	0,07	0,16	0,03	0,09	0,06	0,05	0,32	0,04	0,16	1,00	0,15	0,05
0,10	0,08	0,09	0,10	0,15	0,03	0,09	0,10	0,04	0,21	1,00	0,12	0,05
0,02	0,34	0,14	0,12	0,04	0,05	0,03	0,13	0,00	0,12	1,00	0,15	0,12
0,06	0,18	0,01	0,13	0,24	0,09	0,00	0,14	0,11	0,06	1,00	0,15	0,07
0,04	0,08	0,03	0,18	0,23	0,27	0,05	0,01	0,05	0,06	1,00	0,13	0,08
0,04	0,08	0,12	0,04	0,04	0,02	0,13	0,11	0,33	0,11	1,00	0,15	0,04

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,12	0,05	0,06	0,03	0,01	0,01	0,28	0,07	0,34	0,03	1,00	0,15	0,03
0,10	0,12	0,11	0,17	0,14	0,02	0,02	0,03	0,11	0,18	1,00	0,12	0,06
0,30	0,13	0,04	0,05	0,06	0,16	0,09	0,13	0,02	0,03	1,00	0,13	0,08
0,02	0,13	0,04	0,38	0,01	0,05	0,19	0,04	0,11	0,02	1,00	0,13	0,06
0,09	0,04	0,11	0,16	0,11	0,08	0,03	0,25	0,03	0,10	1,00	0,14	0,05
0,02	0,07	0,09	0,22	0,16	0,11	0,00	0,08	0,25	0,01	1,00	0,15	0,06
0,10	0,01	0,15	0,03	0,36	0,19	0,03	0,05	0,01	0,06	1,00	0,11	0,08
0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,08	0,27	0,13	0,38	1,00	0,14	0,05
0,10	0,01	0,12	0,01	0,20	0,12	0,09	0,16	0,03	0,15	1,00	0,12	0,06
0,03	0,28	0,39	0,08	0,01	0,02	0,08	0,05	0,03	0,03	1,00	0,13	0,14
0,22	0,07	0,21	0,12	0,04	0,05	0,21	0,05	0,01	0,03	1,00	0,11	0,06
0,00	0,21	0,02	0,03	0,03	0,08	0,10	0,24	0,08	0,21	1,00	0,16	0,08
0,10	0,08	0,01	0,14	0,04	0,08	0,14	0,29	0,02	0,10	1,00	0,15	0,05
0,04	0,07	0,17	0,03	0,02	0,07	0,03	0,08	0,03	0,46	1,00	0,11	0,07
0,02	0,24	0,21	0,04	0,18	0,03	0,02	0,17	0,04	0,05	1,00	0,15	0,10
0,07	0,00	0,17	0,16	0,04	0,03	0,10	0,00	0,33	0,11	1,00	0,14	0,05
0,03	0,23	0,14	0,10	0,01	0,01	0,35	0,10	0,04	0,00	1,00	0,13	0,08
0,00	0,08	0,01	0,17	0,26	0,10	0,10	0,22	0,02	0,03	1,00	0,14	0,06
0,05	0,04	0,15	0,24	0,22	0,05	0,13	0,06	0,03	0,04	1,00	0,11	0,07
0,03	0,28	0,15	0,08	0,01	0,06	0,28	0,02	0,03	0,07	1,00	0,12	0,10
0,27	0,00	0,10	0,01	0,06	0,20	0,17	0,07	0,05	0,07	1,00	0,12	0,07
0,47	0,02	0,08	0,03	0,13	0,04	0,06	0,03	0,13	0,01	1,00	0,12	0,07
0,17	0,21	0,03	0,01	0,13	0,05	0,24	0,12	0,02	0,03	1,00	0,13	0,08
0,06	0,09	0,13	0,12	0,02	0,08	0,02	0,05	0,19	0,25	1,00	0,14	0,06
0,01	0,06	0,00	0,09	0,00	0,07	0,19	0,27	0,26	0,04	1,00	0,17	0,03
0,16	0,14	0,08	0,09	0,06	0,19	0,15	0,04	0,02	0,08	1,00	0,12	0,08
0,13	0,01	0,03	0,10	0,18	0,32	0,01	0,09	0,06	0,07	1,00	0,14	0,08
0,01	0,14	0,19	0,23	0,25	0,03	0,06	0,01	0,07	0,01	1,00	0,12	0,08
0,06	0,01	0,14	0,15	0,12	0,12	0,14	0,01	0,03	0,22	1,00	0,10	0,06
0,03	0,02	0,12	0,19	0,27	0,03	0,07	0,08	0,02	0,16	1,00	0,11	0,07
0,11	0,03	0,07	0,08	0,13	0,05	0,02	0,27	0,17	0,07	1,00	0,16	0,04
0,01	0,08	0,09	0,19	0,20	0,04	0,01	0,07	0,07	0,23	1,00	0,12	0,06
0,07	0,01	0,29	0,14	0,01	0,34	0,06	0,01	0,01	0,05	1,00	0,12	0,09
0,02	0,06	0,03	0,12	0,22	0,04	0,03	0,09	0,11	0,29	1,00	0,12	0,06
0,17	0,17	0,21	0,02	0,07	0,15	0,08	0,09	0,00	0,05	1,00	0,13	0,09
0,03	0,01	0,38	0,05	0,00	0,05	0,23	0,05	0,12	0,07	1,00	0,12	0,09
0,19	0,17	0,02	0,11	0,06	0,05	0,32	0,01	0,06	0,00	1,00	0,12	0,07
0,05	0,01	0,13	0,19	0,17	0,26	0,15	0,01	0,02	0,01	1,00	0,12	0,08
0,23	0,24	0,00	0,06	0,02	0,11	0,19	0,07	0,08	0,01	1,00	0,14	0,10
0,18	0,16	0,19	0,00	0,03	0,16	0,04	0,15	0,08	0,01	1,00	0,15	0,09
0,05	0,16	0,04	0,14	0,21	0,13	0,05	0,03	0,06	0,13	1,00	0,13	0,07
0,16	0,01	0,13	0,15	0,01	0,23	0,04	0,12	0,12	0,02	1,00	0,14	0,06
0,07	0,05	0,02	0,06	0,14	0,19	0,06	0,17	0,00	0,23	1,00	0,13	0,06
0,04	0,01	0,13	0,08	0,15	0,01	0,07	0,04	0,15	0,32	1,00	0,11	0,05
0,08	0,02	0,04	0,09	0,08	0,21	0,04	0,18	0,04	0,23	1,00	0,13	0,06
0,11	0,06	0,12	0,08	0,19	0,28	0,00	0,01	0,07	0,07	1,00	0,13	0,08
0,04	0,24	0,06	0,02	0,16	0,02	0,16	0,07	0,12	0,11	1,00	0,14	0,08

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,01	0,33	0,03	0,09	0,05	0,10	0,01	0,01	0,06	0,30	1,00	0,14	0,12
0,06	0,02	0,05	0,14	0,10	0,24	0,09	0,12	0,12	0,07	1,00	0,14	0,06
0,20	0,23	0,02	0,23	0,10	0,02	0,07	0,01	0,05	0,07	1,00	0,13	0,09
0,08	0,23	0,03	0,03	0,02	0,03	0,11	0,38	0,09	0,01	1,00	0,18	0,08
0,02	0,09	0,12	0,13	0,19	0,06	0,09	0,10	0,14	0,05	1,00	0,14	0,06
0,04	0,11	0,21	0,22	0,01	0,12	0,21	0,02	0,03	0,04	1,00	0,12	0,07
0,14	0,18	0,03	0,34	0,02	0,04	0,07	0,15	0,02	0,00	1,00	0,14	0,07
0,34	0,02	0,04	0,08	0,06	0,02	0,05	0,02	0,28	0,09	1,00	0,13	0,05
0,15	0,07	0,08	0,02	0,09	0,09	0,02	0,05	0,05	0,38	1,00	0,11	0,06
0,11	0,15	0,01	0,07	0,06	0,19	0,26	0,00	0,13	0,00	1,00	0,13	0,07
0,07	0,13	0,02	0,12	0,14	0,02	0,30	0,09	0,06	0,06	1,00	0,12	0,05
0,03	0,04	0,05	0,04	0,40	0,08	0,05	0,18	0,10	0,04	1,00	0,14	0,07
0,32	0,21	0,06	0,11	0,07	0,08	0,07	0,03	0,04	0,01	1,00	0,13	0,09
0,21	0,06	0,09	0,12	0,03	0,18	0,12	0,06	0,13	0,00	1,00	0,13	0,06
0,13	0,07	0,06	0,04	0,09	0,06	0,08	0,22	0,24	0,01	1,00	0,16	0,04
0,42	0,01	0,17	0,05	0,07	0,04	0,11	0,03	0,07	0,03	1,00	0,11	0,07
0,17	0,01	0,02	0,10	0,11	0,29	0,08	0,05	0,02	0,13	1,00	0,12	0,07
0,02	0,13	0,30	0,16	0,01	0,02	0,13	0,14	0,03	0,07	1,00	0,13	0,08
0,01	0,09	0,11	0,20	0,13	0,10	0,24	0,00	0,10	0,03	1,00	0,12	0,06
0,01	0,11	0,03	0,10	0,15	0,07	0,20	0,16	0,05	0,11	1,00	0,13	0,05
0,59	0,00	0,05	0,00	0,01	0,12	0,00	0,03	0,19	0,01	1,00	0,13	0,10
0,12	0,12	0,41	0,07	0,06	0,12	0,02	0,00	0,06	0,01	1,00	0,12	0,11
0,03	0,14	0,02	0,01	0,48	0,14	0,06	0,01	0,00	0,11	1,00	0,11	0,08
0,16	0,20	0,05	0,08	0,12	0,14	0,15	0,01	0,04	0,04	1,00	0,13	0,09
0,05	0,23	0,06	0,02	0,22	0,06	0,02	0,18	0,07	0,09	1,00	0,15	0,08
0,02	0,35	0,04	0,07	0,10	0,03	0,11	0,12	0,05	0,11	1,00	0,15	0,11
0,18	0,30	0,14	0,01	0,00	0,07	0,20	0,07	0,00	0,03	1,00	0,13	0,12
0,00	0,01	0,14	0,22	0,08	0,19	0,03	0,10	0,08	0,15	1,00	0,13	0,06
0,03	0,15	0,02	0,13	0,04	0,10	0,03	0,20	0,16	0,15	1,00	0,16	0,06
0,15	0,14	0,22	0,06	0,01	0,13	0,03	0,03	0,00	0,23	1,00	0,12	0,09
0,19	0,05	0,05	0,01	0,09	0,08	0,17	0,18	0,09	0,11	1,00	0,13	0,05
0,05	0,03	0,21	0,11	0,00	0,04	0,27	0,08	0,20	0,01	1,00	0,13	0,05
0,06	0,10	0,09	0,26	0,15	0,11	0,03	0,07	0,12	0,03	1,00	0,14	0,07
0,07	0,12	0,03	0,00	0,09	0,14	0,14	0,38	0,00	0,02	1,00	0,16	0,06
0,08	0,14	0,06	0,00	0,05	0,33	0,12	0,05	0,16	0,01	1,00	0,15	0,08
0,04	0,01	0,08	0,12	0,01	0,40	0,19	0,00	0,03	0,12	1,00	0,12	0,07
0,03	0,04	0,02	0,08	0,08	0,39	0,02	0,09	0,25	0,01	1,00	0,17	0,07
0,20	0,25	0,15	0,04	0,01	0,06	0,04	0,03	0,17	0,06	1,00	0,15	0,10
0,07	0,10	0,16	0,16	0,10	0,10	0,00	0,12	0,05	0,14	1,00	0,13	0,06
0,01	0,01	0,17	0,01	0,38	0,03	0,01	0,08	0,12	0,19	1,00	0,12	0,07
0,01	0,03	0,02	0,08	0,12	0,34	0,18	0,08	0,09	0,05	1,00	0,14	0,06
0,11	0,01	0,22	0,03	0,21	0,03	0,07	0,09	0,12	0,12	1,00	0,12	0,06
0,10	0,15	0,00	0,04	0,07	0,18	0,24	0,01	0,11	0,09	1,00	0,13	0,07
0,21	0,01	0,10	0,01	0,22	0,04	0,04	0,03	0,08	0,25	1,00	0,11	0,06
0,10	0,01	0,02	0,09	0,02	0,05	0,34	0,07	0,29	0,02	1,00	0,14	0,03
0,00	0,06	0,04	0,08	0,19	0,04	0,05	0,12	0,13	0,28	1,00	0,13	0,05
0,11	0,28	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	0,02	0,12	0,18	1,00	0,14	0,10

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,00	0,19	0,14	0,17	0,02	0,24	0,06	0,05	0,09	0,03	1,00	0,15	0,09
0,01	0,01	0,00	0,01	0,44	0,28	0,01	0,07	0,07	0,10	1,00	0,13	0,08
0,01	0,05	0,01	0,09	0,53	0,03	0,17	0,02	0,02	0,08	1,00	0,10	0,08
0,08	0,02	0,11	0,15	0,31	0,21	0,06	0,01	0,03	0,04	1,00	0,12	0,08
0,11	0,01	0,04	0,13	0,07	0,19	0,17	0,04	0,14	0,11	1,00	0,13	0,05
0,02	0,07	0,06	0,23	0,02	0,03	0,14	0,11	0,08	0,24	1,00	0,12	0,05
0,08	0,14	0,46	0,02	0,01	0,05	0,07	0,07	0,02	0,09	1,00	0,12	0,12
0,07	0,17	0,01	0,07	0,02	0,00	0,01	0,09	0,25	0,33	1,00	0,15	0,07
0,16	0,10	0,01	0,01	0,03	0,28	0,16	0,02	0,10	0,13	1,00	0,13	0,07
0,18	0,07	0,24	0,01	0,05	0,03	0,10	0,01	0,02	0,31	1,00	0,10	0,07
0,01	0,08	0,24	0,03	0,01	0,08	0,12	0,39	0,00	0,04	1,00	0,16	0,07
0,01	0,06	0,19	0,05	0,21	0,08	0,20	0,11	0,05	0,05	1,00	0,12	0,06
0,05	0,10	0,20	0,12	0,00	0,03	0,02	0,27	0,08	0,13	1,00	0,15	0,06
0,12	0,15	0,13	0,17	0,08	0,20	0,02	0,00	0,10	0,03	1,00	0,14	0,08
0,08	0,17	0,16	0,16	0,01	0,07	0,02	0,17	0,14	0,02	1,00	0,16	0,07
0,08	0,00	0,19	0,01	0,10	0,09	0,11	0,21	0,02	0,19	1,00	0,13	0,06
0,01	0,07	0,07	0,05	0,07	0,47	0,03	0,11	0,04	0,08	1,00	0,15	0,08
0,15	0,06	0,14	0,30	0,19	0,02	0,03	0,03	0,01	0,07	1,00	0,11	0,07
0,42	0,00	0,08	0,07	0,24	0,02	0,03	0,06	0,03	0,04	1,00	0,11	0,07
0,06	0,30	0,12	0,11	0,05	0,11	0,07	0,06	0,11	0,02	1,00	0,15	0,11
0,06	0,02	0,11	0,01	0,15	0,21	0,24	0,18	0,02	0,00	1,00	0,13	0,05
0,12	0,02	0,27	0,16	0,12	0,01	0,04	0,25	0,01	0,00	1,00	0,14	0,07
0,10	0,12	0,07	0,21	0,05	0,00	0,26	0,07	0,06	0,06	1,00	0,12	0,05
0,00	0,11	0,16	0,09	0,26	0,12	0,03	0,14	0,04	0,05	1,00	0,14	0,07
0,02	0,08	0,12	0,06	0,06	0,08	0,04	0,13	0,27	0,13	1,00	0,16	0,05
0,02	0,01	0,10	0,40	0,34	0,02	0,01	0,03	0,00	0,07	1,00	0,11	0,10
0,05	0,04	0,00	0,01	0,33	0,05	0,03	0,17	0,27	0,06	1,00	0,16	0,05
0,23	0,05	0,11	0,05	0,03	0,21	0,01	0,23	0,03	0,05	1,00	0,15	0,07
0,06	0,01	0,18	0,17	0,22	0,02	0,03	0,01	0,20	0,09	1,00	0,13	0,07
0,07	0,08	0,20	0,04	0,16	0,00	0,26	0,04	0,03	0,12	1,00	0,10	0,06
0,03	0,02	0,11	0,02	0,01	0,00	0,01	0,05	0,41	0,33	1,00	0,15	0,05
0,14	0,01	0,04	0,02	0,09	0,27	0,13	0,03	0,26	0,00	1,00	0,15	0,06
0,00	0,13	0,02	0,07	0,02	0,10	0,38	0,11	0,16	0,01	1,00	0,14	0,05
0,01	0,05	0,16	0,17	0,07	0,11	0,03	0,11	0,16	0,12	1,00	0,14	0,06
0,01	0,11	0,08	0,17	0,07	0,18	0,14	0,07	0,08	0,08	1,00	0,13	0,06
0,01	0,04	0,01	0,03	0,09	0,17	0,32	0,15	0,10	0,09	1,00	0,13	0,04
0,00	0,01	0,06	0,06	0,25	0,11	0,01	0,18	0,20	0,12	1,00	0,15	0,05
0,04	0,06	0,07	0,10	0,01	0,03	0,17	0,19	0,33	0,01	1,00	0,17	0,03
0,08	0,07	0,04	0,13	0,30	0,03	0,06	0,13	0,13	0,03	1,00	0,14	0,06
0,04	0,07	0,08	0,11	0,07	0,04	0,15	0,03	0,32	0,09	1,00	0,15	0,04
0,14	0,01	0,13	0,01	0,14	0,22	0,02	0,11	0,13	0,09	1,00	0,14	0,06
0,23	0,22	0,26	0,09	0,03	0,03	0,07	0,00	0,00	0,06	1,00	0,12	0,11
0,02	0,10	0,02	0,29	0,10	0,10	0,19	0,00	0,08	0,09	1,00	0,12	0,06
0,03	0,12	0,08	0,06	0,48	0,13	0,01	0,07	0,01	0,01	1,00	0,13	0,08
0,02	0,03	0,01	0,25	0,02	0,12	0,17	0,09	0,04	0,25	1,00	0,12	0,05
0,01	0,06	0,16	0,12	0,24	0,13	0,06	0,06	0,09	0,07	1,00	0,13	0,07
0,17	0,08	0,00	0,05	0,15	0,08	0,14	0,15	0,13	0,04	1,00	0,14	0,05

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,12	0,06	0,02	0,25	0,21	0,01	0,00	0,16	0,15	0,02	1,00	0,15	0,06
0,02	0,09	0,09	0,12	0,12	0,00	0,27	0,03	0,06	0,19	1,00	0,11	0,05
0,12	0,05	0,01	0,10	0,01	0,00	0,12	0,16	0,39	0,03	1,00	0,17	0,03
0,09	0,03	0,06	0,07	0,13	0,20	0,26	0,02	0,11	0,04	1,00	0,12	0,05
0,22	0,05	0,21	0,13	0,08	0,03	0,01	0,02	0,14	0,10	1,00	0,12	0,06
0,00	0,08	0,12	0,02	0,08	0,07	0,42	0,04	0,05	0,12	1,00	0,10	0,05
0,03	0,05	0,11	0,08	0,12	0,04	0,24	0,04	0,27	0,01	1,00	0,14	0,04
0,18	0,36	0,09	0,08	0,04	0,05	0,04	0,07	0,02	0,08	1,00	0,14	0,13
0,04	0,05	0,05	0,01	0,00	0,16	0,34	0,03	0,05	0,25	1,00	0,11	0,05
0,09	0,01	0,25	0,05	0,21	0,06	0,06	0,10	0,05	0,10	1,00	0,12	0,07
0,03	0,05	0,13	0,07	0,07	0,02	0,00	0,05	0,11	0,47	1,00	0,11	0,06
0,19	0,01	0,01	0,03	0,07	0,00	0,21	0,08	0,35	0,04	1,00	0,15	0,04
0,04	0,33	0,04	0,08	0,27	0,00	0,15	0,04	0,01	0,03	1,00	0,13	0,10
0,30	0,07	0,07	0,02	0,00	0,12	0,01	0,27	0,10	0,03	1,00	0,16	0,07
0,06	0,06	0,14	0,19	0,07	0,01	0,04	0,07	0,18	0,18	1,00	0,13	0,05
0,00	0,00	0,12	0,04	0,08	0,04	0,00	0,45	0,15	0,11	1,00	0,18	0,04
0,14	0,08	0,01	0,21	0,19	0,12	0,04	0,10	0,02	0,09	1,00	0,13	0,07
0,03	0,15	0,04	0,22	0,01	0,09	0,11	0,19	0,08	0,09	1,00	0,15	0,06
0,29	0,01	0,01	0,03	0,08	0,02	0,01	0,04	0,28	0,22	1,00	0,13	0,05
0,08	0,02	0,05	0,07	0,33	0,17	0,01	0,05	0,07	0,15	1,00	0,12	0,07
0,01	0,19	0,15	0,03	0,04	0,15	0,09	0,01	0,08	0,25	1,00	0,13	0,09
0,03	0,05	0,00	0,10	0,06	0,11	0,23	0,19	0,23	0,00	1,00	0,16	0,04
0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,42	0,25	0,04	0,02	0,12	1,00	0,12	0,07
0,13	0,05	0,30	0,26	0,01	0,08	0,02	0,12	0,04	0,01	1,00	0,13	0,07
0,04	0,01	0,00	0,15	0,29	0,01	0,15	0,19	0,03	0,14	1,00	0,12	0,06
0,24	0,10	0,01	0,04	0,05	0,35	0,16	0,01	0,02	0,02	1,00	0,13	0,09
0,07	0,24	0,23	0,04	0,01	0,05	0,08	0,07	0,19	0,03	1,00	0,15	0,10
0,03	0,06	0,10	0,07	0,13	0,00	0,12	0,00	0,45	0,03	1,00	0,16	0,04
0,08	0,05	0,11	0,01	0,15	0,10	0,12	0,32	0,05	0,02	1,00	0,15	0,05
0,04	0,08	0,15	0,17	0,00	0,05	0,19	0,11	0,12	0,09	1,00	0,13	0,05
0,01	0,08	0,21	0,23	0,32	0,02	0,00	0,01	0,10	0,01	1,00	0,12	0,09
0,04	0,05	0,11	0,15	0,03	0,07	0,05	0,09	0,40	0,01	1,00	0,17	0,04
0,07	0,31	0,02	0,11	0,03	0,10	0,10	0,15	0,08	0,02	1,00	0,16	0,11
0,02	0,05	0,22	0,13	0,01	0,08	0,22	0,07	0,06	0,14	1,00	0,12	0,06
0,14	0,10	0,03	0,04	0,12	0,28	0,06	0,15	0,06	0,01	1,00	0,15	0,08
0,05	0,14	0,02	0,20	0,15	0,04	0,16	0,02	0,12	0,08	1,00	0,13	0,06
0,02	0,03	0,04	0,12	0,03	0,09	0,10	0,18	0,39	0,01	1,00	0,18	0,04
0,01	0,12	0,04	0,05	0,26	0,20	0,01	0,01	0,12	0,17	1,00	0,13	0,07
0,05	0,04	0,38	0,02	0,06	0,01	0,20	0,01	0,01	0,22	1,00	0,09	0,09
0,13	0,17	0,02	0,01	0,05	0,06	0,07	0,17	0,05	0,28	1,00	0,14	0,07
0,03	0,27	0,00	0,06	0,01	0,19	0,00	0,16	0,17	0,10	1,00	0,17	0,10
0,04	0,03	0,15	0,15	0,04	0,23	0,02	0,06	0,00	0,28	1,00	0,12	0,07
0,13	0,10	0,02	0,09	0,04	0,08	0,05	0,08	0,04	0,36	1,00	0,12	0,06
0,04	0,22	0,07	0,01	0,14	0,08	0,17	0,03	0,09	0,14	1,00	0,13	0,08
0,09	0,03	0,21	0,27	0,01	0,04	0,04	0,08	0,06	0,16	1,00	0,12	0,06
0,16	0,03	0,13	0,04	0,38	0,06	0,10	0,03	0,05	0,03	1,00	0,11	0,07
0,12	0,15	0,28	0,00	0,03	0,04	0,09	0,24	0,01	0,04	1,00	0,14	0,09

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,30	0,01	0,35	0,03	0,02	0,05	0,09	0,04	0,06	0,05	1,00	0,11	0,09
0,15	0,03	0,14	0,21	0,01	0,02	0,01	0,23	0,03	0,16	1,00	0,13	0,05
0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,01	0,09	0,09	0,19	1,00	0,12	0,07
0,00	0,06	0,00	0,35	0,18	0,07	0,05	0,12	0,05	0,11	1,00	0,13	0,08
0,02	0,07	0,04	0,15	0,23	0,35	0,01	0,03	0,02	0,09	1,00	0,13	0,08
0,19	0,14	0,10	0,19	0,01	0,14	0,04	0,05	0,12	0,02	1,00	0,14	0,07
0,08	0,30	0,13	0,06	0,20	0,07	0,01	0,09	0,06	0,00	1,00	0,15	0,11
0,01	0,05	0,00	0,22	0,08	0,06	0,03	0,11	0,36	0,08	1,00	0,17	0,05
0,18	0,09	0,03	0,18	0,02	0,27	0,02	0,01	0,15	0,04	1,00	0,14	0,08
0,00	0,26	0,16	0,12	0,04	0,03	0,03	0,06	0,04	0,27	1,00	0,13	0,10
0,19	0,03	0,14	0,03	0,02	0,26	0,06	0,04	0,06	0,17	1,00	0,12	0,07
0,01	0,00	0,05	0,03	0,02	0,13	0,17	0,04	0,30	0,26	1,00	0,14	0,04
0,21	0,02	0,09	0,14	0,10	0,17	0,02	0,11	0,11	0,03	1,00	0,14	0,06
0,07	0,03	0,13	0,21	0,07	0,09	0,11	0,14	0,00	0,17	1,00	0,12	0,05
0,06	0,10	0,12	0,47	0,04	0,01	0,09	0,02	0,01	0,10	1,00	0,11	0,07
0,16	0,17	0,12	0,02	0,06	0,02	0,22	0,05	0,06	0,13	1,00	0,12	0,07
0,38	0,08	0,01	0,01	0,00	0,30	0,02	0,16	0,03	0,01	1,00	0,14	0,10
0,01	0,04	0,09	0,02	0,12	0,08	0,34	0,06	0,24	0,01	1,00	0,13	0,04
0,15	0,01	0,28	0,15	0,30	0,03	0,04	0,01	0,01	0,02	1,00	0,10	0,09
0,00	0,02	0,10	0,34	0,03	0,07	0,09	0,01	0,26	0,09	1,00	0,14	0,06
0,23	0,36	0,04	0,01	0,11	0,17	0,01	0,04	0,01	0,01	1,00	0,15	0,14
0,02	0,00	0,23	0,10	0,05	0,12	0,09	0,18	0,17	0,06	1,00	0,15	0,06
0,40	0,01	0,04	0,06	0,04	0,16	0,20	0,05	0,01	0,03	1,00	0,11	0,08
0,13	0,16	0,04	0,04	0,02	0,01	0,16	0,05	0,06	0,33	1,00	0,11	0,07
0,14	0,09	0,10	0,08	0,21	0,05	0,03	0,19	0,10	0,00	1,00	0,15	0,06
0,01	0,28	0,01	0,10	0,06	0,15	0,11	0,02	0,18	0,07	1,00	0,15	0,10
0,05	0,16	0,04	0,05	0,08	0,14	0,09	0,03	0,33	0,05	1,00	0,16	0,07
0,18	0,06	0,00	0,01	0,21	0,02	0,15	0,05	0,01	0,29	1,00	0,10	0,05
0,03	0,04	0,26	0,01	0,06	0,02	0,05	0,11	0,03	0,38	1,00	0,11	0,08
0,37	0,11	0,07	0,15	0,06	0,04	0,02	0,01	0,08	0,09	1,00	0,12	0,07
0,08	0,11	0,07	0,00	0,07	0,06	0,35	0,15	0,01	0,09	1,00	0,12	0,05
0,20	0,09	0,15	0,12	0,04	0,00	0,01	0,25	0,01	0,14	1,00	0,14	0,05
0,00	0,24	0,32	0,01	0,05	0,02	0,07	0,03	0,03	0,22	1,00	0,12	0,12
0,18	0,02	0,03	0,08	0,00	0,00	0,31	0,12	0,24	0,02	1,00	0,14	0,03
0,13	0,07	0,15	0,00	0,07	0,06	0,02	0,12	0,36	0,02	1,00	0,17	0,05
0,06	0,03	0,07	0,06	0,02	0,09	0,19	0,00	0,27	0,21	1,00	0,13	0,04
0,04	0,05	0,33	0,06	0,10	0,01	0,14	0,15	0,11	0,00	1,00	0,13	0,08
0,08	0,10	0,04	0,02	0,19	0,08	0,19	0,09	0,06	0,14	1,00	0,12	0,05
0,20	0,06	0,09	0,11	0,05	0,28	0,01	0,11	0,06	0,02	1,00	0,14	0,08
0,04	0,08	0,02	0,00	0,13	0,23	0,05	0,17	0,13	0,15	1,00	0,15	0,06
0,17	0,18	0,06	0,11	0,04	0,00	0,03	0,29	0,02	0,12	1,00	0,15	0,07
0,04	0,05	0,22	0,01	0,04	0,09	0,24	0,10	0,00	0,21	1,00	0,11	0,06
0,11	0,60	0,01	0,04	0,02	0,02	0,04	0,13	0,01	0,03	1,00	0,17	0,20
0,07	0,09	0,02	0,04	0,06	0,16	0,00	0,08	0,18	0,30	1,00	0,14	0,06
0,16	0,19	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,26	0,27	0,06	1,00	0,18	0,08
0,01	0,16	0,09	0,28	0,09	0,08	0,01	0,06	0,20	0,03	1,00	0,15	0,07
0,02	0,20	0,35	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	1,00	0,13	0,11

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,07	0,02	0,12	0,06	0,05	0,15	0,06	0,15	0,06	0,26	1,00	0,13	0,05
0,01	0,15	0,13	0,09	0,12	0,03	0,11	0,21	0,02	0,13	1,00	0,14	0,06
0,04	0,18	0,03	0,05	0,06	0,06	0,00	0,04	0,52	0,02	1,00	0,19	0,07
0,08	0,33	0,04	0,07	0,05	0,04	0,07	0,26	0,03	0,03	1,00	0,17	0,11
0,14	0,46	0,01	0,02	0,03	0,12	0,02	0,02	0,07	0,11	1,00	0,15	0,16
0,28	0,11	0,16	0,02	0,05	0,03	0,20	0,01	0,10	0,05	1,00	0,11	0,07
0,01	0,01	0,39	0,03	0,00	0,20	0,13	0,09	0,02	0,12	1,00	0,12	0,10
0,09	0,11	0,04	0,11	0,12	0,04	0,06	0,15	0,11	0,17	1,00	0,14	0,05
0,22	0,03	0,14	0,07	0,10	0,01	0,18	0,17	0,05	0,02	1,00	0,12	0,05
0,36	0,02	0,02	0,06	0,08	0,05	0,10	0,02	0,22	0,07	1,00	0,13	0,06
0,01	0,02	0,34	0,21	0,04	0,08	0,05	0,04	0,15	0,05	1,00	0,13	0,08
0,13	0,16	0,01	0,10	0,23	0,16	0,02	0,06	0,05	0,06	1,00	0,14	0,08
0,13	0,01	0,49	0,09	0,05	0,01	0,07	0,08	0,04	0,03	1,00	0,11	0,11
0,07	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02	0,24	0,17	0,23	0,13	1,00	0,14	0,03
0,03	0,08	0,25	0,01	0,09	0,03	0,16	0,21	0,05	0,09	1,00	0,13	0,07
0,09	0,26	0,14	0,02	0,05	0,06	0,16	0,03	0,15	0,04	1,00	0,14	0,10
0,11	0,05	0,07	0,10	0,15	0,12	0,01	0,02	0,36	0,01	1,00	0,16	0,05
0,15	0,01	0,02	0,11	0,12	0,20	0,10	0,13	0,02	0,14	1,00	0,13	0,06
0,01	0,13	0,08	0,08	0,04	0,06	0,26	0,08	0,05	0,21	1,00	0,12	0,06
0,11	0,02	0,03	0,02	0,27	0,32	0,07	0,11	0,04	0,01	1,00	0,13	0,08
0,04	0,01	0,09	0,08	0,05	0,02	0,23	0,05	0,22	0,21	1,00	0,12	0,04
0,02	0,05	0,46	0,00	0,01	0,01	0,06	0,05	0,30	0,02	1,00	0,14	0,11
0,04	0,08	0,14	0,10	0,09	0,11	0,28	0,06	0,06	0,04	1,00	0,12	0,05
0,10	0,02	0,11	0,11	0,11	0,02	0,10	0,09	0,03	0,30	1,00	0,11	0,05
0,19	0,09	0,15	0,03	0,04	0,02	0,15	0,08	0,03	0,22	1,00	0,11	0,06
0,08	0,07	0,04	0,01	0,19	0,31	0,05	0,15	0,06	0,04	1,00	0,15	0,07
0,11	0,06	0,03	0,02	0,05	0,19	0,18	0,24	0,07	0,04	1,00	0,15	0,05
0,26	0,10	0,05	0,03	0,07	0,34	0,09	0,03	0,00	0,02	1,00	0,13	0,10
0,33	0,03	0,04	0,03	0,19	0,13	0,06	0,00	0,09	0,08	1,00	0,12	0,07
0,00	0,03	0,00	0,17	0,37	0,20	0,04	0,03	0,05	0,12	1,00	0,12	0,09
0,04	0,29	0,01	0,22	0,01	0,09	0,19	0,11	0,01	0,02	1,00	0,14	0,10
0,16	0,17	0,01	0,02	0,02	0,15	0,16	0,04	0,21	0,06	1,00	0,15	0,08
0,05	0,22	0,12	0,03	0,01	0,22	0,04	0,07	0,20	0,04	1,00	0,16	0,10
0,13	0,05	0,15	0,07	0,03	0,05	0,14	0,04	0,11	0,22	1,00	0,12	0,05
0,07	0,01	0,03	0,32	0,06	0,07	0,11	0,14	0,16	0,03	1,00	0,14	0,06
0,19	0,17	0,08	0,06	0,11	0,02	0,01	0,03	0,05	0,29	1,00	0,12	0,07
0,21	0,01	0,09	0,01	0,05	0,25	0,13	0,16	0,07	0,01	1,00	0,14	0,07
0,19	0,01	0,01	0,10	0,26	0,06	0,04	0,03	0,09	0,22	1,00	0,11	0,07
0,02	0,02	0,13	0,04	0,11	0,09	0,08	0,19	0,27	0,07	1,00	0,16	0,04
0,06	0,16	0,02	0,25	0,01	0,11	0,14	0,03	0,15	0,07	1,00	0,14	0,06
0,07	0,13	0,01	0,10	0,03	0,02	0,35	0,08	0,21	0,01	1,00	0,14	0,05
0,03	0,08	0,03	0,19	0,02	0,07	0,18	0,19	0,18	0,04	1,00	0,15	0,04
0,19	0,10	0,03	0,13	0,15	0,02	0,19	0,05	0,07	0,07	1,00	0,12	0,05
0,10	0,16	0,17	0,01	0,06	0,12	0,02	0,03	0,15	0,16	1,00	0,14	0,08
0,05	0,05	0,05	0,20	0,02	0,06	0,01	0,05	0,16	0,36	1,00	0,13	0,05
0,24	0,02	0,10	0,14	0,23	0,02	0,01	0,11	0,02	0,09	1,00	0,12	0,06
0,10	0,10	0,24	0,23	0,06	0,09	0,08	0,04	0,04	0,04	1,00	0,12	0,07

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,25	0,07	0,09	0,13	0,03	0,01	0,04	0,27	0,10	0,02	1,00	0,15	0,05
0,05	0,00	0,08	0,15	0,04	0,00	0,19	0,10	0,22	0,17	1,00	0,13	0,04
0,13	0,15	0,01	0,11	0,09	0,10	0,03	0,03	0,29	0,07	1,00	0,16	0,06
0,02	0,12	0,12	0,07	0,09	0,07	0,08	0,13	0,18	0,12	1,00	0,15	0,06
0,09	0,12	0,35	0,07	0,01	0,04	0,17	0,12	0,02	0,03	1,00	0,12	0,09
0,01	0,00	0,11	0,04	0,08	0,06	0,10	0,07	0,12	0,40	1,00	0,11	0,06
0,10	0,14	0,19	0,06	0,04	0,04	0,08	0,13	0,09	0,14	1,00	0,14	0,07
0,03	0,01	0,11	0,07	0,08	0,10	0,08	0,01	0,00	0,49	1,00	0,09	0,07
0,05	0,02	0,05	0,22	0,03	0,24	0,05	0,02	0,15	0,17	1,00	0,13	0,06
0,24	0,01	0,26	0,07	0,13	0,05	0,05	0,01	0,04	0,13	1,00	0,10	0,07
0,01	0,05	0,09	0,03	0,16	0,02	0,08	0,31	0,10	0,15	1,00	0,15	0,04
0,07	0,01	0,12	0,44	0,04	0,14	0,05	0,08	0,02	0,04	1,00	0,13	0,08
0,11	0,08	0,06	0,08	0,04	0,04	0,19	0,09	0,08	0,23	1,00	0,12	0,05
0,02	0,17	0,07	0,13	0,05	0,08	0,13	0,06	0,23	0,06	1,00	0,15	0,06
0,04	0,08	0,16	0,10	0,04	0,15	0,02	0,15	0,04	0,21	1,00	0,13	0,06
0,22	0,17	0,06	0,10	0,06	0,17	0,01	0,04	0,05	0,11	1,00	0,13	0,09
0,07	0,13	0,00	0,38	0,12	0,06	0,01	0,07	0,08	0,07	1,00	0,14	0,07
0,15	0,11	0,05	0,11	0,06	0,02	0,03	0,27	0,13	0,07	1,00	0,16	0,05
0,01	0,06	0,20	0,14	0,17	0,12	0,02	0,08	0,15	0,06	1,00	0,14	0,07
0,06	0,30	0,13	0,01	0,01	0,17	0,17	0,03	0,11	0,02	1,00	0,15	0,12
0,10	0,09	0,13	0,13	0,10	0,04	0,04	0,14	0,10	0,13	1,00	0,14	0,05
0,32	0,00	0,06	0,09	0,00	0,04	0,08	0,12	0,10	0,18	1,00	0,12	0,05
0,11	0,01	0,31	0,05	0,03	0,02	0,09	0,10	0,05	0,24	1,00	0,11	0,08
0,36	0,10	0,05	0,11	0,01	0,17	0,10	0,06	0,03	0,01	1,00	0,13	0,09
0,07	0,03	0,08	0,10	0,03	0,12	0,44	0,00	0,04	0,08	1,00	0,10	0,04
0,11	0,05	0,01	0,02	0,01	0,22	0,02	0,09	0,12	0,35	1,00	0,13	0,06
0,04	0,02	0,31	0,14	0,01	0,23	0,00	0,11	0,01	0,13	1,00	0,13	0,08
0,03	0,24	0,18	0,01	0,07	0,05	0,02	0,00	0,23	0,17	1,00	0,15	0,10
0,25	0,03	0,23	0,08	0,04	0,00	0,06	0,15	0,07	0,08	1,00	0,13	0,06
0,01	0,32	0,00	0,01	0,01	0,05	0,04	0,29	0,24	0,03	1,00	0,20	0,11
0,02	0,22	0,03	0,11	0,14	0,02	0,08	0,04	0,32	0,03	1,00	0,16	0,07
0,00	0,15	0,10	0,04	0,28	0,02	0,18	0,06	0,12	0,06	1,00	0,13	0,06
0,06	0,24	0,10	0,31	0,02	0,09	0,03	0,00	0,04	0,10	1,00	0,13	0,09
0,01	0,14	0,01	0,00	0,01	0,35	0,06	0,09	0,33	0,01	1,00	0,18	0,07
0,03	0,32	0,04	0,14	0,00	0,21	0,06	0,09	0,10	0,01	1,00	0,16	0,11
0,17	0,07	0,01	0,05	0,39	0,11	0,02	0,11	0,03	0,03	1,00	0,13	0,07
0,18	0,01	0,22	0,02	0,11	0,03	0,13	0,01	0,02	0,25	1,00	0,09	0,06
0,06	0,28	0,13	0,09	0,09	0,04	0,04	0,01	0,11	0,14	1,00	0,14	0,10
0,01	0,37	0,09	0,18	0,01	0,07	0,12	0,02	0,05	0,08	1,00	0,14	0,12
0,13	0,21	0,14	0,04	0,09	0,14	0,06	0,08	0,06	0,03	1,00	0,14	0,09
0,00	0,23	0,14	0,00	0,12	0,00	0,11	0,00	0,09	0,31	1,00	0,12	0,09
0,13	0,04	0,11	0,01	0,33	0,12	0,07	0,03	0,04	0,12	1,00	0,11	0,07
0,01	0,14	0,01	0,11	0,07	0,48	0,05	0,09	0,04	0,01	1,00	0,15	0,09
0,04	0,11	0,01	0,32	0,12	0,03	0,18	0,03	0,11	0,07	1,00	0,12	0,06
0,10	0,15	0,09	0,04	0,30	0,04	0,13	0,07	0,06	0,02	1,00	0,13	0,07
0,13	0,08	0,01	0,18	0,27	0,03	0,10	0,00	0,15	0,05	1,00	0,12	0,06
0,08	0,10	0,11	0,27	0,19	0,05	0,00	0,08	0,06	0,06	1,00	0,13	0,07

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,00	0,09	0,07	0,19	0,23	0,06	0,04	0,02	0,05	0,26	1,00	0,11	0,07
0,02	0,12	0,15	0,19	0,15	0,09	0,06	0,08	0,12	0,03	1,00	0,14	0,07
0,23	0,03	0,01	0,09	0,09	0,09	0,01	0,07	0,21	0,16	1,00	0,14	0,06
0,19	0,11	0,11	0,06	0,22	0,04	0,11	0,05	0,09	0,03	1,00	0,12	0,06
0,16	0,19	0,21	0,00	0,00	0,01	0,09	0,18	0,11	0,03	1,00	0,15	0,09
0,01	0,02	0,00	0,20	0,22	0,17	0,14	0,03	0,16	0,05	1,00	0,13	0,07
0,12	0,04	0,05	0,01	0,35	0,07	0,12	0,18	0,01	0,06	1,00	0,12	0,06
0,05	0,19	0,04	0,07	0,04	0,26	0,24	0,06	0,02	0,03	1,00	0,13	0,08
0,07	0,20	0,06	0,39	0,04	0,11	0,08	0,01	0,04	0,00	1,00	0,13	0,08
0,02	0,07	0,07	0,06	0,13	0,07	0,17	0,06	0,08	0,26	1,00	0,12	0,05
0,10	0,22	0,05	0,14	0,05	0,11	0,03	0,02	0,20	0,08	1,00	0,15	0,08
0,14	0,17	0,05	0,12	0,02	0,24	0,13	0,01	0,01	0,11	1,00	0,12	0,08
0,12	0,10	0,27	0,01	0,21	0,01	0,06	0,08	0,10	0,04	1,00	0,13	0,08
0,14	0,20	0,10	0,22	0,09	0,00	0,05	0,05	0,08	0,08	1,00	0,13	0,07
0,06	0,01	0,06	0,03	0,23	0,12	0,17	0,15	0,12	0,05	1,00	0,13	0,05
0,26	0,10	0,06	0,02	0,04	0,00	0,23	0,26	0,01	0,02	1,00	0,14	0,06
0,08	0,16	0,15	0,39	0,02	0,02	0,01	0,08	0,06	0,03	1,00	0,14	0,07
0,08	0,01	0,10	0,02	0,02	0,00	0,28	0,01	0,46	0,03	1,00	0,15	0,04
0,28	0,01	0,06	0,06	0,10	0,08	0,08	0,05	0,07	0,20	1,00	0,11	0,06
0,11	0,05	0,08	0,23	0,02	0,02	0,13	0,21	0,02	0,13	1,00	0,13	0,04
0,16	0,02	0,03	0,16	0,01	0,25	0,02	0,02	0,09	0,24	1,00	0,12	0,07
0,21	0,15	0,03	0,06	0,06	0,01	0,13	0,17	0,07	0,13	1,00	0,14	0,06
0,15	0,13	0,20	0,18	0,10	0,00	0,02	0,03	0,05	0,15	1,00	0,12	0,07
0,13	0,38	0,02	0,03	0,02	0,12	0,02	0,06	0,20	0,01	1,00	0,17	0,14
0,21	0,17	0,17	0,02	0,25	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	1,00	0,12	0,08
0,06	0,23	0,02	0,13	0,04	0,01	0,05	0,20	0,12	0,15	1,00	0,16	0,08
0,05	0,17	0,07	0,07	0,02	0,06	0,17	0,20	0,04	0,15	1,00	0,14	0,07
0,08	0,03	0,04	0,13	0,03	0,11	0,25	0,03	0,03	0,26	1,00	0,10	0,05
0,03	0,23	0,01	0,01	0,05	0,02	0,19	0,15	0,28	0,03	1,00	0,17	0,08
0,14	0,03	0,07	0,12	0,01	0,02	0,07	0,23	0,26	0,04	1,00	0,16	0,03
0,07	0,00	0,01	0,18	0,33	0,19	0,02	0,10	0,09	0,01	1,00	0,14	0,09
0,19	0,15	0,16	0,01	0,03	0,00	0,23	0,03	0,13	0,07	1,00	0,12	0,07
0,11	0,03	0,10	0,04	0,02	0,29	0,00	0,19	0,18	0,04	1,00	0,16	0,06
0,09	0,00	0,03	0,01	0,16	0,19	0,01	0,03	0,31	0,18	1,00	0,15	0,05
0,21	0,12	0,01	0,21	0,05	0,01	0,00	0,01	0,28	0,08	1,00	0,15	0,06
0,15	0,11	0,01	0,16	0,07	0,03	0,04	0,01	0,38	0,02	1,00	0,16	0,05
0,42	0,03	0,03	0,15	0,01	0,16	0,01	0,12	0,03	0,04	1,00	0,13	0,08
0,22	0,14	0,19	0,01	0,07	0,01	0,18	0,05	0,03	0,11	1,00	0,11	0,08
0,02	0,21	0,18	0,12	0,16	0,12	0,00	0,05	0,06	0,06	1,00	0,14	0,09
0,08	0,05	0,02	0,07	0,22	0,01	0,28	0,04	0,03	0,21	1,00	0,10	0,05
0,06	0,02	0,15	0,20	0,06	0,32	0,00	0,00	0,16	0,03	1,00	0,14	0,07
0,20	0,10	0,01	0,06	0,11	0,02	0,13	0,10	0,11	0,15	1,00	0,13	0,05
0,03	0,02	0,20	0,01	0,22	0,01	0,34	0,01	0,02	0,13	1,00	0,09	0,06
0,43	0,03	0,11	0,02	0,09	0,05	0,10	0,04	0,12	0,01	1,00	0,12	0,07
0,02	0,03	0,16	0,02	0,13	0,03	0,03	0,00	0,40	0,19	1,00	0,15	0,05
0,11	0,02	0,12	0,26	0,01	0,21	0,07	0,03	0,17	0,00	1,00	0,14	0,06
0,08	0,14	0,16	0,03	0,01	0,03	0,13	0,00	0,30	0,10	1,00	0,14	0,07

Szén	K olaj	Földgáz	Nukleáris	Nukleáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,04	0,27	0,27	0,05	0,04	0,13	0,04	0,06	0,06	0,03	1,00	0,14	0,12
0,06	0,03	0,08	0,15	0,03	0,23	0,06	0,17	0,08	0,10	1,00	0,15	0,06
0,05	0,05	0,05	0,15	0,09	0,15	0,01	0,12	0,32	0,02	1,00	0,17	0,05
0,27	0,12	0,16	0,10	0,11	0,03	0,04	0,00	0,09	0,07	1,00	0,12	0,07
0,14	0,02	0,11	0,17	0,15	0,01	0,10	0,18	0,11	0,00	1,00	0,14	0,05
0,02	0,15	0,06	0,02	0,10	0,06	0,09	0,35	0,10	0,05	1,00	0,17	0,06
0,04	0,08	0,21	0,02	0,26	0,21	0,01	0,04	0,07	0,05	1,00	0,13	0,08
0,01	0,34	0,05	0,07	0,21	0,03	0,02	0,02	0,16	0,08	1,00	0,15	0,11
0,01	0,03	0,10	0,24	0,09	0,02	0,06	0,00	0,17	0,28	1,00	0,12	0,06
0,07	0,22	0,04	0,05	0,13	0,20	0,09	0,03	0,04	0,14	1,00	0,13	0,09
0,07	0,00	0,01	0,03	0,12	0,22	0,20	0,11	0,16	0,08	1,00	0,14	0,05
0,03	0,17	0,01	0,06	0,05	0,18	0,14	0,25	0,09	0,02	1,00	0,16	0,07
0,01	0,35	0,23	0,03	0,05	0,12	0,01	0,06	0,04	0,10	1,00	0,15	0,14
0,20	0,01	0,00	0,00	0,15	0,10	0,03	0,35	0,05	0,10	1,00	0,15	0,05
0,08	0,20	0,18	0,06	0,09	0,12	0,08	0,09	0,01	0,09	1,00	0,13	0,09
0,05	0,20	0,21	0,27	0,08	0,07	0,01	0,01	0,03	0,07	1,00	0,13	0,09
0,01	0,06	0,08	0,14	0,03	0,05	0,52	0,04	0,00	0,07	1,00	0,10	0,04
0,07	0,05	0,38	0,23	0,02	0,03	0,01	0,16	0,02	0,03	1,00	0,13	0,09
0,01	0,06	0,04	0,01	0,04	0,36	0,09	0,14	0,02	0,23	1,00	0,14	0,06
0,08	0,04	0,05	0,16	0,23	0,15	0,09	0,01	0,03	0,16	1,00	0,11	0,07
0,05	0,16	0,06	0,20	0,11	0,00	0,07	0,02	0,18	0,15	1,00	0,14	0,06
0,03	0,00	0,08	0,12	0,05	0,03	0,10	0,17	0,10	0,30	1,00	0,13	0,05
0,13	0,06	0,10	0,05	0,18	0,05	0,01	0,05	0,30	0,06	1,00	0,15	0,05
0,10	0,07	0,09	0,00	0,22	0,06	0,08	0,19	0,07	0,12	1,00	0,14	0,05
0,03	0,37	0,06	0,06	0,33	0,02	0,02	0,04	0,01	0,06	1,00	0,14	0,12
0,00	0,02	0,19	0,31	0,01	0,07	0,09	0,15	0,11	0,06	1,00	0,14	0,06
0,03	0,04	0,00	0,05	0,17	0,10	0,05	0,01	0,32	0,24	1,00	0,14	0,05
0,12	0,12	0,02	0,04	0,45	0,07	0,07	0,10	0,01	0,00	1,00	0,13	0,07
0,08	0,08	0,21	0,03	0,21	0,08	0,07	0,11	0,04	0,08	1,00	0,13	0,07
0,07	0,08	0,01	0,07	0,15	0,14	0,14	0,01	0,22	0,10	1,00	0,14	0,05
0,12	0,02	0,15	0,21	0,10	0,09	0,14	0,12	0,00	0,04	1,00	0,12	0,06
0,09	0,18	0,00	0,04	0,04	0,22	0,09	0,03	0,28	0,03	1,00	0,16	0,08
0,01	0,18	0,21	0,21	0,06	0,01	0,08	0,06	0,15	0,03	1,00	0,14	0,08
0,06	0,03	0,18	0,01	0,07	0,21	0,08	0,01	0,00	0,35	1,00	0,10	0,07
0,01	0,01	0,08	0,12	0,14	0,15	0,32	0,02	0,12	0,03	1,00	0,12	0,05
0,05	0,10	0,07	0,21	0,08	0,02	0,01	0,01	0,43	0,01	1,00	0,17	0,05
0,07	0,28	0,20	0,13	0,19	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	1,00	0,13	0,11
0,20	0,06	0,25	0,02	0,09	0,02	0,03	0,10	0,14	0,10	1,00	0,13	0,07
0,05	0,04	0,06	0,02	0,24	0,07	0,11	0,07	0,07	0,27	1,00	0,11	0,05
0,04	0,04	0,02	0,09	0,05	0,05	0,12	0,13	0,04	0,41	1,00	0,11	0,05
0,01	0,05	0,21	0,01	0,08	0,01	0,00	0,13	0,06	0,45	1,00	0,12	0,07
0,19	0,11	0,03	0,12	0,06	0,10	0,03	0,00	0,08	0,27	1,00	0,12	0,07
0,21	0,10	0,11	0,01	0,06	0,05	0,27	0,12	0,02	0,06	1,00	0,12	0,06
0,01	0,08	0,12	0,00	0,07	0,01	0,04	0,30	0,17	0,21	1,00	0,16	0,05
0,16	0,13	0,03	0,05	0,10	0,12	0,22	0,07	0,08	0,05	1,00	0,13	0,06
0,01	0,33	0,04	0,14	0,01	0,01	0,01	0,29	0,06	0,09	1,00	0,17	0,11
0,18	0,09	0,19	0,10	0,00	0,01	0,22	0,00	0,00	0,20	1,00	0,10	0,06

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,08	0,02	0,26	0,11	0,09	0,01	0,05	0,16	0,15	0,07	1,00	0,14	0,06
0,15	0,00	0,16	0,12	0,29	0,01	0,03	0,13	0,09	0,04	1,00	0,13	0,06
0,03	0,16	0,10	0,10	0,01	0,03	0,09	0,02	0,13	0,32	1,00	0,12	0,07
0,04	0,08	0,06	0,10	0,05	0,10	0,39	0,01	0,05	0,11	1,00	0,11	0,05
0,02	0,27	0,08	0,23	0,00	0,01	0,09	0,23	0,04	0,04	1,00	0,16	0,09
0,14	0,04	0,04	0,11	0,05	0,15	0,05	0,02	0,01	0,40	1,00	0,10	0,06
0,06	0,04	0,21	0,10	0,16	0,11	0,05	0,18	0,02	0,08	1,00	0,13	0,07
0,01	0,10	0,13	0,05	0,04	0,01	0,37	0,03	0,24	0,02	1,00	0,13	0,05
0,25	0,09	0,02	0,07	0,16	0,12	0,08	0,01	0,15	0,05	1,00	0,13	0,07
0,26	0,02	0,13	0,05	0,04	0,12	0,06	0,01	0,08	0,22	1,00	0,11	0,06
0,05	0,19	0,05	0,11	0,04	0,31	0,12	0,05	0,00	0,08	1,00	0,14	0,09
0,13	0,30	0,05	0,29	0,01	0,07	0,01	0,01	0,04	0,10	1,00	0,14	0,11
0,02	0,06	0,04	0,06	0,01	0,01	0,08	0,18	0,12	0,40	1,00	0,13	0,05
0,43	0,02	0,12	0,02	0,02	0,14	0,06	0,01	0,04	0,13	1,00	0,11	0,08
0,01	0,13	0,04	0,04	0,13	0,18	0,27	0,05	0,00	0,15	1,00	0,12	0,06
0,16	0,06	0,14	0,09	0,15	0,02	0,07	0,07	0,03	0,20	1,00	0,11	0,05
0,01	0,06	0,09	0,11	0,29	0,02	0,13	0,17	0,05	0,07	1,00	0,13	0,06
0,00	0,04	0,13	0,14	0,12	0,19	0,07	0,02	0,07	0,23	1,00	0,12	0,06
0,41	0,03	0,02	0,22	0,09	0,06	0,09	0,03	0,02	0,03	1,00	0,11	0,07
0,01	0,05	0,06	0,00	0,34	0,28	0,00	0,10	0,04	0,10	1,00	0,14	0,07
0,00	0,01	0,10	0,06	0,07	0,02	0,23	0,02	0,23	0,27	1,00	0,12	0,04
0,08	0,02	0,02	0,01	0,16	0,01	0,14	0,28	0,00	0,27	1,00	0,13	0,04
0,11	0,25	0,15	0,03	0,26	0,01	0,09	0,06	0,03	0,01	1,00	0,13	0,09
0,10	0,00	0,02	0,19	0,13	0,13	0,18	0,01	0,24	0,01	1,00	0,13	0,06
0,16	0,08	0,11	0,04	0,04	0,09	0,02	0,33	0,10	0,01	1,00	0,17	0,06
0,02	0,50	0,00	0,12	0,09	0,04	0,08	0,00	0,08	0,06	1,00	0,15	0,16
0,15	0,00	0,02	0,31	0,07	0,02	0,07	0,04	0,04	0,29	1,00	0,10	0,06
0,07	0,02	0,17	0,11	0,23	0,04	0,14	0,01	0,07	0,16	1,00	0,10	0,06
0,11	0,18	0,04	0,09	0,04	0,23	0,01	0,12	0,02	0,15	1,00	0,14	0,08
0,15	0,06	0,13	0,09	0,01	0,29	0,09	0,06	0,03	0,08	1,00	0,13	0,07
0,00	0,38	0,16	0,04	0,07	0,03	0,14	0,04	0,01	0,13	1,00	0,13	0,14
0,07	0,18	0,12	0,04	0,01	0,02	0,38	0,06	0,04	0,07	1,00	0,12	0,07
0,26	0,03	0,03	0,07	0,06	0,04	0,21	0,10	0,06	0,14	1,00	0,11	0,05
0,00	0,02	0,01	0,02	0,10	0,11	0,41	0,03	0,12	0,18	1,00	0,11	0,04
0,04	0,18	0,26	0,01	0,02	0,02	0,25	0,18	0,02	0,03	1,00	0,13	0,09
0,13	0,12	0,10	0,09	0,28	0,01	0,02	0,04	0,00	0,21	1,00	0,11	0,06
0,09	0,09	0,29	0,06	0,13	0,05	0,05	0,17	0,03	0,04	1,00	0,13	0,08
0,00	0,07	0,14	0,26	0,00	0,05	0,04	0,24	0,20	0,01	1,00	0,17	0,05
0,05	0,02	0,20	0,02	0,03	0,02	0,43	0,20	0,02	0,01	1,00	0,12	0,05
0,10	0,06	0,15	0,03	0,04	0,08	0,08	0,12	0,27	0,08	1,00	0,15	0,05
0,04	0,05	0,01	0,04	0,07	0,09	0,42	0,13	0,07	0,09	1,00	0,12	0,04
0,12	0,15	0,34	0,01	0,07	0,02	0,05	0,07	0,08	0,08	1,00	0,13	0,10
0,21	0,02	0,10	0,24	0,09	0,01	0,15	0,09	0,05	0,05	1,00	0,12	0,05
0,02	0,27	0,02	0,01	0,03	0,21	0,20	0,12	0,09	0,04	1,00	0,15	0,10
0,02	0,03	0,05	0,10	0,13	0,08	0,07	0,39	0,01	0,10	1,00	0,16	0,04
0,33	0,13	0,08	0,06	0,03	0,05	0,05	0,07	0,16	0,03	1,00	0,14	0,08
0,06	0,07	0,19	0,02	0,17	0,02	0,28	0,02	0,10	0,07	1,00	0,11	0,06

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,30	0,12	0,03	0,01	0,03	0,19	0,10	0,01	0,19	0,02	1,00	0,14	0,09
0,09	0,01	0,08	0,08	0,02	0,22	0,16	0,24	0,03	0,06	1,00	0,14	0,05
0,05	0,04	0,25	0,00	0,25	0,01	0,30	0,02	0,06	0,02	1,00	0,10	0,07
0,03	0,00	0,17	0,27	0,26	0,00	0,00	0,01	0,04	0,21	1,00	0,10	0,08
0,06	0,13	0,05	0,21	0,00	0,32	0,03	0,05	0,13	0,02	1,00	0,15	0,08
0,13	0,11	0,02	0,02	0,21	0,03	0,05	0,06	0,12	0,26	1,00	0,12	0,06
0,21	0,10	0,12	0,09	0,00	0,03	0,03	0,09	0,02	0,30	1,00	0,11	0,06
0,25	0,05	0,01	0,12	0,03	0,01	0,31	0,13	0,00	0,07	1,00	0,11	0,05
0,02	0,02	0,03	0,01	0,04	0,28	0,13	0,17	0,19	0,13	1,00	0,15	0,05
0,08	0,09	0,04	0,06	0,07	0,15	0,01	0,11	0,02	0,38	1,00	0,12	0,06
0,01	0,09	0,01	0,50	0,04	0,03	0,05	0,07	0,08	0,11	1,00	0,13	0,07
0,05	0,10	0,14	0,01	0,13	0,06	0,08	0,01	0,02	0,40	1,00	0,10	0,07
0,06	0,10	0,38	0,09	0,10	0,01	0,16	0,00	0,07	0,02	1,00	0,11	0,10
0,24	0,25	0,02	0,05	0,04	0,14	0,05	0,13	0,00	0,09	1,00	0,14	0,10
0,07	0,22	0,01	0,03	0,08	0,03	0,11	0,16	0,10	0,18	1,00	0,15	0,08
0,00	0,02	0,07	0,09	0,03	0,20	0,32	0,15	0,12	0,00	1,00	0,14	0,04
0,10	0,19	0,16	0,07	0,01	0,23	0,13	0,11	0,00	0,00	1,00	0,14	0,09
0,01	0,01	0,18	0,16	0,12	0,02	0,01	0,06	0,16	0,29	1,00	0,12	0,06
0,16	0,03	0,04	0,06	0,02	0,08	0,11	0,05	0,04	0,40	1,00	0,10	0,06
0,19	0,17	0,16	0,15	0,00	0,14	0,05	0,00	0,04	0,09	1,00	0,12	0,09
0,00	0,00	0,04	0,26	0,16	0,32	0,07	0,01	0,06	0,08	1,00	0,12	0,08
0,05	0,16	0,04	0,11	0,05	0,10	0,19	0,25	0,03	0,02	1,00	0,15	0,06
0,10	0,20	0,25	0,01	0,14	0,03	0,07	0,02	0,11	0,07	1,00	0,13	0,10
0,03	0,04	0,02	0,09	0,03	0,01	0,04	0,42	0,25	0,04	1,00	0,19	0,03
0,35	0,00	0,04	0,00	0,18	0,05	0,03	0,14	0,13	0,09	1,00	0,13	0,06
0,03	0,05	0,13	0,02	0,03	0,16	0,08	0,22	0,23	0,05	1,00	0,17	0,05
0,36	0,22	0,02	0,07	0,05	0,00	0,03	0,04	0,03	0,18	1,00	0,12	0,10
0,10	0,14	0,17	0,14	0,04	0,09	0,06	0,18	0,05	0,03	1,00	0,15	0,07
0,26	0,00	0,04	0,00	0,01	0,30	0,08	0,11	0,18	0,01	1,00	0,15	0,08
0,21	0,18	0,02	0,18	0,15	0,02	0,07	0,08	0,05	0,04	1,00	0,13	0,07
0,11	0,45	0,01	0,23	0,01	0,00	0,01	0,04	0,06	0,08	1,00	0,15	0,14
0,09	0,20	0,09	0,01	0,20	0,16	0,10	0,02	0,05	0,09	1,00	0,13	0,08
0,04	0,02	0,09	0,09	0,05	0,17	0,01	0,33	0,04	0,17	1,00	0,15	0,05
0,31	0,08	0,06	0,07	0,04	0,26	0,04	0,04	0,02	0,09	1,00	0,12	0,09
0,05	0,13	0,07	0,00	0,19	0,10	0,39	0,02	0,03	0,02	1,00	0,11	0,06
0,09	0,02	0,04	0,01	0,04	0,04	0,44	0,01	0,17	0,13	1,00	0,11	0,03
0,18	0,07	0,07	0,04	0,03	0,15	0,01	0,12	0,19	0,16	1,00	0,15	0,06
0,21	0,06	0,05	0,15	0,06	0,11	0,03	0,11	0,08	0,16	1,00	0,13	0,06
0,07	0,04	0,20	0,16	0,16	0,20	0,03	0,05	0,02	0,08	1,00	0,12	0,08
0,06	0,15	0,06	0,01	0,06	0,00	0,45	0,09	0,08	0,04	1,00	0,12	0,06
0,03	0,00	0,12	0,05	0,26	0,13	0,06	0,07	0,11	0,18	1,00	0,12	0,06
0,12	0,02	0,05	0,16	0,08	0,00	0,04	0,40	0,07	0,05	1,00	0,16	0,04
0,12	0,17	0,07	0,03	0,28	0,11	0,08	0,02	0,06	0,05	1,00	0,13	0,07
0,23	0,06	0,16	0,03	0,02	0,17	0,03	0,03	0,27	0,01	1,00	0,15	0,07
0,08	0,21	0,07	0,05	0,18	0,11	0,03	0,01	0,12	0,13	1,00	0,14	0,08
0,08	0,01	0,02	0,20	0,12	0,04	0,02	0,02	0,18	0,32	1,00	0,12	0,06
0,11	0,40	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,02	0,19	0,19	1,00	0,16	0,14

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,04	0,10	0,44	0,02	0,06	0,00	0,19	0,15	0,00	0,01	1,00	0,12	0,11
0,12	0,06	0,22	0,04	0,04	0,03	0,01	0,02	0,25	0,21	1,00	0,13	0,06
0,05	0,09	0,12	0,32	0,15	0,00	0,09	0,06	0,08	0,03	1,00	0,13	0,06
0,07	0,01	0,12	0,04	0,06	0,28	0,04	0,11	0,21	0,07	1,00	0,15	0,06
0,06	0,04	0,03	0,14	0,11	0,07	0,05	0,14	0,17	0,18	1,00	0,14	0,05
0,08	0,04	0,05	0,11	0,05	0,02	0,18	0,13	0,32	0,02	1,00	0,15	0,03
0,03	0,11	0,14	0,00	0,07	0,52	0,02	0,06	0,02	0,03	1,00	0,15	0,10
0,27	0,11	0,00	0,08	0,11	0,07	0,00	0,10	0,02	0,23	1,00	0,12	0,07
0,16	0,07	0,18	0,04	0,00	0,09	0,17	0,13	0,12	0,04	1,00	0,14	0,06
0,06	0,10	0,03	0,16	0,11	0,04	0,08	0,05	0,08	0,29	1,00	0,12	0,06
0,10	0,07	0,22	0,05	0,00	0,26	0,13	0,07	0,09	0,01	1,00	0,14	0,08
0,03	0,02	0,04	0,27	0,04	0,09	0,19	0,20	0,01	0,11	1,00	0,13	0,05
0,07	0,10	0,13	0,13	0,04	0,29	0,02	0,12	0,02	0,07	1,00	0,14	0,07
0,18	0,19	0,14	0,00	0,20	0,02	0,02	0,08	0,05	0,12	1,00	0,13	0,08
0,10	0,02	0,19	0,13	0,07	0,08	0,02	0,06	0,02	0,31	1,00	0,11	0,06
0,00	0,09	0,02	0,25	0,01	0,02	0,16	0,01	0,01	0,41	1,00	0,10	0,06
0,05	0,06	0,21	0,11	0,01	0,10	0,29	0,05	0,00	0,11	1,00	0,11	0,06
0,11	0,01	0,00	0,07	0,02	0,17	0,11	0,17	0,29	0,05	1,00	0,16	0,04
0,19	0,48	0,04	0,09	0,02	0,08	0,00	0,04	0,01	0,04	1,00	0,15	0,17
0,11	0,20	0,03	0,02	0,16	0,10	0,06	0,03	0,04	0,24	1,00	0,12	0,08
0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20	0,33	0,09	0,13	0,04	1,00	0,13	0,04
0,00	0,14	0,03	0,04	0,06	0,01	0,04	0,06	0,25	0,36	1,00	0,14	0,06
0,00	0,03	0,01	0,01	0,02	0,07	0,12	0,14	0,08	0,51	1,00	0,12	0,06
0,11	0,04	0,11	0,06	0,07	0,00	0,16	0,40	0,02	0,02	1,00	0,15	0,04
0,07	0,14	0,13	0,13	0,04	0,01	0,23	0,04	0,10	0,11	1,00	0,12	0,06
0,03	0,15	0,19	0,07	0,14	0,08	0,15	0,01	0,13	0,05	1,00	0,13	0,07
0,28	0,13	0,03	0,12	0,02	0,07	0,09	0,10	0,13	0,03	1,00	0,14	0,07
0,06	0,24	0,00	0,10	0,10	0,04	0,06	0,05	0,22	0,14	1,00	0,15	0,08
0,13	0,02	0,00	0,16	0,00	0,06	0,21	0,10	0,26	0,04	1,00	0,14	0,04
0,03	0,08	0,04	0,04	0,17	0,21	0,08	0,00	0,01	0,35	1,00	0,11	0,07
0,01	0,01	0,17	0,00	0,15	0,05	0,07	0,08	0,15	0,30	1,00	0,12	0,06
0,16	0,04	0,03	0,01	0,12	0,33	0,05	0,14	0,01	0,11	1,00	0,14	0,07
0,13	0,06	0,12	0,36	0,00	0,01	0,00	0,01	0,09	0,21	1,00	0,12	0,06
0,03	0,04	0,09	0,21	0,13	0,04	0,07	0,03	0,05	0,29	1,00	0,11	0,06
0,00	0,24	0,11	0,08	0,06	0,03	0,04	0,17	0,24	0,02	1,00	0,17	0,09
0,06	0,08	0,11	0,07	0,15	0,02	0,11	0,12	0,18	0,09	1,00	0,14	0,05
0,05	0,16	0,03	0,13	0,11	0,03	0,14	0,07	0,13	0,16	1,00	0,13	0,06
0,02	0,09	0,06	0,23	0,21	0,10	0,10	0,09	0,04	0,07	1,00	0,13	0,07

Szén	K olaj	Föld-gáz	Nuk-leáris	Nuk-leáris fejlett	Bio-massza	On-shore szél	Nap PV	Nap termál CSP	Geo-term	Σ	várható érték	szórás
0,02	0,02	0,08	0,14	0,08	0,17	0,13	0,02	0,02	0,33	1,00	0,10	0,06
0,01	0,37	0,23	0,03	0,09	0,14	0,02	0,01	0,02	0,09	1,00	0,14	0,14
0,00	0,09	0,05	0,13	0,04	0,10	0,03	0,22	0,20	0,14	1,00	0,16	0,05
0,09	0,10	0,07	0,09	0,18	0,14	0,20	0,03	0,07	0,04	1,00	0,12	0,06
0,19	0,02	0,43	0,07	0,01	0,03	0,03	0,11	0,00	0,11	1,00	0,11	0,10
0,02	0,03	0,10	0,07	0,12	0,24	0,03	0,08	0,22	0,08	1,00	0,15	0,06
0,01	0,06	0,03	0,06	0,16	0,08	0,09	0,38	0,13	0,01	1,00	0,17	0,04
0,04	0,30	0,22	0,01	0,01	0,13	0,09	0,04	0,10	0,07	1,00	0,14	0,13
0,01	0,07	0,02	0,03	0,19	0,02	0,44	0,03	0,07	0,11	1,00	0,10	0,04
0,05	0,07	0,16	0,04	0,04	0,04	0,13	0,35	0,10	0,02	1,00	0,16	0,05
0,12	0,10	0,10	0,03	0,03	0,12	0,01	0,23	0,25	0,00	1,00	0,17	0,06
0,03	0,02	0,13	0,08	0,51	0,04	0,01	0,06	0,07	0,05	1,00	0,12	0,09
0,15	0,02	0,06	0,12	0,06	0,08	0,08	0,28	0,09	0,05	1,00	0,15	0,04
0,17	0,09	0,07	0,06	0,05	0,10	0,14	0,17	0,05	0,10	1,00	0,13	0,06
0,06	0,03	0,03	0,05	0,17	0,09	0,08	0,10	0,26	0,14	1,00	0,15	0,04
0,01	0,13	0,15	0,06	0,09	0,02	0,03	0,03	0,11	0,38	1,00	0,12	0,07
0,10	0,02	0,13	0,00	0,36	0,02	0,14	0,12	0,07	0,05	1,00	0,12	0,06
0,08	0,01	0,12	0,08	0,08	0,08	0,16	0,06	0,19	0,16	1,00	0,13	0,04
0,03	0,08	0,05	0,10	0,18	0,08	0,09	0,22	0,09	0,08	1,00	0,15	0,05
0,24	0,18	0,09	0,00	0,04	0,02	0,10	0,05	0,28	0,01	1,00	0,15	0,08
0,16	0,05	0,05	0,20	0,03	0,12	0,16	0,04	0,12	0,07	1,00	0,13	0,05
0,10	0,03	0,07	0,01	0,23	0,01	0,15	0,01	0,32	0,07	1,00	0,13	0,04
0,41	0,18	0,01	0,04	0,02	0,03	0,18	0,04	0,07	0,01	1,00	0,12	0,10
0,02	0,05	0,06	0,19	0,05	0,04	0,04	0,13	0,38	0,05	1,00	0,17	0,04
0,14	0,03	0,21	0,01	0,01	0,17	0,04	0,04	0,08	0,29	1,00	0,12	0,07
0,26	0,01	0,04	0,21	0,12	0,01	0,22	0,02	0,01	0,08	1,00	0,10	0,06
0,02	0,02	0,18	0,04	0,04	0,00	0,10	0,03	0,27	0,28	1,00	0,13	0,06
0,09	0,14	0,14	0,00	0,05	0,15	0,21	0,04	0,02	0,15	1,00	0,12	0,08
0,26	0,06	0,09	0,15	0,07	0,07	0,05	0,12	0,06	0,07	1,00	0,13	0,06
0,08	0,06	0,10	0,01	0,04	0,13	0,00	0,42	0,15	0,02	1,00	0,18	0,05
0,06	0,29	0,04	0,02	0,07	0,20	0,15	0,03	0,01	0,13	1,00	0,13	0,11
0,08	0,02	0,03	0,09	0,08	0,06	0,16	0,16	0,27	0,05	1,00	0,15	0,04
0,10	0,05	0,48	0,19	0,00	0,03	0,01	0,03	0,07	0,04	1,00	0,12	0,11
0,09	0,11	0,15	0,01	0,01	0,09	0,10	0,07	0,03	0,34	1,00	0,11	0,07
0,15	0,05	0,07	0,08	0,05	0,15	0,29	0,01	0,09	0,06	1,00	0,12	0,05

Forrás: Saját számítás

11. számú melléklet Nettó jelenérték számítás illusztráció

Szén er m input adatok

Technológia	MÉRTÉKEGYSÉG	Szén (PC)
méret		495
CC	\$/kw	2170,133854
O&M FC	\$/kw	30,48333333
O&M VC	\$/MWh	7,211666667
ÜA	\$/MWh	18,87142857
karbon	\$/MWh	24
0.	év	0
KI	év	3,5
HÉ	év	37,5
n	év	41
r	%	0,1
CF	%	0,83
EFF	%	0,41
ár		125

NPV és IRR számítás egyenlete:

$$FCF = \sum_{t=1}^n 8760 \cdot TF \cdot méret \cdot ár - O \& M \text{ FC} \cdot 1000 \cdot méret - O \& M \text{ VC} \cdot 8760 \cdot TF \cdot méret - \ddot{U}A \cdot 8760 \cdot TF \cdot méret$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - CC \cdot 1000 \cdot méret \quad IRR = \sum_{t=1}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} = CC \cdot 1000 \cdot méret \Rightarrow NPV = 0$$

Év	termelés	Bevétel	M kódési FC	M kódési VC	F t anyag költség	Karbon	Beruházási költség	Free cash-flow	PV0	NPV
0							1 074 501 000	-1 074 501 000	2 361 040 619	1 286 539 619
1	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	230 378 490	
2	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	208 455 078	
3	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	188 617 955	
4	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	170 668 583	
5	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	154 427 320	
6	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	139 731 618	
7	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	126 434 396	
8	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	114 402 573	
9	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	103 515 728	
10	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	93 664 904	
11	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	84 751 510	
12	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	76 686 338	
13	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	69 388 668	
14	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	62 785 463	
15	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	56 810 636	
16	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	51 404 389	
17	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	46 512 615	
18	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	42 086 354	
19	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	38 081 308	
20	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	34 457 393	
21	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	31 178 338	
22	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	28 211 327	
23	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	25 526 664	
24	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	23 097 481	
25	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	20 899 465	
26	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	18 910 618	
27	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	17 111 035	
28	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	15 482 705	
29	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	14 009 330	
30	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	12 676 166	
31	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	11 469 870	
32	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	10 378 367	
33	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	9 390 735	
34	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	8 497 088	
35	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	7 688 484	
36	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	6 956 828	
37	3 600 000	450 000 000	15 093 250	25 962 000	67 937 143	86 400 000		254 607 607	6 294 798	

Forrás: Saját számítás

12. számú melléklet Halasztási reálopció binomiális árazása (illusztráció)

Input paraméterek	SZÉN
Az alaptermék jelenértéke	3 107
Az alaptermék beruházási költsége	1 075
kockázatmentes ráta	8%
Szórás	35%
opciós paraméterek	
u	1,191
d	0,839
kockázatsemleges valószínűség	0,512

Alaptermék (er m) értéke (t=1; negyedéves ugrások)

3105	3699	4406	5249	6253
	2607	3105	3699	4406
		2188	2607	3105
			1837	2188
				1542

Reálopció értéke (NPV=2030; NPV*=2106,88; Opció érték=76,88)

2182	2757	3445	4269	5253
	1665	2144	2719	3406
		1227	1626	2105
			857	1188
				542

Alaptermék (er m) értéke (t=3; negyedéves ugrások)

3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873	10570	12591	14999	17868	21285	25356
	2607	3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873	10570	12591	14999	17868
		2188	2607	3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873	10570	12591
			1837	2188	2607	3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873
				1542	1837	2188	2607	3105	3699	4406	5249	6253
					1294	1542	1837	2188	2607	3105	3699	4406
						1087	1294	1542	1837	2188	2607	3105
							912	1087	1294	1542	1837	2188
								766	912	1087	1294	1542
									643	766	912	1087
										540	643	766
											453	540
												380

Reálopció értéke (NPV=2030; NPV*=2246,63; Opció érték=216,63)

2322	2897	3588	4414	5401	6579	7986	9665	11668	14058	16907	20305	24356
	1810	2288	2864	3554	4380	5366	6544	7950	9628	11631	14019	16868
		1380	1775	2253	2829	3519	4344	5330	6507	7912	9590	11591
			1020	1342	1738	2218	2794	3483	4307	5292	6468	7873
				721	980	1304	1702	2182	2757	3445	4269	5253
					478	678	938	1265	1665	2144	2719	3406
						287	431	631	895	1227	1626	2105
							147	238	378	581	857	1188
								56	101	179	314	542
									11	22	44	87
										0	0	0
											0	0
												0

Forrás: Saját számítás

13. számú melléklet B vitési reálopció binomiális árazása (illusztráció)

Input paraméterek	SZÉN
Az alaptermék jelenértéke	3 107
Az alaptermék beruházási költsége	1 075
kockázatmentes ráta	8%
Szórás	35%
opciós paraméterek	
u	1,191
d	0,839
kockázatsemleges valószínűség	0,512

Alaptermék (er m) értéke (t=1; negyedéves ugrások)

3105	3699	4406	5249	6253
	2607	3105	3699	4406
		2188	2607	3105
			1837	2188
				1542

Reálopció értéke (NPV=2030; NPV*=2106,88; Opció érték=76,88)

2182	2757	3445	4269	5253
	1665	2144	2719	3406
		1227	1626	2105
			857	1188
				542

Alaptermék (er m) értéke (t=3; negyedéves ugrások)

3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873	10570	12591	14999	17868	21285	25356
	2607	3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873	10570	12591	14999	17868
		2188	2607	3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873	10570	12591
			1837	2188	2607	3105	3699	4406	5249	6253	7449	8873
				1542	1837	2188	2607	3105	3699	4406	5249	6253
					1294	1542	1837	2188	2607	3105	3699	4406
						1087	1294	1542	1837	2188	2607	3105
							912	1087	1294	1542	1837	2188
								766	912	1087	1294	1542
									643	766	912	1087
										540	643	766
											453	540
												380

Reálopció értéke (NPV=2030; NPV*=2246,63; Opció érték=216,63)

2322	2897	3588	4414	5401	6579	7986	9665	11668	14058	16907	20305	24356
	1810	2288	2864	3554	4380	5366	6544	7950	9628	11631	14019	16868
		1380	1775	2253	2829	3519	4344	5330	6507	7912	9590	11591
			1020	1342	1738	2218	2794	3483	4307	5292	6468	7873
				721	980	1304	1702	2182	2757	3445	4269	5253
					478	678	938	1265	1665	2144	2719	3406
						287	431	631	895	1227	1626	2105
							147	238	378	581	857	1188
								56	101	179	314	542
									11	22	44	87
										0	0	0
											0	0
												0

Forrás: Saját számítás

JEGYZETEK

¹ Vertikálisan integrált vállalatnak tekintünk egy olyan vállalatot vagy vállalatcsoportot, amely egyrészt az átviteli hálózati engedélyesi ill. elosztói, másrészt az villamos-energia termelési és kereskedési tevékenységet lát el.

² Ahhoz, hogy ez az egyensúly valóban idejelen legyen, a rendszerirányítónak ún. rendszerszintű szolgáltatásokat kell igénybe vennie.

³ Például egy gázerőmű beruházás sikere függ a gázvezeték hálózattól, a gázzá történő visszaalakításra (regasification) szakosodott erőmű, a cseppfolyósítást végző erőmű, valamint a gázmező feltárás és kitermelés szakaszaitól.

⁴ A gyakorlatban elterjedt az erőművek terhelési tényező szerinti kategorizálása. A 75% feletti terhelési tényezővel rendelkező erőműveket alaptermővekként nevezzük, ezek tipikusan 400 MW-nál nagyobb egységmértékűek, jellemzően fosszilis, illetve nukleáris technológia alapú erőművek. A menetrendtartó erőmű kategóriába a 40 és 60% közötti kapacitás tényezőket produkáló erőműveket soroljuk, ezek viszonylag kis egységmértékűek (100 és 300MW közötti) széntermővekek illetve a földgáz és kőolajégetésű CCT technológiák. A harmadik erőmű csoportba (a csúcstermő csoportba) a nagyon alacsony éves terhelési tényezővel rendelkező (5-15%) erőműveket soroljuk. Mindez azt jelenti, hogy ezek a technológiák mindössze az év 8760 órájából 440-1350 órányi időszaktól üzemelnek maximális kapacitásuknak megfelelően (ezekről bővebben az empirikus fejezetben).

⁵ A szén-dioxid-leválasztás és -visszasajtolás (CCS) technológia lényege, hogy a fosszilis energiahordozók égetése során keletkező széndioxidot egy bonyolult és költséges eljárás keretében leválasztják, majd csővezetékeken keresztül zónákba helyezik.

⁶ Ez a hatás az üvegházhatású gázok atmoszférában felhalmozódásának következménye: normális esetben a nap atmoszférán keresztüli sugárzása felmelegíti a Föld felszínét. A Föld maga infravörös sugárzást bocsát ki az űrbe, ezzel lehetővé teszi a hőmérsékletet. Ezt a ciklust zavarják meg az atmoszférában felhalmozódó üvegházhatású gázok. Ezek felhalmozódása következtében a kibocsátott sugárzás a Földről nem képes kijutni a külső világ űrbe, mely végül a fent említett felmelegedéshez vezet, hiszen a nap továbbra is melegíti a felszínt.

⁷ Ezen a ponton szükségesnek tartom leszögezni, hogy a klímaváltozás visszafordíthatatlan jelenség. A felmelegedés megtörténik és folyamatban van, nem állítható meg, vagy tartóztatható fel rövid- illetve középtávon. Az olvadó jégtakarók nem menthetők meg, az emelkedő tengerszint nem szorítható vissza. Azonban még van remény, a globális felmelegedés lassítására és végül, egy tolerálható szinten, a hosszú távú feltartóztatására (lásd Rahmstorf, 2006).

⁸ Németországban például mindössze 500.000 fogyasztó döntött villamos-energia szerződésének ún. ökoáramra módosítására, mely egy olyan energia összetétel, mely zéró vagy alacsony kibocsátású villamosenergia-termelési technológiára épül. Mindez mindössze egy parányi, 1-2%-os piaci részesedést jelent, mely más európai országokra is jellemző. Az egyetlen kivétel Hollandia, ahol a piaci részesedés 20% körüli (Fuss, 2008).

⁹ Az elméleti tisztánlátás megköveteli, hogy definiáljuk a bizonytalanságot és típusait. A bizonytalanság rendszertulajdonság, mely leírja a rendszerrel és annak jövőbeli fejlődési útjáról meglévő információink, tudásunk hiányosságát. Történetileg az első, a bizonytalansággal kapcsolatos baleset, valószínűség és lehetőség kifejezésekért egészen Arisztotelészig kell visszanyúlnunk. A 20. századig a bizonytalansági tényezőket az azonosításának matematikai alapjai a valószínűség-gyakorosság pascali, fermi, bernoulli-i és laplace-i értelmezésére épültek. Modern valószínűség-elméletről Kolmogorov kutatásai óta beszélhetünk, aki megteremtette a valószínűség axiomatikus definícióját, mint az ún. valószínűségi mező axiomarendszeréhez kapcsolódó értéket. A kockázattal szemben, a bizonytalanság egy átfogó kifejezés, hiszen magába foglalja egy várt eseményt (kimenetet) való pozitív (lehető) és negatív (fenyegetés) eltéréseket egyaránt (Vilko et al., 2010).

¹⁰ Ez viszont csak információk problémát okoz (az információ költségek árán beszerezhető), vagyis újabb információk beszerzésével a paraméterek becsléseit javítani lehet. Ezek után a várható érték kiszámításához használható a valószínűség-eloszlás, azaz tulajdonképpen ugyanúgy lehet optimalizálni, mintha tökéletes bizonyosság lenne. Ebben a világban tehát minden probléma kalkulációs természetű (Kapás, 2000).

¹¹ A kérdésválasz kiértékelése a termelési engedélyes erőművek körében teljesen köröken nem valósult meg kutatásom során. Az erőművek üzleti, sok esetben stratégiai titokra hivatkozva elutasították az internetes kérdésválasz kiértékelését. Közülük sokan szóban nyilatkoztak a kockázati rangsorokról, azonban válaszaiknak írásos, elektronikus formában történő rögzítéséhez, azok visszakereshetőségéhez nem járultak hozzá. Külön kiemelném, hogy a legnagyobb ellenállást a kisebb méretű erőművek tanúsították. A jövőben mindenképpen célszerűnek látom egy műszaki szakemberek, a szakma körében végzett felmérésre épülő kockázati kataszter felépítését. Kutatásom során a visszaérkezett válaszokat, a szóbeli interjúkból nyerhető információkat beépítettem saját kockázat tipologizálásomba. A válaszok alapján a megkérdezett erőművek 50%-a a piaci

kockázatot tekinti a legnagyobb fenyegetésnek, míg a kitöltő megközelítőleg azonos számban jelölték meg első helyen a stratégiai-, a karbon-költség- és adó-, valamint a működési kockázatokat. A válaszadók a pénzügyi kockázatokat (árfolyam, kamat, likviditási) sorolták az esetek 80%-ban a kockázati rangsor végére. A kérdőívet célirányosan, a kutatás során tesztelni tervezett kapacitás tervezési eljárások megnevezésével állítottam össze. A válaszadók kimagasló aránya (60%) jelölte meg a teljes életciklus költséget, valamint az azt kiegészítő érzékenység-vizsgálatokat, mint alkalmazott beruházás-értékelési eljárásokat. Egyetlen válaszadó sem jelölte be a reálopciókat.

¹² Forrás: <http://data.worldbank.org/data-catalog/commodity-price-data>, Letöltés ideje: 2012. 01.15.

¹³ Fontos megjegyeznünk, hogy ezek az általánosítások nem feltétlenül igazak minden piacon és minden időszakra, de a legtöbb esetben nem követünk el nagy hibát, ha igaznak fogadjuk el őket.

¹⁴ Forrás: <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kozuzem-2007-xii-31-ig.html>, Letöltve: 2012.10.15

¹⁵ Forrás: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html, letöltve: 2012.01.15.

¹⁶ Forrás: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html, letöltve: 2012.01.15.

¹⁷ Kína a jelentések szerint átlagosan egy szén tüzelés villamosenergia-termelési blokkot épít hetente (Bradsher - Barboza, 2006).

¹⁸ **A kibocsátási kvóta kereskedelemről I:** Míg minden ország saját nemzeti kincsének tekinti a területén kitermelhető fosszilis tüzelőanyagokat, az atmoszféra közös és a Föld klímájának stabilitása közös érdek. A világ nemzetei az első környezetvédelmi világkonferencián 1992-ben Rio de Janeiróban látták be, hogy a CO₂-, illetve egyéb károsanyag-kibocsátást csak nemzetközi együttműködés keretében mérsékelhetik. Az első konkrét kibocsátás-csökkentési ígéretet 1997-ben Kiotóban tették. Ez átlagosan 5,5%-os üvegházgáz-kibocsátás-csökkentést írt elő a világ iparosodott államainak az 1990-es szinthez képest. Azonban az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése nem oldható meg kizárólag jogi szabályozással. A Kiotóban összegyűjtött vezetők és tudósok ezért úgy határoztak, hogy a nemzetek fejlettsége szerint differenciálva országokra lebontva írják elő a kibocsátás-csökkentést. A cél elérését, vagyis a CO₂-kibocsátás mérséklését üzleti mechanizmusokkal próbálták "katalizálni". Kiotóban alapvetően három piaci mechanizmus: a közös megvalósítás, a tisztá fejlődési mechanizmus és a kibocsátási jogok kereskedelme mellett döntöttek. A kibocsátási jogok kereskedelmének (emissions trading) mechanizmusa lehetővé teszi, hogy a kvótán felül kibocsátók megvásárolják más országok kibocsátási keretét. Mindez ösztönzi a megújuló energiaforrások felhasználását és a technológiák határfokának növelését. A rendszer lényege, hogy mindegy fizikailag, hol, melyik országban valósul meg egy kibocsátást csökkentő projekt (pl. egy jelentős mennyiségű szén-dioxidot kibocsátó cementgyár kemencéjének modernizálása), a projekt által realizált kibocsátás-csökkentés értékesíthető, azt egy másik aláíró ország megvásárolhatja, kiváltva ezzel saját kibocsátás-csökkentési kötelezettségét (Forrás: <http://www.mert.hu/hu/kioto> Letöltve: 2012. május 5).

¹⁹ Szintezési vagy a magyar szakirodalomban is használt levelization ráta azt a hozamot reprezentálja, amely mellett a befektetők közömbös a költségek egy összegben vagy azonos, annuitás típusú "szintezett" költségtényező típusú realizálódása tekintetében. Általában ez a szintezési ráta megegyezik a súlyozott átlagos költséggel. A módszer, vagyis a villamosenergia-termelés egy összegű költségének annuitás típusú költség formájában történő meghatározása pénzügy matematikai szempontból nem hordoz kihívást magában, azonban a kapott eredmények értelmezése, használata sok esetben félreértéseket eredményez, félreértésekhez vezet.

²⁰ A tőkepiaci árazás modellje (Capital Asset Pricing Model, CAPM) (Sharpe, 1964; Lintner, 1965; Mossin 1966) máig az egyik legáltalánosabban alkalmazott egyensúlyi modell a pénzügyi szakirodalomban.

²¹ Roques et. al. (2006) a nettó jelenértéket a sztochasztikus befolyásoló tényezőket Monte-Carlo szimulációjával egészítik ki, ahol a várható értékét és szórását a hozamok eloszlásából vezetik le. Ezekben a munkákban a kockázati tényezőket független, egyszerű normál-eloszlású véletlen folyamatok.

²² A robusztusság egy önálló fogalom. Számos definíciója létezik. A minőségellenőrzésben a robusztus minőség egy zéró meghibásodás koncepciót takar. A statisztikában a robusztus regresszió egy modell kulcsváltozóinak ellenálló-képességét jelzi a távoli, a félreértés megfigyelések hatásaival szemben. A valószínű hibákkal szembeni robusztusság egy folyamat jó eredmények produkálására képessége kevésbé ideális körülmények között. A probléma ábrázolás pontossága növelhető modell robusztussági megfontolásokkal, melyek csökkenthetik az egyedi változók érzékenységét.

²³ A hirtelen érdeklődés háttérében minden bizonnyal Robert C. Merton és Myron Scholes 1997-ben átvett, a származékos ügyletek (derivatívák) értékelésében elért eredményeik elismeréséül kapott Nobel-díja áll (Fischer Black 1995-ös halála ellenére közreműködőként megemlíti a svéd Akadémia által).

²⁴ Fontos megjegyeznünk, hogy az opció kifejezés ebben a kontextusban nem a választás vagy alternatíva kifejezések szinonimája. Egy opció, ahogyan azt itt értjük egy jog, de nem kötelezettség egy beruházási lehetőséget megvalósítására.

²⁵ A növekedési lehetőségek általában amerikai vételi opciók.

²⁶ A b vitési reálopciókra tekinthetünk, mint amerikai vételi opciókra, az összehúzóási reálopciókra mint amerikai eladási opciókra.

²⁷ Extrém esetben leállíthatjuk, majd újraindíthatjuk a termelést, s t, az ilyesfajta opció tulajdonosa többféle időpontban is élhet az opció által biztosított joggal. Ilyen esetben Bermuda-opciónak nevezzük (He, 2007).

²⁸ A váltási opciókra tekinthetünk mint amerikai vételi-, és eladási opciókra egyaránt.

²⁹ A halasztási reálopciók amerikai vételi opciók, amikor is a beruházónak a piaci kondíciók által determinált reálopció futamideje alatt joga van projektet eszközölni, vásárolni, azaz beruházni.

³⁰ A halasztás koncepcióját Myersnél jóval korábban, Alderson (1950) vezette be, a marketing rendszerek hatékonyságnövelésének céljával. Ezt követően a halasztás lehetősége egészen az 1990-es évekig nem volt jelen a vállalati döntéshozók eszköztárában. A termelési és disztribúciós folyamatokat egészen a korábban bemutatott, a jelentősen meghatározó trendeknek megjelenéséig a hosszú átfutási idők jellemezték (Yang et al., 2004), melyek nehézkessé tették a halasztás implikációját. Mára azonban a termelési, szállítási és készletezési technológiák fejlődésével a halasztás a termelési hálózatok stratégiai eszköztárának részévé vált. Számos kutatás említi a halasztást, mint a termékek sokrétűségéhez, és az értékesítéshez kapcsolódó kockázatok kezelésére leginkább alkalmas stratégiai mechanizmust (Aviv – Federgruen, 2001).

³¹ Az elvetési reálopció egy amerikai eladási opció.

³² Például liszensz-díj.

³³ A Black-Scholes modell feltevései: az alaptermék (pénzügyi opcióknál a részvény) az opció futamideje alatt nem fizet osztalékot; nincsenek tranzakciós költségek; az opció európai típusú, lejárat előtt nem érvényesíthető; a piacok információk értelemben hatékonyak, vagyis a befektető nem tudja az árváltozásokat előre jelezni; a kockázatmentes kamatrátája ismert és konstans; a szereplők kockázatmentes kamatrátája mellett vehetnek fel kölcsönt; megengedett a fedezetlen eladás és az alaptermék megtérülésének logaritmus normális eloszlását követő. (Bélyácz, 2011; Rózsa, 2007)

³⁴ Az eljárás alapfeltevése szerint minden t időperiódus alatt az alapeszköz V értéke vagy uV mértékben felfelé mozog p valószínűséggel, vagy dV mértékben lefelé mozdul (1-p) valószínűséggel (u>1 és d<1, u és d a V értéke relatív változását mutatja, míg 0 < p < 1). A felfelé mozgás valószínűsége p, míg a lefelé mozgásé (1-p) (Damodaran, 2006).

³⁵ Több bizonytalansági tényező jelenlétét feltételezve ún. szivárvány opciókról beszélünk.

³⁶ Néhány korábbi kapcsolódó irodalommal ellentétben (Childs et al., 1998) a következőkben azt feltételezem, hogy a projektek egymást nem kölcsönösen kizáróak (minden feltérési és fejlesztési projekt megvalósítható).

³⁷ A beruházási terv magában foglal minden olyan beruházást, melynek megvalósítását egy vállalkozás tervezi. Együttesen a vállalat minden egyéb tervével, például a pénzügyi tervvel, a vállalat átfogó tervét alkotják (Betge 1995, Perridon - Steiner, 1997).

³⁸ A szakképzett személyzet hiánya azonos korlátozó körülmény, mint a pénzhiány.

³⁹ Egy projekt elvetési opciójának értéke bizonyíthatóan elhanyagolható a legtöbb beruházási esetben (Násákkálá – Fleten, 2004).

⁴⁰ A befektetés megtérülésére visszamaradó árhányad (spark spread) az értékesítési ár – határ (döntően tüzelőanyag) költség – széndioxid kvóta ár eredményeként alakul ki (Büki, 2003).

⁴¹ IGCC= integrált elgázosító kombinált ciklusú (IGCC) technológia. Az integrált elgázosító kombinált ciklusú szénttüzelés (IGCC) új típusú szénttüzelésnél a szenet oxigénnel és vízzel reagáltatják és döntően szén-monoxidból és hidrogénből álló fűtőgáz keletkezik. Ezt a gázt megfelelő tisztítás után gázturbinában elégetik. A fejlődő jelentős részét gázfejlesztésre használják, mely további elektromos energiát fejleszt. Az IGCC erőművek magas hatásfokkal rendelkeznek még rosszabb minőségű szenek esetén is. Jelenleg néhány kísérleti erőmű üzemel az EU országokban, az USA-ban és Japánban.

⁴² Kombinált vagy kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésnek (CHP - Combined Heat and Power) nevezzük, amikor a tüzelőanyag elégetésével villamos energiát termelünk, és hasznosítjuk a gázmotor által termelt hő- és füstgázt is.

⁴³ Forgótartalék: Ez egy olyan, a hálózathoz csatlakozott termelőegység, amely gyorsan képes többlet teljesítményt betáplálni a hálózatba. A következő tartalékokat különböztetjük meg: - gyors: néhány másodperces válaszidő - lassú: perces válaszidő. vannak olyan erőművek, amik automatikus szabályzóval vannak ellátva (gázturбина, vagy gázszelvény), nagyon gyorsan reagálnak a változásokra. Egy részük az ütemtervben külön fizetik, hogy kis teljesítményen menjenek. Ez persze drágítja a dolgot.

⁴⁴ Rendszerszintű szolgáltatás: a villamosenergia-szolgáltatáson túlmenően, a villamosenergia-rendszer biztonságos és megfelelő minőségű működéséhez szükséges, a rendszerirányító által minden rendszerhasználó számára egységesen biztosított szolgáltatás. Forrás: <http://www.mvmvk.hu/engine.aspx?page=fogalmak>

⁴⁵ Például egy kutatás-fejlesztés végrehajtása opciót teremt arra, hogy egy még ismeretlen elnyökkel járó technológiát vezessenek be. Amennyiben a k+f sikeres, újabb opció áll rendelkezésre, hogy kiterjesszék a

termékvonalat. Amint a termék elavulttá válik rendelkezésre áll az opció, hogy felszámolják a technológiát. Vagyis ugyanazon alaptermék, maga a k+f további opciók kiterjesztésének és elvetésének az értékét is magában foglalja.

⁴⁶ Például egy elvetési reálción lehívása egy szakaszos k+f során a kés bbi növekedési reálción értékét is befolyásolja.

⁴⁷ A tradicionális technológiák h -fogyasztása 9.000 és 10.000 Btu/kWh között van. A kisebb elosztott termelési egységek, beleértve a biomassza er m veket is, 13.000 és 20.000 Btu/kWh közötti h -fogyasztásúak (Forrás http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe.html, Letöltve: 2012.10.11).

⁴⁸ Btu=brit h egység. Az energia egyik hagyományos mértékegysége, mely nagyjából 1055,05585 joule energiának felel meg. Megközelít leg ennyi energiára van szükség ahhoz hogy 0,454 liter (1font) 3,9 °C vizet 4,4 °C h mérsékletre melegítsünk fel. (Forrás <http://www.businessdictionary.com/definition/British-thermal-unit-Btu.html>, Letöltve: 2012.10.11).

⁴⁹ A jöv beni költségek jelenértékét diszkontálással kapjuk meg. A diszkontálás, vagy jelenértékre hozatal matematikai m velete roppant egyszer : egy r nagyságú t keköltséget feltételezve t-dik periódus C_t nagyságú költségáramának jelenértéke a következ lesz:

$$PV = \frac{C_t}{(1+r)^t}; \quad \text{ill.} \quad PV = \frac{C_t}{e^{r \cdot t}} = C_t \cdot e^{-r \cdot t}$$

A feladat egyszer sége azonban ezen a ponton véget ér. A projektek pénzáramainak értékelése a kockázatok közelítésével jár, mely az elemz oldaláról nem mást jelent, mint a kockázattal korrigált diszkontráták azonosítását. A szakirodalmakban a kockázati korrekció számos fajtája megtalálható. Befektet i, beruházói szempontból a projekt nettó pénzáramából indulunk ki, mely általában megegyezik a projekt m kódési pénzáramával, vagyis a számviteli eredmény, valamint az értékcsökkenési leírás összegével, mely összegnek nettó jelenértékét a pénz beáramlások valamint a pénzáramlások jelenérték-különbségeként azonosítunk. A kockázati korrekció iskola példája a projekt szisztematikus kockázatának (□-tényez) becslése, mely lehet vé teszi a projekt profitabilitásának megfelel diszkontráta származtatását. Kvázi "könnyebbek útként" értelmezhetjük, amikor a projektértékeléshez az adott vállalat súlyozott átlagos t keköltségét (WACC) használják az elemzések során. Az utóbbi esetben a modell komplexitása oly mérték általában, hogy a kockázati korrekció bonyolultabb eljárásaival kapott el nyök nem érik el a pontosabb diszkontráta származtatásának költségeit.

⁵⁰ Például egy 50%-os terhelési tényez szerint adott er m egy éven belül 8760*0,5, azaz 4380 órán keresztül termel villamosenergiát. A f t anyag-égetés szempontjából releváns paraméter a hatékonysági ráta, mely megmutatja, hogy a termelés órái alatt hány százalékban végez az adott er m tényleges villamosenergia-termelést, és hány százalékban egyéb például h termelést. Vagyis a 4380 termelési óra és egy szintén 50%-os hatékonysági ráta szerint kétszer annyi, vagyis 8760 órányi égetésnek megfelel f t anyagra van szükség adott mennyiség villamos-energia el állításához.

$$^{51} NPV_{OM} = \frac{(OMFC + \frac{OMVC}{1000} \cdot 8760 \cdot TT) \cdot (e^{-r \cdot t} - e^{-r \cdot (t+n)})}{r}; \quad NPV_{FA} = \frac{(\frac{FA}{1000} \cdot 8760 \cdot \frac{TT}{EFF}) \cdot (e^{-r \cdot t} - e^{-r \cdot (t+n)})}{r}$$

⁵² A korábban vizsgált 18 technológia körének sz kítését egyrészt azért tartottam célszer nek, hogy az ár-
apály, a tengerek és óceánok hullámzásának energiáját felhasználó, a hazai energia-mixbe be nem vonható technológiákat kisz rjem. Másrészt az azonos f t anyagot felhasználó, jellemz en fosszilis technológiák közül kiválasztottam azokat az alternatívákat, melyek jelen vannak a hazai energia termelésben, illetve azok kiépítési szándékát a hazai energiapolitika megfogalmazta.

⁵³ A hazai villamos-energia felhasználás 2010-ben megközelít leg 43TWh, melyb l 5,2TWh az import villamos-energia, vagyis a hazai bruttó villamosenergia-termelés nem éri el 40TWh-t, azonban az er m vek csúcsid szaki keresletre történ reagálását is figyelembe véve a kapacitás tervezés során 40TWh-val kalkuláltam (Mavir, 2011).

⁵⁴ E portfólió költsége összesen 3.924.935.528 \$.

⁵⁵ Korlátként azok nemzetközi adatbázisokból elérhet egységmértékét adtam meg (lásd).

⁵⁶ Négy elem portfólió kockázat:

$$\begin{aligned} \sigma_P^2 &= \sum_{i=1}^4 w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + 2 \cdot \left(\sum_{j=1}^4 \sum_{k>j}^4 w_j \cdot w_k \cdot \sigma_{jk} \right) = \\ &= w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + w_3^2 \cdot \sigma_3^2 + w_4^2 \cdot \sigma_4^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \sigma_{12} + 2 \cdot w_1 \cdot w_3 \cdot \sigma_{13} + 2 \cdot w_1 \cdot w_4 \cdot \sigma_{14} + \\ &2 \cdot w_2 \cdot w_3 \cdot \sigma_{23} + 2 \cdot w_2 \cdot w_4 \cdot \sigma_{24} + 2 \cdot w_3 \cdot w_4 \cdot \sigma_{34} \end{aligned}$$

⁵⁷ Adatok forrása:

<http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC&a=00&b=3&c=1927&d=03&e=4&f=2012&g=m> Letöltve: 2012. április 04-én.

⁵⁸ Ahogyan azt a korábbiakban jeleztem, a m kódési és karbantartási állandó költségek szórásának becslését az 1927 és 2009-es id szak hosszú lejáratú vállalati kötvényállomány hozamának szórásával közelítettem. A változó költségek esetében egy diverzifikált piaci index volatilitását használtam közelít értéként. Az adatsorok ebben az esetben 1950-t l álltak rendelkezésemre 2012-ig bezárólag.

⁵⁹ Az n-elem portfólió kockázat:

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + 2 \cdot \left(\sum_{j=1}^n \sum_{k>j}^n w_j \cdot w_k \cdot \sigma_{jk} \right) =$$
$$= w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + w_3^2 \cdot \sigma_3^2 + w_4^2 \cdot \sigma_4^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \sigma_{12} + 2 \cdot w_1 \cdot w_3 \cdot \sigma_{13} + 2 \cdot w_1 \cdot w_4 \cdot \sigma_{14} +$$
$$2 \cdot w_2 \cdot w_3 \cdot \sigma_{23} + 2 \cdot w_2 \cdot w_4 \cdot \sigma_{24} + 2 \cdot w_3 \cdot w_4 \cdot \sigma_{34} + \dots$$

⁶⁰ A 3,6 TWh-s fogyasztást a hagyományos villamosenergia termelési technológiák esetében az átlagos blokkméretükön belüli, és egy megközelít leg 500 MW-os (szén, földgáz, nukleáris) technológiai egység méret figyelembe vétele érdekében feltételeztem.

⁶¹ Az Európai Unió hivatalos statisztikai adattára, az Eurostat adatbázis villamosenergia-ár adatszolgáltatásra vonatkozó linkje:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_results/search_results?mo=containsall&ms=electricity+price&saa=&p_action=SUBMIT&l=us&co=equal&ci=,&po=equal&pi=,&gisco=exclude Letöltve: 2012. 09.15