

**MEZŐSI ANDRÁS**

# Környezetgazdaságtani és Technológia Tanszék

Témavezető:

Dr. Szajkó Gabriella

© Mezősi András

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM  
GAZDÁLKODÁSTANI DOKTORI ISKOLA

## **A SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK RENGETEGÉBEN**

A VILLAMOSENERGIA-SZEKTOR PIACI KUDARCAIT KEZELŐ  
SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK EGYMÁSRA HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Ph.D. értekezés

**MEZŐSI ANDRÁS**

**Budapest, 2014**



# TARTALOMJEGYZÉK

I. Bevezetés .....	9
II. A villamosenergia-piacon meglévő főbb piaci kudarcok.....	11
II.1. Az erőmű életciklusa során jelentkező környezeti externáliák.....	11
II.2. Elégtelen mértékű energiahatékonysági beruházások .....	13
III. Az egyes szabályozó eszközök elméleti és gyakorlati alkalmazása .....	16
III.1. Termeléshez kapcsolódó negatív externáliák kezelése .....	16
III.1.1. A first-best megoldások .....	16
III.1.1.1. Közvetlen szabályozó eszközök.....	18
III.1.1.2. A Coase-i alku .....	19
III.1.1.3. A környezetvédelmi adó elméleti működése .....	19
III.1.1.4. A szennyezési jog elméleti működése.....	21
III.1.1.5. First-best szabályozások gyakorlati alkalmazása a villamosenergia-piacon.....	22
III.1.2. A second-best megoldások.....	32
III.1.2.1. A hatósági áras garantált átvétel.....	34
III.1.2.2. A forgalmazható zöld bizonyítvány .....	36
III.1.2.3. Átmeneti támogatási rendszerek .....	39
III.1.2.4. A megújuló támogatási rezsimek összehasonlítása.....	40
III.1.2.5. Megújuló támogatások alkalmazása a gyakorlatban .....	41
III.2. Az energiahatékonysághoz kapcsolódó piaci kudarcok kezelése .....	44
III.2.1. Pénzügyi ösztönzők.....	45
III.2.2. Energhatékonsági bizonyítványok rendszere .....	45
III.2.3. Az Európai Unió Energhatékonsági Irányelve.....	46
IV. Az egyes szabályozó eszközök egymásra hatásának bemutatása - a korábbi kutatási eredmények összefoglalása.....	50
IV.1. Elméleti szakirodalmak .....	52
IV.2. Közgazdasági modelleket használó szakirodalmak áttekintése .....	55
V. Az egyes szabályozó eszközök hatásának bemutatása .....	61
V.1. A megújuló energiaforrások támogatásának hatása a villamosenergia-piacra.....	62
V.2. A tüzelőanyag-felhasználásra kivetett jövedéki adó hatása a villamosenergia-piacra.....	66
V.3. A szén-dioxid kereskedelmi rendszer hatása a villamosenergia-piacra .....	67
V.4. Az energiahatékonysági beruházások támogatásának hatása a villamosenergia-piacra .....	68
V.5. Az egyes szabályozó eszközök hatásainak összefoglalása.....	70
VI. A módszertan bemutatása .....	71
VI.1. A vizsgált négy szabályozó eszköz egymásra hatása.....	71
VI.2. Az európai árampiaci modell bemutatása .....	72
VI.2.1. Az EEMM általános bemutatása.....	73
VI.2.2. Az EEMM fejlődése és informatikai háttere.....	75
VI.2.3. A modell kínálati oldala .....	75
VI.2.3.1. Megújuló alapú erőművek .....	76
VI.2.3.2. Kapcsolt erőművi termelés.....	77
VI.2.4. A keresleti oldal .....	77
VI.2.5. Hálózati reprezentáció.....	80
VII. Kutatási kérdések és hipotézisek .....	81
VII.1. Hipotézis 1. ....	81
VII.2. Kutatási kérdés 1.....	81

VII.3. Hipotézis 2. ....	82
VII.4. Kutatási kérdés 2. ....	82
VIII. Kutatási eredmények - A szabályozó eszközök egymásra hatásának empirikus vizsgálata .....	83
VIII.1. A $H_{11}$ hipotézis vizsgálata .....	83
VIII.1.1. Az eseményelemzés módszertana .....	85
VIII.1.2. Az eseményelemzés alkalmazása a vizsgált hipotézisre .....	87
VIII.2. A $H_{12}$ hipotézis vizsgálata .....	88
IX. A szabályozó eszközök kölcsönhatásának modellezési vizsgálata .....	93
IX.1. Az EEMM modell fejlesztése .....	93
IX.1.1. A villamosenergia-kereslet árrugalmasságának meghatározása .....	93
IX.1.2. A szél és naperőművek kezelése az árampiaci modellben.....	95
IX.1.2.1. A jelenlegi termelési átlagköltségek meghatározása .....	96
IX.1.2.2. A jövőbeli átlagköltségek alakulása.....	98
IX.1.2.3. Az időjárásfüggő megújuló termelők rendszerintegrációs költsége .....	99
IX.1.2.4. A két megújuló technológia kezelése az árampiaci modellben .....	101
IX.1.3. Energiahatékonysági beruházási potenciál .....	101
IX.1.4. A szén-dioxid árának endogénné tétele .....	103
IX.2. Az első, $KK_1$ kutatási kérdés vizsgálata.....	105
IX.2.1. Megújuló támogatás emisszió kereskedelmi rendszer nélkül .....	108
IX.2.2. Megújuló támogatás és jövedéki adó együttes alkalmazása emisszió kereskedelmi rendszer nélkül .....	109
IX.2.3. Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházások támogatása emisszió kereskedelmi rendszer nélkül.....	110
IX.2.4. Megújuló támogatás emisszió kereskedelem mellett.....	112
IX.2.5. Energiahatékonysági beruházási támogatás emisszió kereskedelmi rendszer mellett.....	113
IX.2.6. Energiahatékonysági beruházási támogatás, jövedéki adó és emisszió kereskedelmi rendszer mellett.....	114
IX.2.7. Megújuló támogatás jövedéki adó és emisszió kereskedelmi rendszer mellett .	115
IX.2.8. Érzékenységvizsgálat .....	117
IX.2.8.1. Hosszú távú árrugalmasság .....	117
IX.2.8.2. Szén ára .....	118
IX.2.8.3. A földgáz ára .....	118
IX.2.9. A $KK_1$ vizsgálat összefoglalása.....	118
IX.3. A $H_2$ hipotézis vizsgálata .....	119
IX.3.1. A 2020-as 20-20-20-as célok definiálása.....	119
IX.3.1.1. Megújuló cél .....	120
IX.3.1.2. Primerenergia-felhasználás csökkentés.....	120
IX.3.1.3. ÜHG csökkentés .....	121
IX.3.2. A modellezés folyamata.....	121
IX.3.3. A szabályozó eszköz nélküli eset.....	122
IX.3.4. Egyféle szabályozó eszköz bevezetése .....	122
IX.3.5. Két szabályozó eszköz együttes alkalmazása .....	124
IX.3.5.1. Jövedéki adó és megújuló támogatás .....	124
IX.3.5.2. Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás-támogatás.....	125
IX.3.5.3. Megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházási támogatás .....	125
IX.3.5.4. Emisszió kereskedelem és megújuló támogatás .....	125
IX.3.5.5. Emisszió kereskedelem és jövedéki adó .....	126
IX.3.5.6. Emisszió kereskedelem és energiahatékonysági beruházás-támogatás .....	126

IX.3.6. Három szabályozó eszköz együttes alkalmazása .....	127
IX.3.6.1. Megújuló támogatás, jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás együttes alkalmazása .....	127
IX.3.6.2. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer, jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás együttes alkalmazása .....	127
IX.3.6.3. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer, megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházás együttes alkalmazása .....	128
IX.3.6.4. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer, megújuló támogatás és jövedéki adó együttes alkalmazása .....	128
IX.3.7. Mind a négy szabályozó eszköz együttes alkalmazása .....	129
IX.3.8. Érzékenységvizsgálat .....	130
IX.3.8.1. Az árrugalmassági együttható értéke .....	131
IX.3.8.2. A földgáz ára .....	132
IX.3.8.3. A szén ára .....	132
IX.3.8.4. Parciális érzékenységvizsgálat összefoglalása .....	133
IX.3.9. A H <sub>2</sub> hipotézis összefoglalása .....	133
IX.4. A KK <sub>2</sub> kutatási kérdés vizsgálata .....	134
X. A disszertáció megállapításainak és eredményeinek összefoglalása .....	139
XI. Felhasznált irodalmak .....	143
XII. A. melléklet: Az EEMM technikai specifikációja és az inputparamétereinek összefoglalása .....	156
XII.1.1. A modell technikai specifikációja .....	156
XII.2. Főbb inputadatokra vonatkozó feltételezések .....	157
XII.2.1. Beépített kapacitások .....	157
XII.2.2. Új beruházások .....	158
XII.2.3. Erőművi bezárás .....	158
XII.2.4. Az egyes erőművi blokkok határköltségének meghatározása .....	159
XII.2.4.1. Rendelkezésre állás és hatásfok meghatározása .....	159
XII.2.4.2. Tüzelőanyag-költségek .....	160
XII.2.4.3. Egyéb változó költségek becslése .....	162
XII.2.5. Exogén országok .....	162

## ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. ábra: A disszertáció felépítése.....	10
2. ábra: A negatív externália hatása a társadalmi jólétre.....	12
3. ábra: Egyes energiahatékonysági beruházások átlagos költsége, illetve a villamosenergia- ára, illusztráció.....	14
4. ábra: A jólétek alakulása negatív externália mellett, first-best szabályozás bevezetése előtt és után.....	17
5. ábra: A norma hatástalansága szuboptimális bírság mellett.....	18
6. ábra: A társadalmilag optimális adó, a Pigou-adó.....	20
7. ábra: Költséghatékony kibocsátás-csökkentés forgalmazható kibocsátási kvótákkal két eltérő elhárítási költséggörbével rendelkező vállalat esetén.....	22
8. ábra: Az EU tagországokban a szénfelhasználásra kivetett jövedéki adó erőművi felhasználás esetén, a tüzelőanyag ára, illetve az externális határköltség mértéke, $\text{€}_{(2011)}/\text{GJ}$ .....	23
9. ábra: Az EU tagországokban a földgázra kivetett jövedéki adó erőművi felhasználás esetén, a termék ára, illetve az externális határköltség mértéke, $\text{€}_{(2011)}/\text{GJ}$ .....	24
10. ábra: Az olajár hatása az EUA árára.....	29
11. ábra: Az első és második időszaki széndioxid-kvóta árak alakulása, 2005-2012, $\text{€}/\text{t}$ .....	31
12. ábra: A jóléti többletek megújuló támogatás nélkül (bal oldali ábra), illetve megújuló támogatással (jobb oldali ábra).....	33
13. ábra: A hatósági áras megújuló támogatás működése.....	35
14. ábra: A forgalmazható zöld bizonyítvány rendszer működése.....	37
15. ábra: A kilépési ár szerepe a forgalmazható zöld bizonyítvány rendszerben.....	38
16. ábra: Az EU27 országaiban a meghatározó megújuló támogatási eszköz.....	43
17. ábra: Az EU tagállamaiban alkalmazott megújuló villamosenergia-termelést ösztönző támogatási formák 2011-ben.....	44
18. ábra: Az energiahatékonysági bizonyítványok hatása az energiahatékonysági beruházások mennyiségére.....	46
19. ábra: Az EU 2020-as primerenergia-felhasználás célja, illetve a 2007 és 2009-es modellezési eredmények alapján a várható primerenergia-felhasználási pálya.....	47
20. ábra: Az eredeti, 2011 júniusában javasolt, illetve a 2012. áprilisi Irányelv változat szerinti primerenergia megtakarítás, intézkedésekre bontva (Mtoe).....	48
21. ábra: A vizsgált szabályozó eszközök céljai és hatásmechanizmusai.....	51
22. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, ha nincs szabályozói beavatkozás. 61	
23. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, megújuló támogatási rezsim mellett, külső finanszírozás esetén.....	63
24. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, megújuló támogatási rezsim mellett, a villamosenergia-szektoron belüli finanszírozás esetén.....	64
25. ábra: A zöld bizonyítvány ára, a nagykereskedelmi és a kiskereskedelmi villamosenergia- ár alakulása különböző megújuló arány mellett.....	65
26. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, a konvencionális erőművek tüzelőanyag-felhasználására kivetett jövedéki adó mellett.....	67
27. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, energiahatékonysági beruházások mellett, a villamosenergia-szektoron kívüli finanszírozás esetén.....	68
28. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, energiahatékonysági beruházások mellett, a villamosenergia-szektoron belüli finanszírozás esetén.....	69
29. ábra: Az EEMM-ben szereplő országok.....	73
30. ábra: A modell működése.....	74



31. ábra: Az áramtermelési határkölség becslésének módszere.....	76
32. ábra: Az EUA áralakulása 2011-2012-ben, €/t .....	84
33. ábra: Az egy és kétnapos EUA árak hozamainak eloszlása, 2010. január 1.-2012. december 18. ....	85
34. ábra: Az eseményelemzés két időszaka .....	86
35. ábra: A vizsgált öt országban a zöld bizonyítvány árának alakulása, €/zöld bizonyítvány, 2005-2013 .....	89
36. ábra: Az első és második időszaki EUA és a svéd FZB áralakulása, 2005. április – 2013. április.....	91
37. ábra: A havi EUA és FZB árának változása.....	92
38. ábra: A villamosenergia-fogyasztás hosszú távú (>1 év) árrugalmasság értéke különböző tanulmányok alapján .....	94
39. ábra: A villamosenergia-fogyasztás rövid távú (<1 év) árrugalmasság értéke különböző tanulmányok alapján .....	94
40. ábra: Különbözö tanulmányok alapján a szélerörművek és fotovoltaiikus erőrművek LCOE értékei a hazai viszonyokhoz adoptálva, €/MWh .....	97
41. ábra: A nap és szélerörművek LCOE értékei a modellezett országokban, 2013, €/MWh ..	98
42. ábra: A nap és szélerörművek LCOE értékei a múltban és a várható alakulása a jövőben magyarországi kihasználtságok mellett, 1990-2030, 2012-es reálárakon.....	99
43. ábra: Az időjárásfüggö-termelés rendszerintegrációs költségei, €/MWh .....	101
44. ábra: A magyarországi energiahatékonysági beruházások által elérhető villamosenergia-megtakarítás, %.....	103
45. ábra: Az ipari szektor szén-dioxid elhárítási határkölség görbéje .....	105
46. ábra: A kutatási kérdés modellezésének sematikus ábrázolása.....	107
47. ábra: A villamos energia kiskereskedelmi ára, nagykereskedelmi ára, illetve a megújuló termelés alakulása különböző megújuló támogatási szint mellett .....	109
48. ábra: A villamos energia kiskereskedelmi árának és nagykereskedelmi árának alakulása különböző megújuló támogatási és jövedéki adószintek mellett.....	110
49. ábra: Jövedéki adó, illetve energiahatékonysági beruházási támogatás mellett a nagykereskedelmi árak alakulása.....	111
50. ábra: Különbözö megújuló támogatás és emissziós sapka mellett a nagykereskedelmi és kiskereskedelmi árak alakulása.....	112
51. ábra: Különbözö emissziós kvóta szintek és energiahatékonysági beruházások mellett a nagykereskedelmi árak alakulása.....	114
52. ábra: Különbözö emissziós kvóta szintek, jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás mellett a nagykereskedelmi árak alakulása.....	115
53. ábra: Különbözö emissziós kvóta szintek, jövedéki adó és megújuló támogatás mellett a nagykereskedelmi árak alakulása.....	116
54. ábra: Különbözö emissziós kvóta szintek, jövedéki adó és megújuló támogatás mellett a kiskereskedelmi árak alakulása.....	116
55. ábra: Magyarországra vonatkozó villamosenergia-mix alakulása azon szabályozó eszközkombinációk esetében, amelyek teljesítik az összeurópai 20-20-20-as célokat ....	136
56. ábra: Magyarországra vonatkozó villamosenergia-árak alakulása azon szabályozó eszközkombinációk esetében, amelyek teljesítik az összeurópai 20-20-20-as célokat ....	136
57. ábra: A meghatározott célok, az alkalmazott eszközök és a tényezöök, amelyek révén mérhetöek a célok .....	139

1. táblázat: A negatív externáliák számszerúsítése az ExternE projekt alapján különböző technológiák és országok esetében, € <sub>c(2005)</sub> /kWh.....	12
---	----

2. táblázat: A környezetszennyezés-szabályozási mátrix.....	17
3. táblázat: A környezetszennyezés-szabályozási mátrix tipikus példái a villamosenergia-szektorban .....	22
4. táblázat: Az EU ETS három időszakának összehasonlítása .....	26
5. táblázat: A megújuló támogatási mátrix.....	34
6. táblázat: A megújuló támogatási rezsimek összehasonlítása .....	40
7. táblázat: A főbb hatások, ha egy emisszió kereskedelmi rendszer mellé egy fehér bizonyítvány rendszer kerül bevezetésre .....	54
8. táblázat: Az egyes szabályozó eszközök bevezetésének hatásai.....	54
9. táblázat: Capros et al. (2008) által definiált scenáriók, illetve a modellezési eredmények	56
10. táblázat: A modellezési eredményeket bemutató szakirodalmak áttekintése.....	60
11. táblázat: Az egyes szabályozó eszközök főbb hatásai .....	70
12. táblázat: Az egyes szabályozási eszköz-kombinációk hatásai .....	72
13. táblázat: Az árampiaci modell fejlődése .....	75
14. táblázat: Keresleti csoportok a hét napjai alapján .....	78
15. táblázat: Keresleti csoportok a hónapok alapján .....	78
16. táblázat: Keresleti csoportok az adott napon belül.....	79
17. táblázat: A vizsgált napokat követő egy, két és háromnapos hozamok alakulása .....	84
18. táblázat: Különböző hosszúságú számolási és eseményablak mellett a p értéke .....	87
19. táblázat: A tervezett kiosztott EUA mennyisége, illetve az egyes szektorok BAU forgatókönyv szerinti szén-dioxid kibocsátás, millió tonna.....	104
20. táblázat: A KK1 kérdésre vonatkozó modellezési eredmények.....	119
21. táblázat: A primerenergia-csökkentési cél „lefordítása” a villamosenergia-szektorra.....	121
22. táblázat: A legfontosabb modellezési eredmények 2019-2020 átlagára vonatkozóan egyféle szabályozó eszköz bevezetése esetén, olyan szabályozási szintek mellett, amely mellett teljesülnek a 20-20-20-as célok .....	123
23. táblázat: A főbb modellezési eredmények különböző jövedéki adó és megújuló átvételi ár mellett, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	125
24. táblázat: A főbb modellezési eredmények különböző emissziós kvótaszint és megújuló átvételi ár mellett, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	126
25. táblázat: A főbb modellezési eredmények különböző jövedéki adó és emissziós kvóta szint mellett, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	126
26. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (megújuló támogatás; jövedéki adó és energiahatékonysági beruházási támogatás) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	127
27. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (emisszió-kereskedelmi rendszer; jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás-támogatás) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	128
28. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (emisszió kereskedelmi rendszer; megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházási támogatás) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	128
29. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (emisszió kereskedelmi rendszer; megújuló támogatás és jövedéki adó) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat.....	129
30. táblázat: A főbb modellezési eredmények három, illetve négy szabályozó eszköz alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat .....	129
31. táblázat: Az érzékenységvizsgálat eredményeinek összefoglalása .....	133
32. táblázat: Az egyes szabályozó eszközkombinációk esetében az egyes tényezőkre gyakorolt hatás összefoglalása .....	137

33. táblázat: Az egyes szabályozó eszközkombinációk és különböző érzékenységvizsgálat esetében a hat legfontosabb tényező közül hány van összhangban az Energiastratégiával .....	138
34. táblázat: A 2012-ben működő erőművek beépített kapacitása országonként, és technológiánként, MW .....	158
35. táblázat: Bruttó hatásfok.....	159
36. táblázat: Önfogyasztás és a feltételezett rendelkezésre állás .....	159
37. táblázat: A naperőművek, szélenerőművek, vízerőművek és atomerőművek rendelkezésre állása az egyes országokban, % .....	160
38. táblázat: Az egyes energiahordozók árának becslése.....	162

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Szajkó Gabriellának, aki megismertetett a környezeti piacokkal, kezdetektől fogva támogatott és hasznos tanácsokkal látott el. Köszönöm Marjainé Szerényi Zsuzsának, hogy tanszékvezetőként segítette a doktori disszertáció elkészítését. Hálás vagyok Szabó Lászlónak, Paizs Lászlónak és Kerekes Sándornak a disszertáció tervezethez fűzött hasznos észrevételekért, fejlesztési javaslatokért. Köszönöm továbbá a REKK minden munkatársának a sok támogatást, biztató szavakat és hasznos tanácsokat. Végül köszönettel tartozom családomnak türelmükért, segítségükért, támogatásukért. Kiemelném Édesapámat, aki megismertette velem a tudomány világát és hasznos megjegyzésekkel látott el a disszertációval kapcsolatban is.

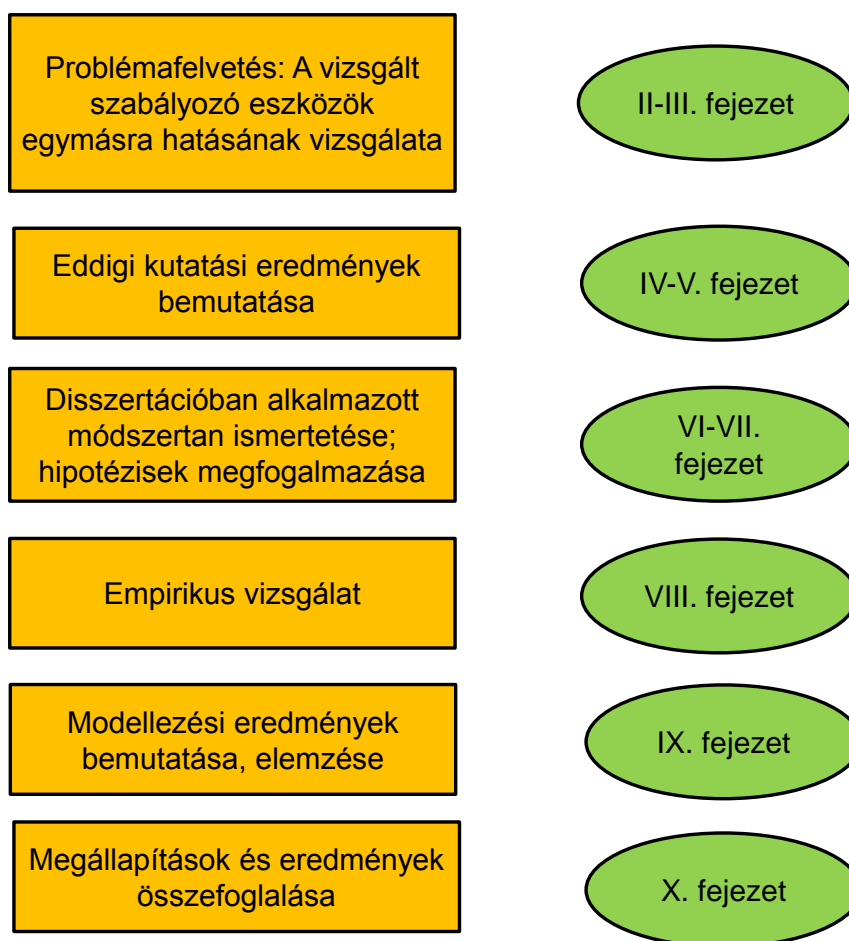
## I. BEVEZETÉS

A villamosenergia-piacon számos olyan piaci kudarc alakul ki, amely társadalmilag nem hatékony erőforrás-allokációhoz vezet. Ezek közé tartozik az erőművek által kibocsátott szennyezés, amely jelentős mértékű negatív externáliát okoz. Szintén ilyen piaci kudarc, hogy elégtelen mértékű energiahatékonysági beruházás valósul meg. Az Európai Unió felismerve ezen kudarcokat, olyan célokat határozott meg, amely a társadalmi jólét növelésének irányába hatnak. 2009-ben az Unió elfogadta az új Klíma és Energia Csomagot, amely 2020-ra 20 %-os üvegházhatású gáz (ÜHG) csökkentést, 20 %-os primerenergia-felhasználás csökkentést és 20 %-os megújuló energiafelhasználás elérését tűzte ki célul, amelyek révén jelentősen csökkenthetőek az előzőekben felsorolt piaci kudarcok. A célok teljesíthetősége érdekében az Európai Unió és a tagországok különböző típusú szabályozó eszközöket vezettek be: egységes emisszió kereskedelmi rendszert, megújuló támogatási rendszereket, jövedéki adókat a fosszilis tüzelőanyag-felhasználásra vonatkozóan, illetve energiahatékonysági beruházások támogatását. Ezek az eszközök azonban részben hasonló mechanizmuson keresztül fejtik ki hatásukat, így a különböző eszközök kiolthatják, vagy akár erősíthetik is egymást. Ezt a 2013. márciusában az Európai Bizottság által publikált „Zöld könyv – az éghajlat- és energiapolitika 2030-ra szóló kerete” című dokumentum (COM 2013/169) is megerősíti. Ebben hangsúlyos szerepet kapott, hogy az egyes szakpolitikai eszközök között szükséges megteremteni az összhangot, hogy azok erősítsék, ne pedig kioltásuk egymás hatását.

Dolgozatunk célja annak vizsgálata, hogy a felsorolt szabályozó eszközök mennyire hatékonyan tudnak egymás mellett működni, szükséges-e ilyen sokféle szabályozó eszközt bevezetni részben ugyanazon problémák kezelésére.

A disszertációban először a villamosenergia-piacon meglévő főbb piaci kudarcait tekintjük át. A disszertáció harmadik fejezetében bemutatjuk a megújuló támogatási rendszer, az emisszió kereskedelmi rendszer, a jövedéki adó, illetve az energiahatékonysági beruházások támogatásának elméleti és gyakorlati működését. A negyedik és ötödik fejezetben ismertetjük ezen szabályozó eszközök hatásait a villamosenergia-árára, a megújuló és konvencionális termelésre, a szén-dioxid kibocsátásra, illetve az energiahatékonysági beruházásokra. Egyenként is elemezzük a szabályozó eszközöket, hogy azok bevezetése miként változtatja meg a legfontosabb tényezőket a villamosenergia-piacon, illetve megvizsgáljuk egymásra hatásukat is: mi történik, ha több szabályozó eszközt vezetünk be párhuzamosan. Ezt a kérdést szakirodalmi és saját kutatási eredmények alapján is elemezzük.

1. ábra: A disszertáció felépítése



A hatodik fejezetben bemutatjuk az általunk használt szimulációs eszközt, az Európai Árampiaci Modellt, amely segítségével lehetőségünk van vizsgálni az egyes szabályozó eszközök egymásra hatását. Ezt követően fogalmazzuk meg a vizsgálandó hipotéziseket és kutatási kérdéseket. A nyolcadik fejezetben empirikus elemzéssel vizsgáljuk az egyes szabályozó eszközök egymásra hatását, különösen a szén-dioxid kereskedelem és a forgalmazható zöld bizonyítványok piacait, illetve az Energiahatékonysági Direktíva hatását a szén-dioxid kvóta árfolyamára. A kilencedik fejezetben modellezéssel elemezzük az egyes szabályozó eszközök egymásra hatását, vizsgáljuk továbbá, hogy az európai 20-20-20-as célok milyen eszközkombináció mellett érhetőek el. Elemezzük, hogy a modellezés alapján hányféle szabályozó eszköz alkalmazása indokolt, és az milyen számszerű eredményekhez vezet. Bemutatjuk az egyes eszközkombinációk esetében a Magyarországra vonatkozó modellezési eredményeket is. Végül az utolsó fejezetben összefoglaljuk a legfontosabb megállapításainkat, eredményeinket és javaslatokat fogalmazzuk meg.

## **II. A VILLAMOSENERGIA-PIACON MEGLÉVŐ FŐBB PIACI KUDARCOK**

A piaci kudarc megjelenése során olyan erőforrás elosztás alakul ki, amely nem optimális, azaz nem alakul ki Pareto hatékony erőforrás-allokáció. A piaci kudarcokat számos tényező alakíthatja ki, a villamosenergia-piacon a következő főbb piaci kudarcok figyelhetők meg:

- környezeti negatív externáliák
- elégtelen mértékű energiahatékonysági beruházások
- ellátásbiztonság
- szabályozói kudarcok
- piaci erőfölény
- hálózati externáliák.

A következőkben a dolgozat témájához kapcsolódó két legfontosabb piaci kudarcot mutatjuk be: a környezeti externáliákat, illetve az energiahatékonysági beruházásokhoz kapcsolódó piaci kudarcokat. A többi piaci kudarcról bővebben pl. Gillingham et al. (2009), Gillingham-Sweeney (2010) munkái szólnak.

### **II.1. AZ ERŐMŰ ÉLETCIKLUSA SORÁN JELENTKEZŐ KÖRNYEZETI EXTERNÁLIÁK**

Bármilyen típusú villamosenergia-termelő létesítményt is tekintünk, annak gyártása, üzemelése és bezárásához kapcsolódóan számos olyan környezeti externáliával találkozhatunk, amely nem kerül internalizálásra, így jelentős veszteséget okozva a társadalomnak. Egy-egy erőmű életciklusa alatt jelentős lehet a szennyezőanyag-kibocsátása, amely egyrészt növelheti például a mezőgazdasági költségeket (például a SO<sub>2</sub> kibocsátás csökkenti a mezőgazdaság produktivitását). Másrészt növeli az egészségügyi kiadásokat, mivel például a porkibocsátás miatt nő az asztmás betegségek valószínűsége, amely csökkenő várható élettartamot eredményez. Hasonló externália keletkezik a CO<sub>2</sub> kibocsátás révén is, amely növeli a globális felmelegedést, jelentősen emelve a társadalmi költségeket (Stern, 2006). Továbbá az erőművek üzemeltetése zajhatással járhat, amely szintén nem szándékolt módon csökkentheti egyes emberek jólétét.

Az Európai Bizottság az 1990-es évek elejétől jelentős támogatást nyújtott az ún. ExternE projektnek, amely a villamosenergia-szektorban megjelenő negatív externáliákat számszerűsítette. Teljes életciklus elemzést végeztek minden egyes erőműtípusra és az EU 15 országaira külön-külön. A 1. táblázat összefoglalóan mutatja a kapott eredményeket.

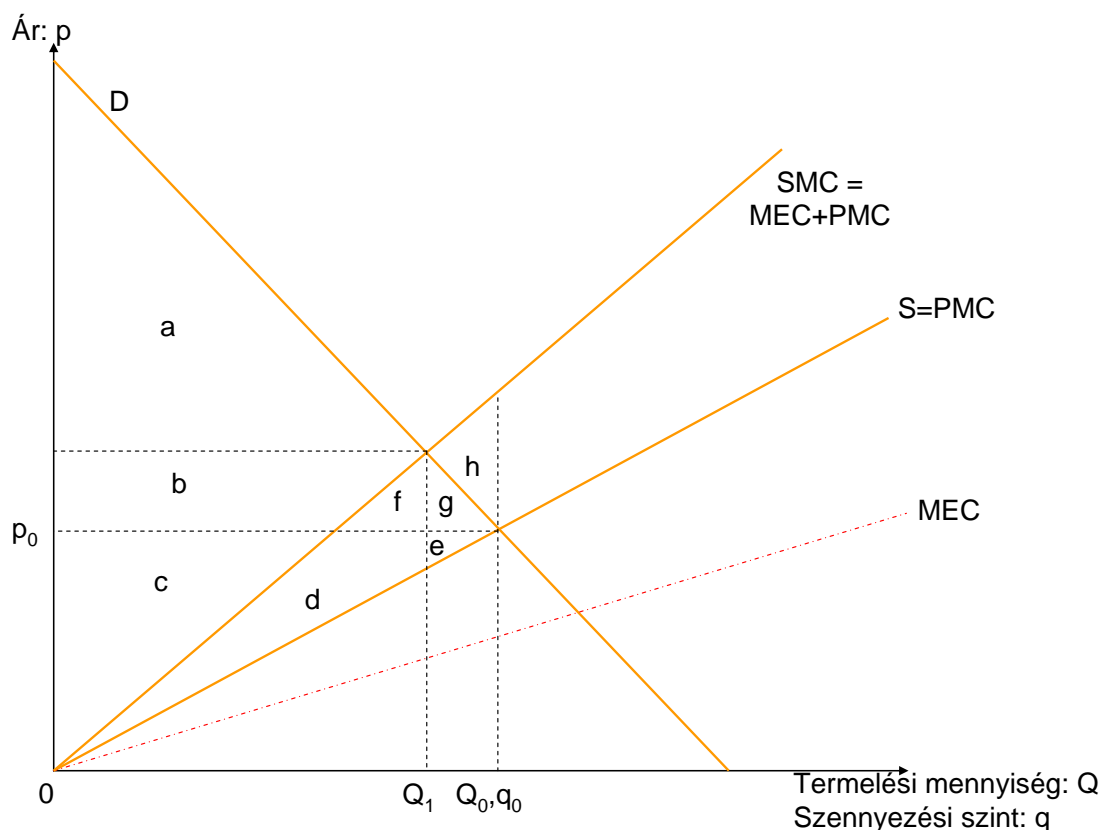
**1. táblázat: A negatív externáliák számszerűsítése az ExternE projekt alapján különböző technológiák és országok esetében, €<sub>c(2005)</sub>/kWh**

	Feketteszén és lignit	Tőzeg	Olaj	Földgáz	Nukleáris	Biomassza	Vízenergia	Napenergia	Szélenergia
AT				1-3		2-3	0,1		
BE	4-15			1-2	0,5				
DE	3-6		5-8	1-2	0,2	3		0,6	0,05
DK	4-7			2-3		1			0,1
ES	5-8			1-2		3-5			0,2
FI	2-4	2-5				1			
FR	7-10		8-11	2-4	0,3	1	1		
GR	5-8		3-5	1		0-0,8	1		0,25
IE	6-8	3-4							
IT			3-6	2-3			0,3		
NL	3-4			1-2	0,7	0,5			
NO				1-2		0,2	0,2		0-0,25
PT	4-7			1-2		1-2	0,03		
SE	2-4					0,2	0-0,7		
UK	4-7		3-5	1-2	0,25	1			0,15

Forrás: ExternE (2005)

A negatív externáliák jelentősen megváltoztatják a társadalmi jólétet (2. ábra).

**2. ábra: A negatív externália hatása a társadalmi jólétre**



Tökéletes versenypiaci körülmények és állami beavatkozás nélkül az egyensúlyi termelt mennyiség ott alakul ki, ahol az egyéni határköltség (PMC – Private Marginal Cost) megegyezik a kereslettel (D - Demand). A fogyasztott mennyiség  $Q_0$ , míg a piaci ár  $p_0$  lesz. A termelői többlet megegyezik az  $c+d+e$  területtel, míg a fogyasztói többlet  $a+b+f+g$ -el. A teljes társadalmi jólét megegyezne a fogyasztói és termelői többlet összegével, ha nem volna



externália. A negatív externália ezen fogyasztott mennyiség mellett az  $d+e+f+g+h$  összegével, azaz a társadalmi jólét ezen területekkel csökken:

- fogyasztói többlet:  $FT = a+b+f+g$
- termelői többlet:  $TT = c+d+e$
- negatív externália:  $EXT = d+e+f+g+h$ .

A társadalmi jólét megegyezik a fogyasztói és a termelői többlet összegével, csökkentve a negatív externáliával, azaz:

- nettó jólét:  $SW = FT+TT-EXT=a+b+f+g+c+d+e-(d+e+f+g+h)=a+b+c-h$ .

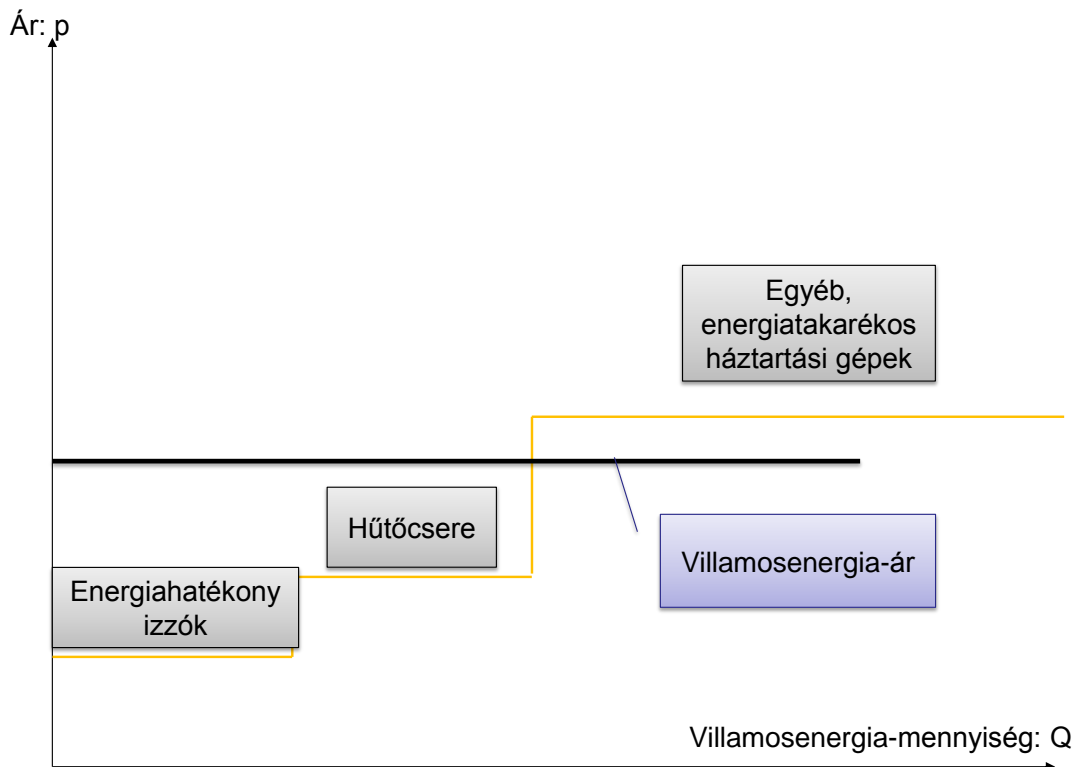
Ha csökken a termelt mennyiség, akkor egy ideig növekszik a társadalmi jólét, egészen addig, amíg az elkerült negatív externália nagyobb, mint a fogyasztói és termelői többlet csökkenése. Ez egészen a  $Q_1$  termelt mennyiségig áll fenn, amittől kezdve a társadalmi jólét csökkenésnek indul, azaz a társadalmi jólétet a  $Q_1$  mennyiség mellett lehet maximalizálni. Ez akkor következik be, amikor a társadalmi határköltség (SMC), azaz az egyéni határköltség (PMC) és az externális határköltség (MEC) összege, megegyezik a kereslettel (D). Látható, hogy a társadalmi szempontból a teljes zero szennyezés nem hatékony, hanem annak van egy optimális mértéke.

Versenypiaci körülmények között tehát a termelő vállalatnak nem érdeke visszafogni a termelését  $Q_1$  szintre, hanem  $Q_0$  mellett tudja maximalizálni a profitját. Ugyanakkor ez az állapot társadalmilag nem hatékony, mert így összességében h területtel csökken a társadalmi jólét. Ahhoz, hogy ebből a termelési pontból elmozduljon a rendszer, szükséges valamiféle szabályozói beavatkozás.

## **II.2. ELÉGTELEN MÉRTÉKŰ ENERGIAHATÉKONYSÁGI BERUHÁZÁSOK**

A villamosenergia-szektorban számos olyan beruházás nem valósul meg, amelyek egyébként megtérülők lennének. A 3. ábra azokat a beruházásokat jelzi, amelyek megtérülése adott villamosenergia-ár mellett kifizetődő lenne. Az elképzelt esetben az adott országra jellemző villamosenergia-ár mellett megtérülő beruházás lenne a hagyományos izzók lecserélése energiahatékony izzókra, illetve a hűtőcsere is gazdaságilag indokolt lenne. Azonban az egyéb energiatakarékos háztartási eszközök beruházási költsége olyan magas, hogy adott villamosenergia-ár mellett már nem gazdaságos ezekbe beruházni. McKinsey (2010) az USA energiapiacán vizsgálta, hogy az egyes energiahatékonsági beruházások mekkora átlagos energiaár mellett lennének megtérülők. Az eredmények alapján számos olyan beruházást azonosítottak a villamosenergia-szektor esetében is, amelyek adott áram ár mellett megtérülők, ám mégsem valósultak meg.

**3. ábra: Egyes energiahatékonysági beruházások átlagos költsége, illetve a villamosenergia-ára, illusztráció**



Az elégtelen energiahatékonysági beruházások a következők piaci kudarcokra vezethetők vissza (Jaffe-Stavins, 1994; Gillingham et al., 2009; Gillingham-Sweeney, 2010; Kaderják et al., 2012 alapján):

- átlagköltség alapú árazás
- magas diszkontráta alkalmazása
- finanszírozási forrásokhoz való hozzájutás hiánya
- információ hiányos helyzet; drága az információ megszerzése
- tulajdonos-bérlő probléma.

A kisfogyasztók, beleértve a háztartási fogyasztókat is, jellemzően egy, vagy maximum néhány villamosenergia-tarifával szembesülnek. Eközben a villamosenergia-szektor nagykereskedelmi piacán órás szinten is jelentős árkülönbség jelennek meg. Így, amikor a kisfogyasztók döntenek egy-egy energiahatékonysági beruházásról, akkor a megtakarítást úgy számolják ki, hogy az órájuk érvényes villamosenergia-tarifákkal számolnak, amely azonban nem felel meg a piacon megjelenő, adott órára jellemző villamosenergia-nagykereskedelmi árával. Ezért, ha olyan energiahatékonysági beruházásokat tervez megvalósítani egy fogyasztó, amely révén olyan villamosenergia-fogyasztást takarít meg, amely esetben jellemzően magas a nagykereskedelmi villamosenergia-ára, akkor a megtakarítás haszna nem teljes mértékig nála jelentkezik, így a megtakarítás egy részét nem veszi figyelembe.

Adott esetben az is elképzelhető, hogy ezáltal már az adott fogyasztónak nem lesz megtérülő a beruházás, így nem is valósítja azt meg.

A magas diszkontráta alkalmazása megosztja a szakirodalmat, annak tekintetében, hogy az piaci kudarcnak tekinthető-e. Jaffe-Stavins (1994) amellett érvel, hogy a háztartások által alkalmazott magas diszkontráta nem minősül piaci kudarcnak, mivel ezen tényező révén fejezik ki, hogy a jövőbeli energiaárak nagyon változékonyak lehetnek, így a fogyasztók a bizonytalanságot ezen tényezőbe árazzák be. Gillingham-Sweeney (2010) viszont azt állítja, hogy habár ez igaz, de a bizonytalanságból nem következik ekkora mértékű prémium a diszkontrátára vonatkozóan. E prémium mértékének sokkal kisebbnek kellene lennie, így piaci kudarcként tekinthetünk a magas diszkontrátára. Blumenstein et al. (1980) szerint a magas diszkontráta egy másik piaci kudarcból fakad. Az energiahatékonysági beruházásokba való befektetés esetenként jelentős tőkebefektetéssel járhat. Ugyanakkor a kisfogyasztóknak nem feltétlenül áll rendelkezésre megtakarítás, a hitelekhez való hozzájutás viszont költséges lehet.

A finanszírozási forrásokhoz való nehéz hozzájutás szintén piaci kudarchoz vezethet. Egy olyan háztartásnak, amelynek nincsenek megtakarításai, a jövedelmük alacsony, és nincs fedezete hitelre, csak igen drágán, vagy egyáltalán nem jut hitelhez, nem tudja megvalósítani az energiahatékonysági beruházásokat, még akkor sem, ha az egy-két éven belül megtérülne.

Az információhiány vagy az aszimmetrikus információ sokszor választ ad arra a kérdésre, hogy miért alacsonyabb a gazdaságilag indokolhatónál az energiahatékonysági beruházások mértéke. Az információhiányos helyzet egyik okozója lehet, hogy a keresési költség túlságosan magas.

Végül az utolsó főbb piaci kudarc, ami kevesebb energiahatékonysági beruházást eredményez, hogy nem minden esetben egyezik meg az adott ingatlan tulajdonosa azzal, aki az energiaszámlát fizeti (bérlő). Ebben az esetben a bérlőnek nem feltételül érdeke ezen energiahatékonysági beruházást végrehajtani, mivel elképzelhető, hogy a beruházás csak több év alatt térül meg. Ha eközben a bérlő elköltözik, akkor a haszon egy részét elveszti, ezáltal kérdésessé válik számára a beruházás megtérülése, mivel nehéz lehet a beruházást a tulajdonossal részben elismertetni.

### III. AZ EGYES SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

#### III.1. TERMELÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ NEGATÍV EXTERNÁLIÁK KEZELÉSE

Korábban bemutattuk, hogy abban az esetben, ha a környezeti negatív externáliákat nem vesszük figyelembe a termelési döntés során, akkor az adott jószágból túlermelés lesz, amely a társadalmi jólét csökkenéséhez vezet. A társadalmi jólét két módon is növelhető: vagy a szereplők kölcsönös megegyezése révén, másnéven a Coase-i alku révén, illetve valamifajta állami beavatkozás segítségével. Ez utóbbinak két fő válfaját különböztethetjük meg: az ún. „first-best”, illetve a „second-best” megoldásokat. Az előbbibe tartoznak azon szabályozó eszközök, amikor közvetlen a negatív externáliát okozó tevékenység válik a szabályozás alanyává (pl. adó, norma vagy szennyezési jog kereskedelem). Az utóbbi esetében a kevésbé szennyező, azaz a kisebb negatív externáliát okozó helyettesítő terméket/termelőt támogatja a szabályozás. Ennek lényege, hogy szabályozás hiányában termeléshez nem jutó erőművek kiszorítják a nagyobb negatív externáliával bíró erőműveket a termelésből, így összességében csökken a társadalom által elszenvedett externália. Ez a villamosenergia-szektorban jellemzően a megújuló termelők támogatását jelenti. A következőkben ezen két megoldási mód különböző típusait mutatjuk be.

##### III.1.1. A first-best megoldások

A first-best megoldás lényege, hogy olyan szabályozást használunk, amely révén a termelők nem kizárólag az egyéni határköltségük alapján hozzák meg a termelési döntésüket, hanem figyelembe veszik részben/vagy egészben az externális határköltségeket is. Ennek megoldására többféle lehetőség kínálkozik, amelyet a fejezet későbbi részében részletesen bemutatunk. Előbb azonban vizsgáljuk meg, hogyan növeli a first-best szabályozás a társadalmi jólétet.

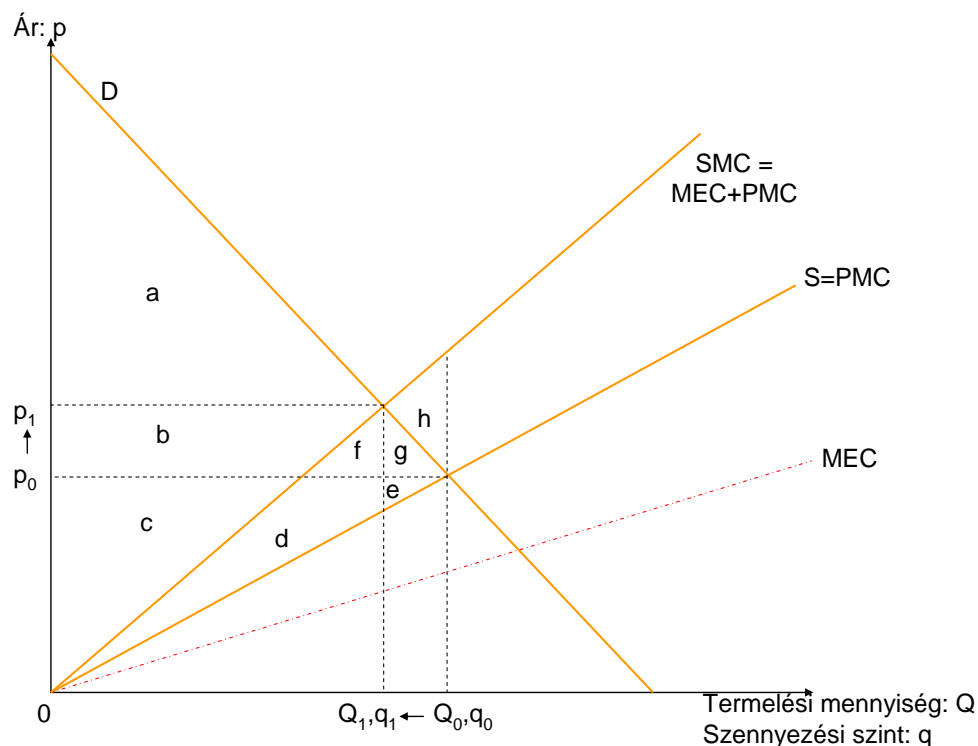
Korábban bemutattuk, hogy állami beavatkozás hiányában hogyan alakul a társadalmi jólét, illetve annak összetevői. A first-best szabályozás bevezetése azonban jelentősen megváltoztathatja a társadalmi jólét nagyságát. Képzeljük el azt az esetet, ha a szabályozó olyan eszközt vezet be, amelynek hatására teljes mértékig internalizálni tudja a negatív externáliákat, azaz a termelő döntését a társadalmi határköltség görbe alapján hozza meg. Így a fogyasztott mennyiség  $Q_0$ -ról  $Q_1$ -re csökken, míg az egyensúlyi ár  $p_1$ -re nő meg (4. ábra). A jólét összetevői így a következőképpen alakulnak:

- fogyasztói többlet:  $FT = a$
- termelői többlet:  $TT = b+c+d+f$
- negatív externália:  $EXT = d+f$

- nettó jólét:  $SW = a+b+c$ .

A szabályozási eszköztől függően a termelői többlet egy része állami adóbevétel is lehet, nem feltétlenül a termelőknél realizálódik. Ugyanakkor a nettó jólétet ez nem változtatja meg, az jelentősen nő (h területtel) a kezdeti állapothoz képest. A  $Q_1$  a társadalom számára az optimális termelési szint: ha ennél többet vagy kevesebbet termelnének a szereplők, akkor az társadalmi szempontból szuboptimális lenne.

4. ábra: A jólét alakulása negatív externália mellett, first-best szabályozás bevezetése előtt és után



Kocsis (2002) a környezeti szabályozást két dimenzió mentén négy csoportba sorolja, attól függően, hogy a szennyezés árát, illetve a mennyiségét az állam vagy a piac határozza meg. A 2. táblázat mutatja, hogy milyen lehetséges esetek képzelhetők el, és ezekre milyen jellemző módszerek léteznek.

2. táblázat: A környezetszennyezés-szabályozási mátrix

		A szennyezés mennyiségét	
		az állam határozza meg	a piac határozza meg
A szennyezés árát	az állam határozza meg	közvetlen szabályozó eszközök	adó
	a piac határozza meg	szennyezési jogok piaca	Coase-i alku

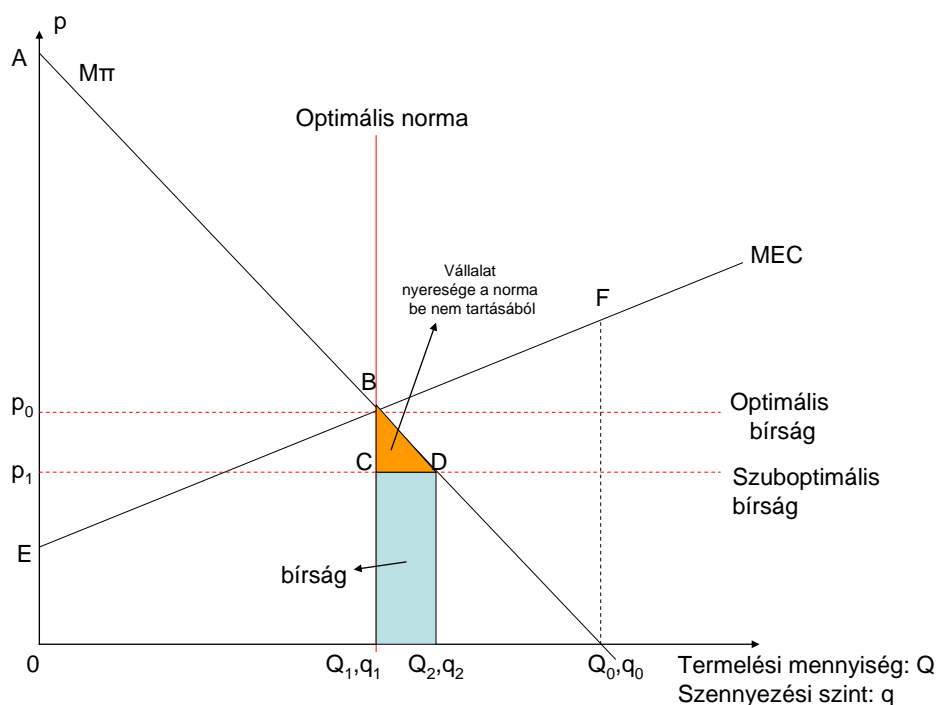
Forrás: Kocsis (2002)

### III.1.1.1. Közvetlen szabályozó eszközök

Az egyik véglet, amikor az állam a szennyezőanyag-mennyiséget és az árát is meghatározza. Az ilyen típusú környezeti szabályozást közvetlen vagy command-and-control szabályozásnak nevezzük (Kerekes, 2007). Ilyenek a különböző fajtájú normák és szabványok. Az utóbbiak közé tartozik, ha egy adott technológiára minimális műszaki előírásokat határozzunk meg, míg normának nevezzük, ha például az állam előírja egy adott erőmű éves kén-dioxid kibocsátását. Ha a működés során ezt az értéket meghaladja (amely egyes szennyezőanyagok esetében lehet a teljes tiltás), akkor jelentős mértékű bírságra számíthat. A norma bírság nélkül (amely nem feltétlenül közvetlen pénzügyi bírság, hanem lehet akár a vállalat termelési engedélyének visszavonása is) hatástalan, mivel enélkül a vállalatok nincsenek rákényszerítve a norma betartására. Az 5. ábra grafikusán ábrázolja az optimálisnál alacsonyabb bírság hatását.

Az egyszerűség kedvéért a szennyezés legyen arányos a termelési szinttel. A vállalat határhaszna legyen  $M\pi$ , míg az externális határköltség görbét a MEC görbe írja le. Állami beavatkozás hiányában (és ha a felek nem állapodnak meg a szennyezés visszafogásáról) a termelt mennyiség  $Q_0$ , amely  $q_0$  szennyezési szintet eredményez. Így a termelő hasznát az  $AQ_0O$  háromszög területével jellemezhetjük, míg a termelés közben fellépő szennyezés következtében a társadalomnak  $OEQ_0$  mértékű negatív externáliát kell elszenvednie.

5. ábra: A norma hatástalansága szuboptimális bírság mellett



Forrás: Kiss-Pál (2006)

Az optimális normát úgy kell megállapítani, hogy a szabályozott vállalat egyéni határhaszna megegyezzen az externális határköltséggel, mivel csak ebben az esetben maximalizálható a

nettó társadalmi jólét. Ugyanakkor a vállalatnak pénzügyi szempontból önként nem érdeke  $Q_1$ -re csökkenteni a termelését (azaz  $q_1$ -re csökkenteni a szennyezését), mivel így jelentős összegű profitról mondana le. Ezért a normát minden esetben bírsággal kell kombinálni.

Az optimális mértékű bírság szintje  $p_0$ , így a vállalat a termelési döntésekor  $Q_1$ -re csökkenti a termelését, így maximalizálva az egyéni profitját. Ha ennél magasabb szinten határozná meg a termelési mennyiségét, akkor a bírság határköltsége meghaladná a határprofitját. Viszont, ha a szabályozó  $p_1$  mértékű bírságot határoz meg, akkor a termelőnek már nem érdeke a norma betartása. Az ábrázolt szuboptimális bírság szint mellett a vállalat termelése  $Q_2$  lesz, míg a szennyezése  $q_2$ . Ekkor a vállalat befizet  $CDQ_1Q_2$  bírságot, de a termelésén nyer  $BDQ_2Q_1$  profitot, így összességében a bírság megfizetése után is  $BCD$  területű háromszöggel nagyobb mértékű profittal bír, mintha betartotta volna a norma által előírt szennyezési mennyiséget. A norma esetében, tehát belátható, hogy mind a mennyiséget, mind az árat a szabályozónak kell meghatározni.

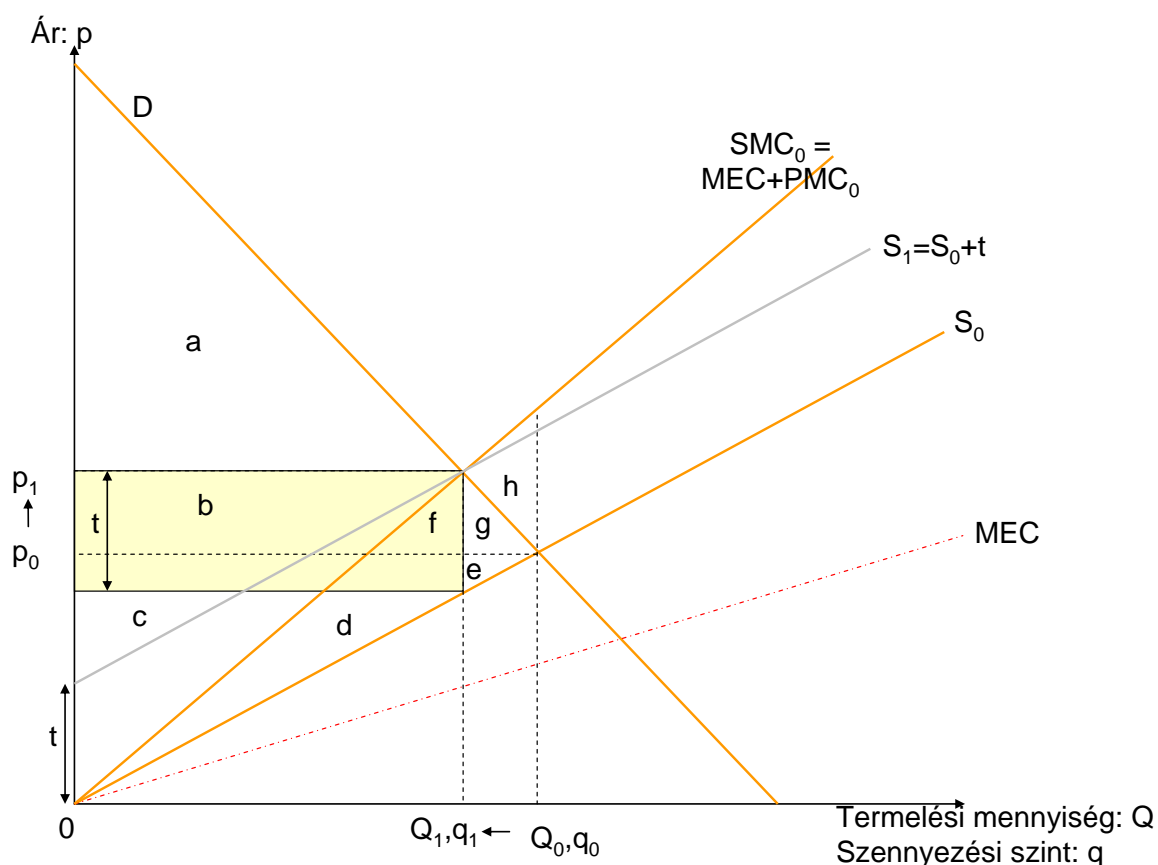
#### III.1.1.2. A Coase-i alku

A környezetszennyezési mátrix másik véglete, amikor az állam közvetlenül nem avatkozik be az externáliák kezelésébe. Ekkor az érintett szereplőkön múlik a megegyezés a szennyezés mértékéről, illetve annak költségéről. Ennek elméleti megalapozását R. Coase cikke jelentette (Coase 1960), amely hangsúlyozta, hogy bizonyos feltételek esetén az externáliák problémája közvetlen állami beavatkozás nélkül is orvosolható. Az állam legfontosabb szerepe a kezdeti tulajdonjogok tisztázása. A Coase-i alkuról ld. részletesen Kerekes (2007).

#### III.1.1.3. A környezetvédelmi adó elméleti működése

A hibrid megoldások közé tartozik, ha az állam vagy csak a mennyiséget, vagy csak az árat szabályozza. Ezeket szokás mennyiségi, illetve ár alapú szabályozó eszközöknek is nevezni. Az ár alapú szabályozásra a tipikus példa az adózás, amelynek működési mechanizmusát mutatja a 6. ábra.

6. ábra: A társadalmilag optimális adó, a Pigou-adó



Ha nincs környezeti szabályozás, akkor a vállalat a keresleti és kínálati görbe metszéspontja  $Q_0$  termelés szintet és  $q_0$  szennyezési szintet eredményez  $p_0$  ár mellett, feltételezve, hogy a szennyezés egyenesen arányos az adott vállalat termelésével. Ha a szabályozó minden egyes szennyezési egységre  $t$  adót vet ki, akkor a vállalat optimális termelési szintje, amely mellett maximalizálni tudja a profitját,  $Q_1$  mellett alakul ki. Ebben az esetben a jólétek a következőképpen módosulnak:

- fogyasztói többlet:  $FT = a$
- termelői többlet:  $TT = b + c + d + f - \text{Adó}$
- negatív externália:  $EXT = d + f$
- befizetett adó:  $q_1 \cdot t$
- nettó jólét:  $SW = a + b + c$ .

Az ábrán is látható, hogy a szabályozó meghatározza az adó mértékét, de az ehhez az adószinthez tartozó szennyezési mennyiség a termék kereslet-kínálati viszonyai alapján alakul.



Fontos megemlíteni egy speciális adót. Azon adót, amely mellett a kialakult egyensúlyi helyzet társadalmilag optimális szennyezési szintet eredményez, Pigou-adónak nevezzük<sup>1</sup>. Az előző ábrán ezen speciális adószint mellett ábrázoltuk a jóléteket.

#### III.1.1.4. A szennyezési jog elméleti működése

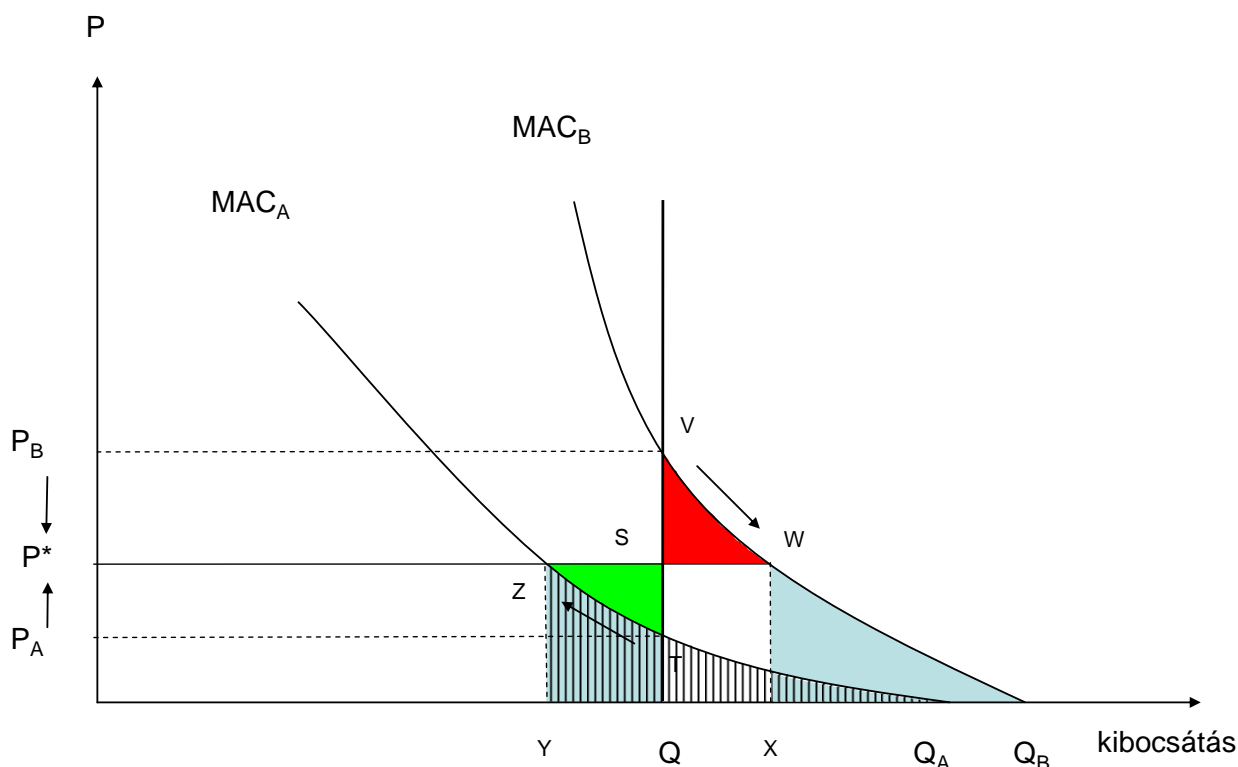
A hibrid megoldások másik csoportja, amikor a szabályozó a mennyiséget szabályozza, az ár a piacon alakul ki. Ennek tipikus példája a kereskedhető norma, vagy szennyezési jogok kereskedelme.

A szennyezési jogok kereskedelme során a szabályozó meghatározza az adott szennyezőanyagból, adott idő alatt kibocsátható maximális mennyiséget. Ezt követően kiosztja a kötelezett vállalatok között a jogokat (ezt teheti ingyenesen vagy térítés ellenében), majd lehetőséget teremt a jogok szabadon kereskedésére. A kereskedés révén a szennyezés elhárítás összes költsége a minimálisra csökken, miközben az egységnyi szennyezésnek kialakul az ára. A 7. ábra mutatja, hogyan alakul ki ez az ár, két szennyező esetében.

Legyen a két vállalat szennyezés-elhárítási határköltség-görbéje  $MAC_A$ , illetve  $MAC_B$ . A szabályozóhatóság  $2Q$ -ban maximalizálja a szennyező anyag kibocsátását. Ha nem lenne megengedett a szennyezési jogokkal való kereskedés, akkor az A vállalatnak  $TQQ_A$  mértékű költsége keletkezik a szennyezés elhárításából, míg B vállalatnak  $VQQ_B$ . Ugyanakkor ez a helyzet társadalmilag nem optimális, mivel a B vállalat lényegesen nagyobb költségek mellett hárította el az utolsó egységnyi szennyezést, mint A vállalat. Ha a jogokkal lehetőség van kereskedni, akkor a két vállalat között elindul a kereskedés, amely egészen odáig tart, amíg a két elhárítási-határköltség meg nem egyezik, miközben a szennyezés összmenyisége  $2Q$ . Ekkor kialakul a jogoknak egy egyensúlyi,  $p^*$  ára. A kereskedésből adódó jólétnövekedés a  $QVWX$  és a  $YZTQ$  terület különbsége.

<sup>1</sup> A Pigou-adó esetében ott alakul ki optimum, ahol a termelő határköltsége megegyezik a szennyezés externális határköltségével. Ugyanakkor ez feltételezi, hogy a termék iránti keresleti görbe tökéletesen rugalmatlan vagy másképpen fogalmazva a fogyasztói jólét változásával nem számol.

**7. ábra: Költséghatékony kibocsátás-csökkentés forgalmazható kibocsátási kvótákkal két eltérő elhárítási költséggörbével rendelkező vállalat esetén**



Forrás: Lesi-Pál (2005)

Látható, hogy a szennyezési jogok kereskedelme révén a szabályozó meghatározhatja a kibocsátható összmenyiséget, de a kibocsátás ára a piacon alakul ki.

### III.1.1.5. First-best szabályozások gyakorlati alkalmazása a villamosenergia-piacon

A villamosenergia-piacon számos olyan first-best típusú szabályozással találkozhatunk, amely a termelési externáliának a kezelésére szolgál. A 3. táblázat mutatja az általunk legfontosabbnak ítélt példákat.

**3. táblázat: A környezetszennyezés-szabályozási mátrix tipikus példái a villamosenergia-szektorban**

		A szennyezés mennyiségét	
		az állam határozza meg	a piac határozza meg
A szennyezés árát	az állam határozza meg	Levegőszennyezési normák	Jövedéki adó
	a piac határozza meg	Európai Szennyezésijog-kereskedelem	-

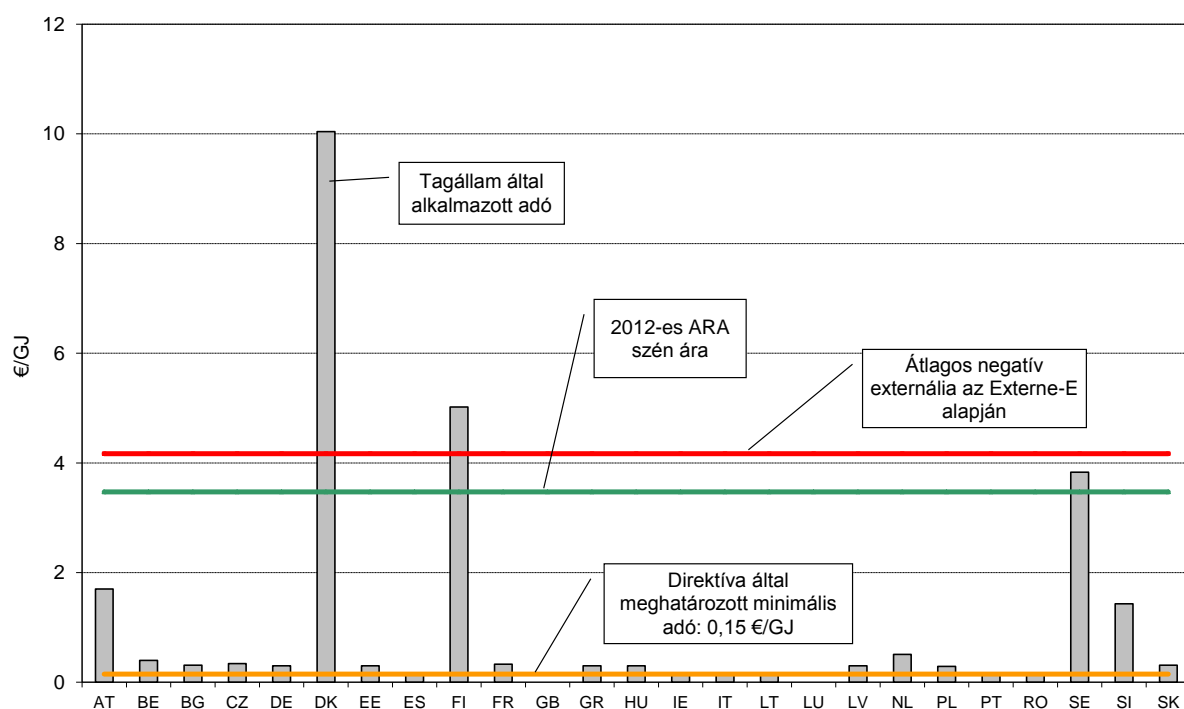
#### III.1.1.5.1 Jövedéki adó

Az Európai Unió 2003-ban fogadta el a 2003/96/EK Irányelvet, amely felhasznált energiahordozóként, illetve felhasználási területenként (ipar, háztartás, villamosenergia-termelés, stb.) egységes minimum jövedéki adókat vezetett be a szénre, lignitre, kocszra, a

bitumenre és származékaira, a földgázra és a villamos energiára. Az Irányelv bevezetésének indokai között szerepelt az egységes adóztatás mellett a környezet védelme, illetve a Kiotói célok elérésének elősegítése is.

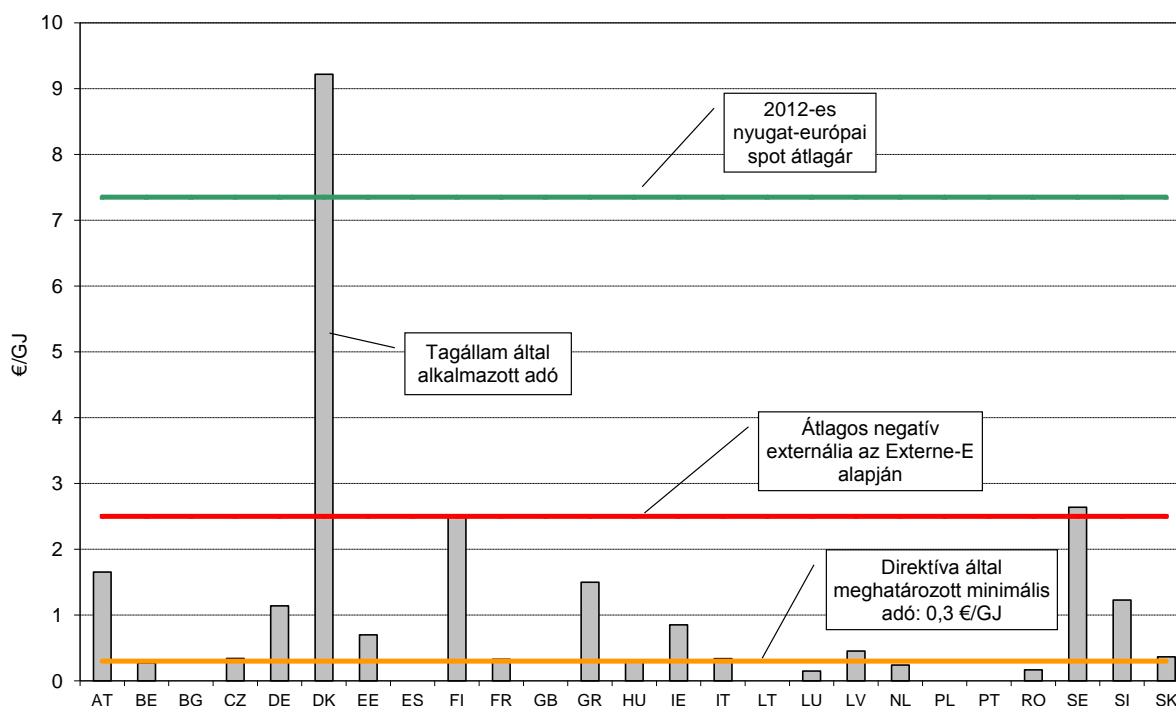
Az Irányelv minimális értékeket határozott meg tüzelőanyag és felhasználási terület szerint is. A következő két ábrán bemutatjuk mekkora a jövedéki adó erőművi felhasználás esetén és ez hogyan viszonyul a tüzelőanyag árához, illetve az Externe-E projekt (ld. 1. táblázat) esetében meghatározott átlagos negatív externáliákhoz. A negatív externáliák esetében átlagos erőművi hatásfokot feltételezve visszaszámolhattuk a tüzelőanyag-felhasználásra jutó negatív externália mértékét. Fontos hangsúlyozni, hogy a 8. ábra az ARA (Antwerpen-Rotterdam-Amsterdam) kikötői feketeszén árát mutatja, a helyi kitermelésű szénnek ennél olcsóbbak is lehetnek.

**8. ábra: Az EU tagországokban a szénfelhasználásra kivetett jövedéki adó erőművi felhasználás esetén, a tüzelőanyag ára, illetve az externális határköltség mértéke, €<sub>(2011)</sub>/GJ**



*Forrás: ExterneE (2005), EEX (2012), EC (2012)*

**9. ábra: Az EU tagországokban a földgázra kivetett jövedéki adó erőművi felhasználás esetén, a termék ára, illetve az externális határköltség mértéke, €/GJ**



*Forrás: ExterneE (2005), ICE (2012), EC (2012)*

Mindkét tüzelőanyag esetében a következő megállapításokat tehetjük. Egyrészt a Direktíva bizonyos feltételek megléte esetén lehetőséget ad arra, hogy az egyes tagországok átmeneti mentességet kapjanak a minimális jövedéki adó alkalmazása alól. Ezzel sok tagország élt is. A másik fontos megállapítás, hogy három ország kivételével (Dánia, Svédország és Finnország) az alkalmazott adó lényegesen elmarad mind a termék árától és ami ennél sokkal fontosabb, hogy a tüzelőanyag-felhasználása során keletkező negatív externáliától. A földgáz esetében a negatív externália mértéke nagyságrendileg tízszerese, mint a minimális jövedéki adó, míg a szén esetében ez az arány közel 30-szoros.

A Bizottság 2011-ben átfogó javaslatot nyújtott be (COM 2011/169), amely a különböző célú tüzelőanyag-felhasználásra kivetett jövedéki adókat megváltoztatná, illetve egységesítené. Az adó alapját két tényező határozná meg: az egyik a CO<sub>2</sub> intenzitása, azaz adott tüzelőanyag-felhasználás esetében mekkora a kibocsátott szén-dioxid. A javaslat alapján minden kibocsátott szén-dioxid után 20 €/t lett volna a jövedéki adó, míg a másik része az adónak az energiatartalom után lenne fizetendő. Az indoklás szerint a jövedéki adó elsődleges célja a bevétel növelése és csak másodlagos célja, hogy a fogyasztókat a tisztább és energiahatékonyabb energiafelhasználásra ösztönözze. Fontos kiemelni, hogy a javaslat szerint az Európai Emisszió Kereskedelmi Rendszer (European Emission Trading System - ETS) rendszer hatálya alá tartozó vállalatoknak a CO<sub>2</sub> intenzitás után kivetett adót nem kellene megfizetniük, csak az energiatartalom utáni részt. Az energiatartalom után a fizetendő

jövedéki adó mértéke tüzelőanyagtól függetlenül gigajoulonként 0,15 euró lenne. Ez a mostani szénre kivetett minimális adó szintjével egyezik meg, míg fele a földgázfelhasználásra kivetett adónak.

#### *III.1.1.5.2 Az Európai Unió Emisszió Kereskedelmi Rendszere, az ETS*

Az Európai Bizottság 1992-ben készített egy javaslatot (COM 226/1992), amely alapján az egész Európai Unióra bevezette volna a karbon adót. Ennek célja egyrészt a pénzügyi bevételek növelése lett volna, másrészt a szén-dioxid kibocsátás mérséklése. Ez, egyes tagállamok, illetve az ipari lobb hatására 1997-ben hivatalosan is visszavonásra került. Az újabb, európai szintű karbonkibocsátás korlátozását célzó törekvéseket a Kiotói Jegyzőkönyv aláírása gyorsította fel.

A Kiotói Jegyzőkönyv egyes aláírói, köztük az Egyesült Államok, egy olyan globális karbon kibocsátási rendszert javasolt, amelyben az üvegházhatású gázok (ÜHG) csökkentésének eszköze a szennyezési jogok kereskedelme lenne, nem pedig a karbon adó. A Kiotói Jegyzőkönyvbe ennek szellemében négyfajta rugalmassági mechanizmus is beépült. Ezek az Együttes Végrehajtás (Joint Implementation – JI), a Tiszta Fejlesztési Mechanizmus (Clean Development Mechanism – CDM), az államok közötti közvetlen kvótakereskedelem (International Emission Trading – IET), illetve az ún. buborékpolitika. Ezekről részletesen ld. Hepburn (2007), Christiansen (2003), Fazekas (2009) és Lesi-Pál (2004).

Az Európai Bizottság 2001-ben elfogadta azt a javaslatot, miszerint az Európai Unióban bevezessék az ÜHG emisszió kereskedelmi rendszert (COM 581/2001), amiből két évvel később megszületett az ún. ETS (Emissions Trading System) Irányelv (2003/87/EC), lefektetve az EU-n belüli szén-dioxid kereskedés alapjait. Az ETS létrejöttéről és fejlődéséről részletes áttekintést ad többek között Convery (2009) és Zapfel (2008).

Az Irányelv értelmében a kötelezett létesítmények 2005. január 1-től csak kibocsátási engedély birtokában bocsáthatnak ki szén-dioxidot és kötelesek kibocsátásaikat nyomon követni és azokat évente bejelenteni. A létesítményeknek minden év végén annyi ún. „szén-dioxid kibocsátási egységgel” (EUA – EU Emission Allowances) kell elszámolniuk, amennyi tonna szén-dioxidot az adott évben kibocsátottak.

#### **Az ETS három fázisa**

A Direktíva kezdetben két fázist határozott meg: az első, ún. próbafázis 2005-2007 időszakot jelenti, míg a második a 2008-2012 közti éveket. Ez utóbbi egybeesik a Kiotói Jegyzőkönyv által meghatározott teljesítési időszakokkal is. Később ez kiegészült egy harmadik fázissal is (2013-2020). A három fázis között jelentős különbséget tapasztalhatunk (4. táblázat).

**4. táblázat: Az EU ETS három időszakának összehasonlítása**

	1. időszak	2. időszak	3. időszak
Miktől meddig	2005-2007	2008-2012	2013-2020
Milyen ÜHG-kra terjed ki	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, PFCs
Mely szektorokat érinti	Villamosenergia-termelés; energiaintenzív ipari termelés	Villamosenergia-termelés; energiaintenzív ipari termelés; 2012.01.01-től a légiközlekedés	Villamosenergia-termelés; energiaintenzív ipari termelés; légiközlekedés
Milyen országok vannak benne	EU25; 2007.01.01-től Románia, Bulgária	EU27+Ízland, Norvégia és Liechtenstein	EU27+Ízland, Norvégia és Liechtenstein; 2013.01.01- től Horvátország
A teljes sapka meghatározása	I. Nemzeti Kiosztási Tervek	II. Nemzeti Kiosztási Tervek	EU szintű sapka
Teljes kiosztható mennyiség	Tagállami hatáskör, jellemzően múltbeli adatok alapján	Tagállami hatáskör, jellemzően múltbeli adatok alapján	Benchmark alapú
Aukciós mennyiség	Maximum a jogok 5 %-a aukcionálható	Maximum a jogok 10 %-a aukcionálható	A villamosenergia- szektorban főszabályként 100 % aukció, a többi szektorban részben vagy teljes ingyenes kiosztás
Büntetés mértéke	40 €/t	100 €/t	2013-ban 100 €/t, amely az inflációval növekszik

*Forrás: Saját szerkesztés EU (2012); EP (2011); KVM (2012) alapján*

Az ETS az első két fázisban csak a szén-dioxidra terjedt ki<sup>2</sup>, amelyet a harmadik időszaktól kezdve kibővítettek bizonyos iparágakban kibocsátott dinitrogén-oxidra és PFC-kre is. Míg 2005-ben 10495 létesítményre vonatkozott az Irányelv, ez 2011-re megnőtt 12995-re, köszönhetően egyrészt az új országok csatlakozásának, másrészt az újonnan bekerülő iparágaknak. 2011-ben a teljes ETS kibocsátás 72,41 %-áért a villamosenergia-szektor felelős, a maradékot pedig az ipari szektorok adták<sup>3</sup> (EEA, 2013). Az ETS hatálya alá tartozó létesítmények 2011-re már a teljes EU-s ÜHG kibocsátás 45 %-át tették ki (EU, 2012).

Fontos különbség az első két periódus, illetve a harmadik periódus között, hogy a teljes kiosztható mennyiséget hogyan állapítják meg. Az első két periódusban az egyes tagállamoknak kellett kidolgozniuk és részletesen bemutatniuk, hogy az Irányelv hatálya alá tartozó vállalatoknak mennyi kvótát osztanak ki ingyenesen, illetve térítés ellenében. Ezt a Nemzeti Kiosztási Tervek rögzítették. Az Európai Bizottságnak csak a teljes kiosztható mennyiség megállapítását kellett jóváhagynia. Ezzel a jogával a II. időszakban erőteljesen élt is, amelynek okát a későbbiekben részletesen bemutatjuk. A Nemzeti Kiosztási Tervekből kiolvasható, hogy mekkora lehet a teljes kibocsátható mennyiség egy adott időszakban<sup>4</sup>. Ez a módszer a harmadik időszaktól kezdődően megváltozott. Az Európai Bizottság határozza meg a teljes kibocsátható mennyiséget (sapka) egy adott évben. Ez a sapka 2013-tól kezdve évente

<sup>2</sup> Néhány létesítmény esetében más szennyező-anyagra is kiterjed, de ezek száma nem jelentős.

<sup>3</sup> Minden olyan égető berendezés, amelynek a kapacitása meghaladja a 20 MWth-át.

<sup>4</sup> A teljes kiosztható mennyiséget nevezzük sapkának (cap).

1,75 %-al csökken, elérve így, hogy 2020-ban a teljes kibocsátás 21 %-al alacsonyabb legyen, mint a 2005-ös bázisév.

Ha az egyes létesítmények nem tudnak elszámolni a kibocsátásukkal megegyező kvótával, akkor büntetést kell fizetniük, aminek a mértéke a kezdeti 40 €/t-ról 100 €/t-ára növekedett, ráadásul a büntetés befizetése nem mentesíti a létesítményt a kvóta visszaadási kötelezettségétől.

### **Ingyenes és aukciós kiosztás**

Az egyik legfontosabb kérdés volt az ETS bevezetésekor, hogy térítés ellenében, vagy ingyenesen osszák-e ki a jogokat. A könnyebb bevezethetőség érdekében, illetve, hogy a kötelezett létesítmények profitja ne csökkenjen lényegesen, végül az ingyenes kiosztás mellett döntöttek, amelyet fokozatosan vált(ott) fel a térítés ellenében történő kiosztás.

Az, hogy ingyenesen vagy térítés ellenében osztják ki a jogokat, szennyezés egyéni optimumára nincs hatással, azaz a villamosenergia-árát nem befolyásolja. Erről részletesen ld. Lesi-Pál (2005), Cramton-Kerr (2002), Neuhoff et al. (2006).

Az ingyenes kiosztás mellett szól, hogy így a rendszer bevezetése sokkal kisebb ellenállásba ütközik. Ha ingyenesen osztjuk ki a jogokat, akkor a szén-dioxid kvóta bevezetése miatt keletkező szűkösségi járadék nagyrészt a termelők oldalán csapódik le. Ha ellenben térítés ellenében történik a kiosztás, akkor a járadékot az állam kapja meg, amiből kompenzálhatja valamilyen módon akár a termelőket, akár a fogyasztókat, de akár más célokra is fordíthatja.

Az első időszakban a kiosztott jogok maximum 5 %-át lehetett térítés ellenében kiadni, míg a másodikban már maximum 10 %-át. Ugyanakkor mind az első, mind a második időszakban kevés ország élt ezzel a lehetőséggel. Összességében 2005 és 2011 között a jogok mindössze 2,1 %-át osztották ki térítés ellenében, az összes többit ingyenesen allokalálták a szereplők között. Az ingyenes kiosztás alapját az egyes tagállamok saját hatáskörben határozhatták meg, de jellemzően a múltbeli kibocsátási adatokból indultak ki.

Részben az ingyenes kiosztásból fakadóan is egyes szereplők égbőlpottyant hasznot (windfall profit) könyvelhettek el, azaz a szabályozás bevezetésének hatására nőtt a nyereségük. Ez két ok miatt következhetett be: egyrészt a fosszilis alapú erőműveknek megemelkedett a rövidtávú határköltsége, megnövelve így a villamosenergia-árát, amely kedvezett azon erőműveknek (pl. atomerőmű), amelyeknek nincsen CO<sub>2</sub> kibocsátása. Másrészt egyes szereplők több ingyenes kvótához jutottak, mind amennyi a tényleges kibocsátásuk volt, így a többletet eladhatták a piacon. Erről részletesen ld. Mezösi (2007), Mezösi (2008b), Ellermann-Buchner (2006), Sijm et al. (2006).

A harmadik periódusban viszont nagy változások történtek a kiosztás módjában. Főszabályként a villamosenergia-szektorban 100 %-os aukciós kiosztás van. Az ipari szektort két részre bontotta a szabályozás: meghatározta, hogy melyek azok az iparágak, amelyek

kitettek a nemzetközi versenynek és jelentősen veszélyeztetheti a versenyképességüket, ha térítés ellenében kell beszerezniük a kvótákat. Ezekben a meghatározott iparágakban 2013-tól kezdve is 100 %-os ingyenes kiosztást alkalmaz a Bizottság. Míg azon ipari szektorokban, ahol ilyen versenyhátrányt nem érzékelt a Bizottság, kezdetben 80 %-os az ingyenes kiosztás mértéke, amely 2027-ig folyamatosan lecsökken 0 %-ra. Mindkét szegmens esetében az ingyenes kiosztás benchmark alapon történik meg. A légitözelekedésben az egész harmadik periódus alatt a jogok 85 %-át osztják ki ingyenesen a kötelezett légitársaságok között.

#### **A kvóta árára ható kereslet és kínálat oldali tényezők**

Az EUA árára ható legfontosabb tényezők két csoportba oszthatóak: egyrészt a kereslet oldali, másrészt a kínálat oldali fundamentumokra, amelyeket a következőkben vázlatosan ismertetünk. A kvóta árára ható tényezők irodalmi áttekintését legátfogóbban Chevallier (2011) munkájában látjuk.

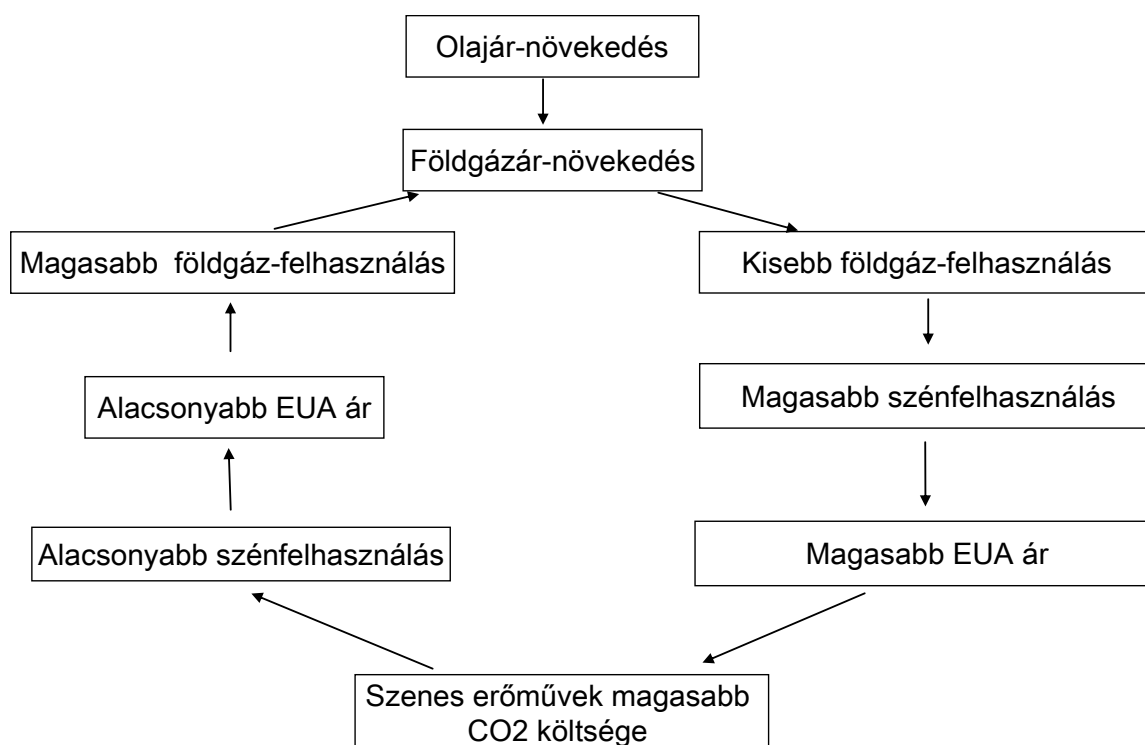
Az EUA piacok keresleti oldalát a kötelezett létesítmények adják, amelyek kötelesek évente elszámolni a szén-dioxid kibocsátásukkal. Az egyedi létesítmények keresleti görbéit az elhárítási határkölségük adja meg, így az EUA iránti kereslet megegyezik a kötelezett létesítmények aggregált elhárítási határkölség görbéjével. A keresleti görbét számos tényező befolyásolja: a gazdasági növekedés, a kőolaj ára, az időjárás alakulása, vagy a technológiai fejlődés.

Az ETS-ben részt vevő országok gazdasági növekedésének alakulása elsősorban az ETS ágazatok termelésén keresztül, közvetve pedig az energiaigény változásán keresztül hat az EUA piacára. A gazdasági növekedés gyorsulása az EUA kereslet növekedésével jár, egy lassuló európai gazdaság azonban alacsonyabb CO<sub>2</sub> kibocsátást eredményez.

A nyersolaj ára jelentős hatással bír az EUA piaci árára, bár az összefüggés iránya közel sem triviális. A 10. ábra mutatja, hogy mi történik, ha megemelkedik a nyersolaj ára.



10. ábra: Az olajár hatása az EUA árára



Ha az olaj ára megnő, akkor megnő az olaj- és földgáztüzelésű erőművek termékegységre jutó költsége, mivel nemcsak a fűtőolaj, hanem a földgáz ára is részben az olaj árához van kötve. A magasabb gázár versenyhátrányba hozza a földgáz-tüzelésű erőműveket, így növekszik a szenes erőművek termelése. Mivel a szén alapú villamosenergia-termelésnek magasabb a fajlagos széndioxid-kibocsátása, ezért megnövekszik a kvóták iránti kereslet, amely magasabb árakat eredményez. A növekvő EUA ár mellett a földgáz alapú termelés versenyképessége újra javulni kezd, és magasabb árak mellett újabb egyensúlyi helyzet alakulhat ki. Ebből az egyszerű gondolatmenetből is látható, hogy az olaj ára jelentős hatással van a széndioxid-kvóta árfolyamára, de a hatás iránya egyáltalán nem egyértelmű.

Szintén jelentős hatással bír a kvóta árára az időjárás: egyrészt a villamosenergia- és távhő-termelő vállalatok termelése nagymértékben függ az időjárási körülményektől. Egy átlagosnál hidegebb vagy hosszabb tél megnöveli a távhő- és villamosenergia-fogyasztást, egy átlagosnál forróbb vagy hosszabb nyár szintén növeli a villamosenergia-fogyasztást. Ilyen esetekben ennek a két ágazatnak a vártnál nagyobb lesz a szén-dioxid kibocsátása.

A másik időjárási tényező a csapadék mennyisége, mivel az befolyásolja a vízerőművek termelését. Amennyiben a vízerőművek az átlagosnál többet tudnak termelni egy adott évben, a fosszilis erőműveknek kisebb lesz a termelése és így a szén-dioxid kibocsátásuk is. Ha az átlagosnál kevesebb a csapadék, növekszik a fosszilis erőművek termelése és CO<sub>2</sub> kibocsátása.

A technológiai fejlődés szintén jelentős kereslet oldali tényezőnek tekinthető. Minél gyorsabb a technológiai fejlődés, annál inkább csökken a szén-dioxid elhárítási költsége, így a jogok ára.

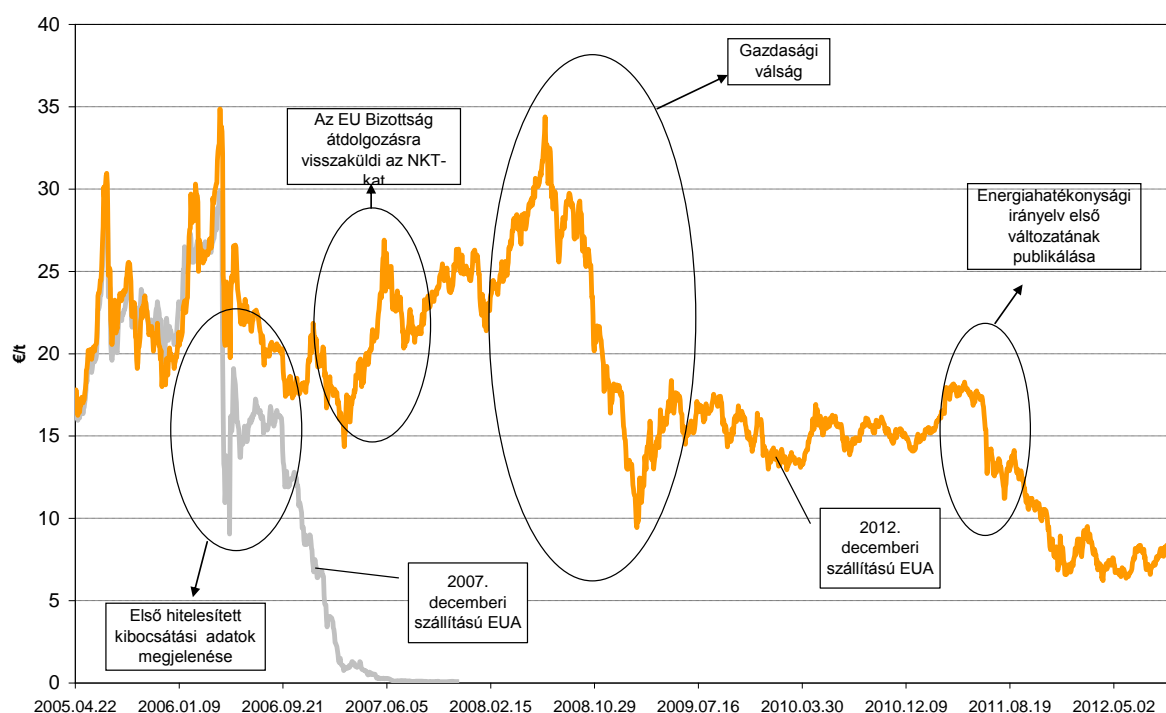
Az EUA árat tökéletesen rugalmatlan kínálati görbével írhatjuk le. Míg a kereskedési rendszer első két fázisában a kínálatot a résztvevő országok által a nemzeti kiosztási tervekben megállapított és az EU Bizottság által jóváhagyott kibocsátási egység mennyiség jelenti, addig a harmadik fázisban az EU Bizottság által megállapított összes kiosztható kvóta mennyisége. Adminisztratív jellege miatt a kínálatot tökéletesen rugalmatlannak tekinthetjük (árrugalmassága zéró). Vagyis a kínálat nem változik az ár változásának hatására.

Az EUA árat tehát egy rugalmatlan kínálat és az egyedi elhárítási határköltségekből aggregált kereslet határozza meg. Fontos kihangsúlyozni, amit már korábban is említettünk, hogy a kvóta árára nincs hatással, hogy azt ingyenesen vagy térítés ellenében osztják ki a kötelezett szereplőknek (Lesi-Pál, 2005).

#### **Az EUA áralakulása**

Ahogy már korábban említettük az EU szabályozás szerint a szén-dioxid kvóták időszakon belül átvihetők egyik évről a másikra, de a próbafázisból nem vihető át a második kereskedési periódusra. Ennek az oka, hogy egy esetlegesen rosszul megállapított kvóta összmenyiség (sapka) ne befolyásolja a második időszaki kvóta áralakulást. A második időszakra ugyanakkor már korlátozás nélkül átvihetők a kvóták. Ez tehát azt jelenti, hogy a sapka tulajdonképpen nem egy-egy évre kerül megállapításra, hanem egy egész időszakra, azaz egy-egy év hiányát vagy többletét lehet görgetni/előrehozni. Így a kvóta árfolyama stabilabb, kiszámíthatóbb és kevésbé volatilis.

11. ábra: Az első és második időszaki széndioxid-kvóta árak alakulása, 2005-2012, €/t



Forrás: EEX (2012), ICE (2012)

A 11. ábra (amelyen feltüntettük az első időszaki – szürke vonal -, illetve a második időszaki kvóták árait – narancssárga vonal) alapján több megállapítást tehető. A legfontosabb, hogy a két kvóta árfolyama 2006 májusáig együttmozgott, ekkor azonban hirtelen kettévált. Az első időszakra vonatkozó kvóták árai leestek és 2007 közepére gyakorlatilag 0 €/t-án kereskedtek ezen termékkel, miközben a második időszaki kvóta ára 15-25 €/t körül mozgott. A két ár szétválásának oka, hogy az első időszaki kvótákat nem lehetett átvinni a második időszakra. Az első időszaki EUA árának májusi esése pedig annak köszönhető, hogy ekkor kellett első alkalommal a létesítményeknek elszámolniuk a hitelesített kibocsátásukkal. Korábban csak becslések voltak arra vonatkozóan, hogy mekkora is lehet ezen vállalatoknak a széndioxid-kibocsátása. Ez az információ azonnal beépült az árakba és kiderült, hogy az összes kiosztott kvóta meghaladja a teljes kibocsátási mennyiséget. Ellenben a második időszakra vonatkozóan a piaci szereplők elhitték, hogy szűkebb lesz a sapka. Ezt az elképzelést, hogy 2007 első felében az Európai Bizottság sorra dobta vissza a Nemzeti Kiosztási Terveket, mivel az abban lévő sapkákat túlzónak találta, így kötelezte a tagállamokat, hogy kevesebb jogot osszanak ki az adott országban működő létesítményeknek. A kvóták áralakulásáról részletesen ír Lepone et al. (2011).

További két fontos következtetést vonhatunk le az ábrából: az egyik az, hogy a gazdasági válság nagy hatással van a kvóta árfolyamára. Az alacsonyabb villamosenergia-felhasználás és az ipari létesítmények kisebb termelése, csökkenti az EUA iránti keresletet, amely csökkenti a kvóta árfolyamát is. A másik és a disszertáció szempontjából igen fontos

megállapítás, hogy az Energiahatékonysági Direktíva első tervezetének (COM 2011/370) publikálása jelentős hatással járt a szén-dioxid kvóta árára. Már maga a Tervezet bejelentése is elegendő volt arra, hogy a piaci szereplők olyan várakozást alakítsanak ki, hogy a jövőben jelentősen csökkenhet a széndioxid-kvóták iránti igény. Ennek hatására két nap alatt az árak több mint 20 %-ot estek, amely jól példázza a két eszköz – a szennyezési jog és az energiahatékonysági beruházások támogatása - egymásra hatását.

#### *III.1.1.5.3 Emissziós normák*

A villamosenergia-szektorban gyakran alkalmazott eszköz az emissziós norma. Ezek közül a következőkben bemutatjuk az európai villamosenergia-piacra az egyik legnagyobb hatással bíró olyan szabályozást, amely norma segítségével történik. Ez a 2001-ben elfogadott ún. LCP (Large Combustion Plant – 2001/80/EC) és az ehhez kapcsolódó NEC (National Emission Ceiling – 2001/81/EC) Direktívák.

Már a 90-es évek elején bebizonyosodott, hogy döntő részben a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok felelősek a savas esők kialakulásáért. Mivel ez egy határokon átnyúló szennyezés, ezért nemzetközi együttműködés szükséges ahhoz, hogy a kibocsátásukat korlátozni lehessen. Ezért az ENSZ égisze alatt megszületett a Göteborgi Jegyzőkönyv, amely országokra lebontott konkrét kibocsátás-csökkentési célokat határozott meg. Ahhoz, hogy a Jegyzőkönyvben rögzített célokat az európai országok is sikerrel teljesítsék, fogadták el a 2001/80/EK és 2001/81/EK Direktívát. Az előbbi, az ún. LCP direktíva meghatározta az 50 MWth feletti erőműveknek maximális fajlagos kén-dioxid, nitrogén-oxid, illetve por-kibocsátását, míg az utóbbi az adott ország maximált összes kibocsátását határozta meg.

Az uniós csatlakozás miatt ezen direktívák hazánk számára is kötelező érvényűvé váltak. A 21/2001.-es Korm. rendelet alapján a meghatározott normán felüli szennyezésért fizetnie kell a létesítményeknek. A bírság 2002-től 2005-re a kén-dioxid és a nitrogén-oxid esetében nyolcszorosára nőtt. Ennek hatására egyes erőművek beszüntették termelésüket (pl. Bánhida), mások széntüzelésről, amely a legnagyobb kénkibocsátással bír, áttértek földgáz, vagy biomassza tüzelésre (pl. Pécsi, Ajkai és Borsodi erőmű), illetve egyes esetekben kéntelenítő berendezés került beépítésre (Mátrai és Oroszlányi erőmű). Ez összességében azt eredményezte, hogy a nagyerőművi kén-dioxid kibocsátás 2007-re a 2001-es kibocsátás 5 %-ra, a nitrogén-oxid estében 49 %-ra, míg a szilárd anyag kibocsátása 3 %-ra esett vissza. Így azt mondhatjuk, hogy a normával történő szabályozás igen hatásosnak bizonyult (MEH, 2012).

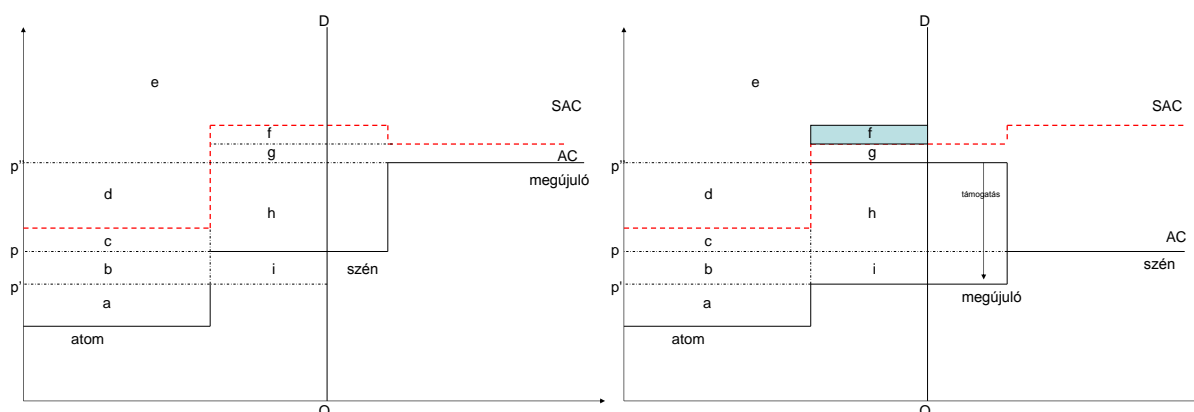
#### **III.1.2. A second-best megoldások**

Az előzőekben bemutatottuk a különböző first-best szabályozásokat, azaz amikor olyan környezeti szabályozást vezetnek be, amelyek internalizálják a negatív externáliákat. Ezzel szemben a second-best megoldások lényege, hogy a kevésbé szennyező, azaz kisebb negatív

externáliával bíró technológiákat támogatja a szabályozás. A támogatás révén kiszorulhatnak a szennyező technológiák, így társadalmi szinten egy hatékonyabb állapot jön létre. Ezt illusztrálja 12. ábra, amely bemutatja, hogy egy second-best szabályozás hogyan növeli a társadalmi jólétet.

Legyen három termelőnk: egy atomerőmű, egy szenes erőmű, illetve egy megújuló alapú villamosenergia-termelő. Az ő költségüket írja le az AC függvény, míg a termelésük által okozott negatív externáliával növelt társadalmi költséget az SAC görbe jelöli. Az egyszerűség kedvéért a kereslet legyen tökéletesen rugalmatlan, a keresleti görbét pedig D-vel jelöljük.

**12. ábra: A jóléti többletek megújuló támogatás nélkül (bal oldali ábra), illetve megújuló támogatással (jobb oldali ábra)**



Abban az esetben, ha nincsen megújuló támogatás, akkor az egyensúlyi ár  $p$ , míg a villamosenergia-termelés összes mennyisége  $Q$ . Ekkor az atomerőmű teljes kapacitással üzemel, míg a szenes kapacitás megközelítőleg a kapacitás felével üzemel, míg a megújuló termelő nem jut termelési lehetőséghez. A jólétek a következőképpen alakulnak:

- fogyasztói többlet:  $FT = c + d + e + f + g + h$
- termelői többlet:  $TT = a + b$
- negatív externália:  $EXT = TEC_{\text{atom}}^5 + TEC_{\text{szén}} = a + b + c + f + g + h$
- a nettó jólét, így megegyezik a  $d + e$  területtel.

Ha bevezetünk egy second-best szabályozást, amely során a tisztább technológiákat támogatjuk, akkor a kialakuló egyensúlyi nagykereskedelmi ár lecsökken  $p'$ -re, míg a rugalmatlan keresleti görbének köszönhetően a kereslet nem változik. A jólétek a következőképpen alakulnak.

- fogyasztói többlet:  $FT = b + c + d + e + f + g + h + i$
- termelői többlet:  $TT = a$

<sup>5</sup> TEC: Teljes externális költség

- negatív externália:  $EXT = TEC_{atom} + TEC_{megújuló} = a+b+c+g$
- támogatás mértéke:  $h+i$ .

A nettó jólét egyenlő a fogyasztói és a termelői többlet összegével csökkentve a negatív externáliával, illetve a támogatás mértékével. Így a nettó jólét megegyezik a  $d+e+f$  terület összegével. Látható, hogy a second-best szabályozás hatására a nettó jólét  $f$  területtel nő. Kiemelendő továbbá, hogy jelentős átcsoportosítások ( $b$  terület) is történtek a fogyasztók és a termelők között.

A megújuló támogatások csoportosíthatóak aszerint, hogy a mennyiséget, illetve az árat a szabályozó hatóság állapítja meg vagy az a piacon alakul ki. Az 5. táblázat hasonlóan, mint a környezetszennyezési-mátrix (ld. 2. táblázat), mutatja a különböző variációkat.

5. táblázat: A megújuló támogatási mátrix

		A megújuló mennyiségét	
		az állam határozza meg	a piac határozza meg
A megújuló árát	az állam határozza meg	Átvételi kötelezettség csak bizonyos mennyiségig	Hatósági áras garantált átvétel
	a piac határozza meg	Forgalmazható zöld bizonyítvány	Átvételi kötelezettség csak korlátozott terminusra, versenyeztetéssel

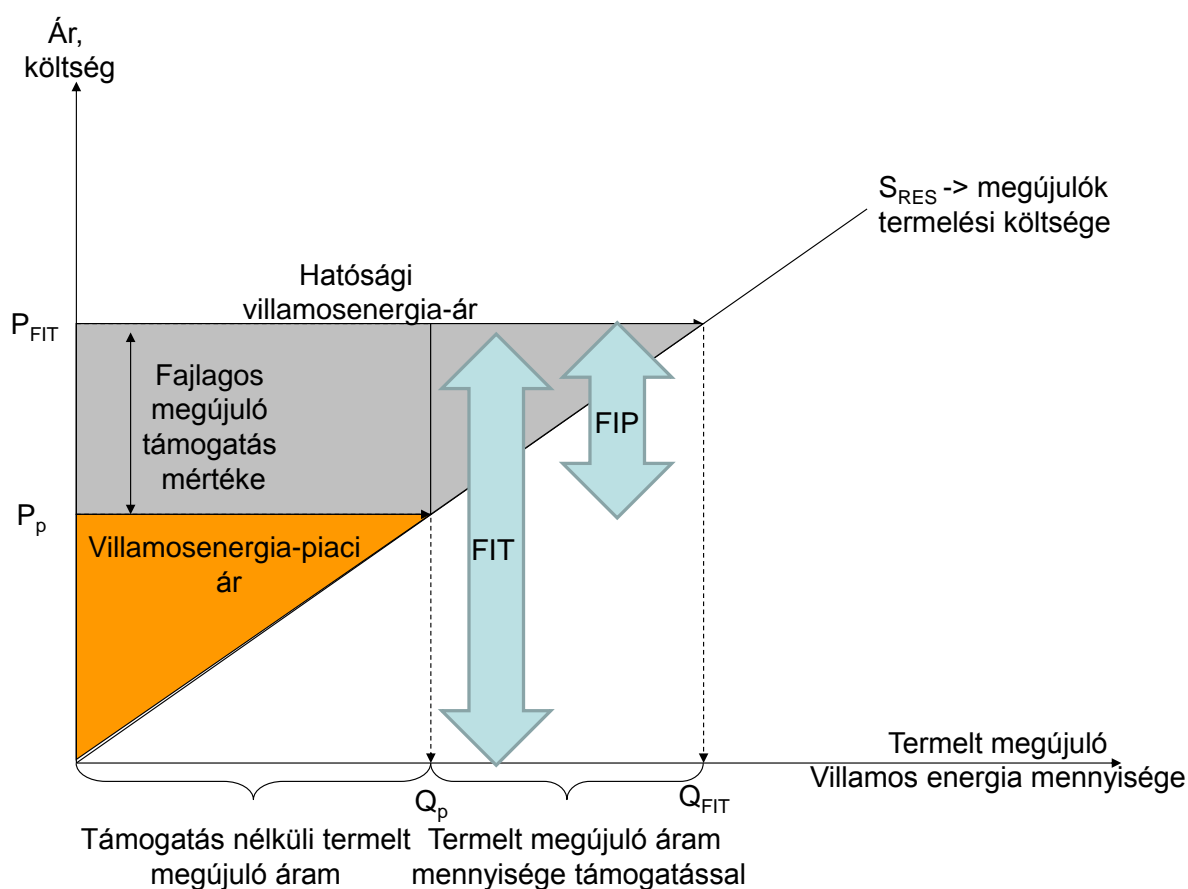
*Forrás: ERRÁ (2010), p.37.*

A következőkben részletesen ismertetjük a két jellemzően alkalmazott eset elméleti működési mechanizmusát: a forgalmazható zöld bizonyítványokat, illetve a hatósági garantált átvételes támogatási rezsimeket. Fontos hangsúlyozni, hogy a következő esetek mindegyike termelés alapú támogatásnak minősül. Ezen kívül számos egyéb, nem közvetlenül a termeléshez kapcsolódó megújuló támogatás létezik, mint például a különböző adókedvezmények, beruházási támogatások. Ugyanakkor ezek jellemzően kiegészítik a következőkben bemutatott termeléshez kapcsolódó támogatásokat.

#### III.1.2.1. A hatósági áras garantált átvétel

A hatósági áras garantált átvételi rendszer esetében a szabályozó meghatározza a megújuló energiaforrásból termelt villamos energia átvételi árát, amely ár mellett a megújuló termelő garantáltan értékesítheti a megtermelt villamos energiát. A 13. ábra mutatja a hatósági áras kötelező átvételes (feed-in tariff – FIT) megújuló támogatási rezsim működését.

13. ábra: A hatósági áras megújuló támogatás működése



Legyen  $S_{RES}$  a megújuló alapú termelők kínálati görbéje, míg  $P_p$  a villamos energia piaci ára. Ha nincs támogatás, akkor  $Q_p$  mennyiségű megújuló alapú termelés realizálódik. Az állam ezt követően bevezet egy hatósági átvételes támogatási rendszert, amely értelmében minden egyes kilowattóra megtermelt villamos energia után  $P_{FIT}$  árat kap a megújuló termelő. A hatósági ár indirekt módon meghatározza a megtermelt megújuló alapú villamosenergia-termelés mennyiségét,  $Q_{FIT}$ -t. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a hatóság a mennyiséget illetően bizonytalan, mivel nem ismeri a  $S_{RES}$  függvény pontos alakját.

A hatósági áras támogatási rendszert elkülöníthetjük aszerint, hogy a hatósági árat hogyan állapítják meg: lehet fix, hatóságilag rögzített ( $P_{FIT}$ ) áras (az ábrán FIT-el jelöltük), illetve lehet ún. prémium áras (az ábrán FIP-el jelölve), amikor a megújuló termelő a megtermelt villamos energiát a versenypiacon értékesíti, de minden egyes eladott kWh után további  $P_{FIT} - P_p$  árat kap. Ez utóbbi esetben a megújuló termelőnek a bizonytalan nagykereskedelmi ár miatt magasabb kockázattal kell szembenéznie, mintha fix, hatósági ár mellett értékesíthetné a megtermelt energiát.

Mivel feltételezzük, hogy minden termelő  $P_{FIT}$  árat kap (akár prémium rendszerről, akár hatósági áras rendszerről van szó) a megtermelt villamos energia után, ezért a megújuló termelők termelői többletét a narancssárga és a szürke színnel jelölt területek összessége adja, amelynek egy része a támogatásból adódik. Ha a megújuló termelők kínálati görbéje kevésbé

meredekebbé válik a technológiai fejlődés következtében, akkor a következő változásokkal szembesülhetünk: mivel a  $P_{FIT}$  ár változatlan, ezért az egyensúlyi mennyiség magasabb lesz, azaz több megújuló alapú termelés lesz. Másrészt a hatékonyságjavulásnak köszönhetően a termelők realizálják annak hasznát (=nő a termelői többlet), az nem jut el a fogyasztókhoz. Ez a rendszer tehát ösztönzi a megújuló alapú termelőket a hatékonyságjavulásra.

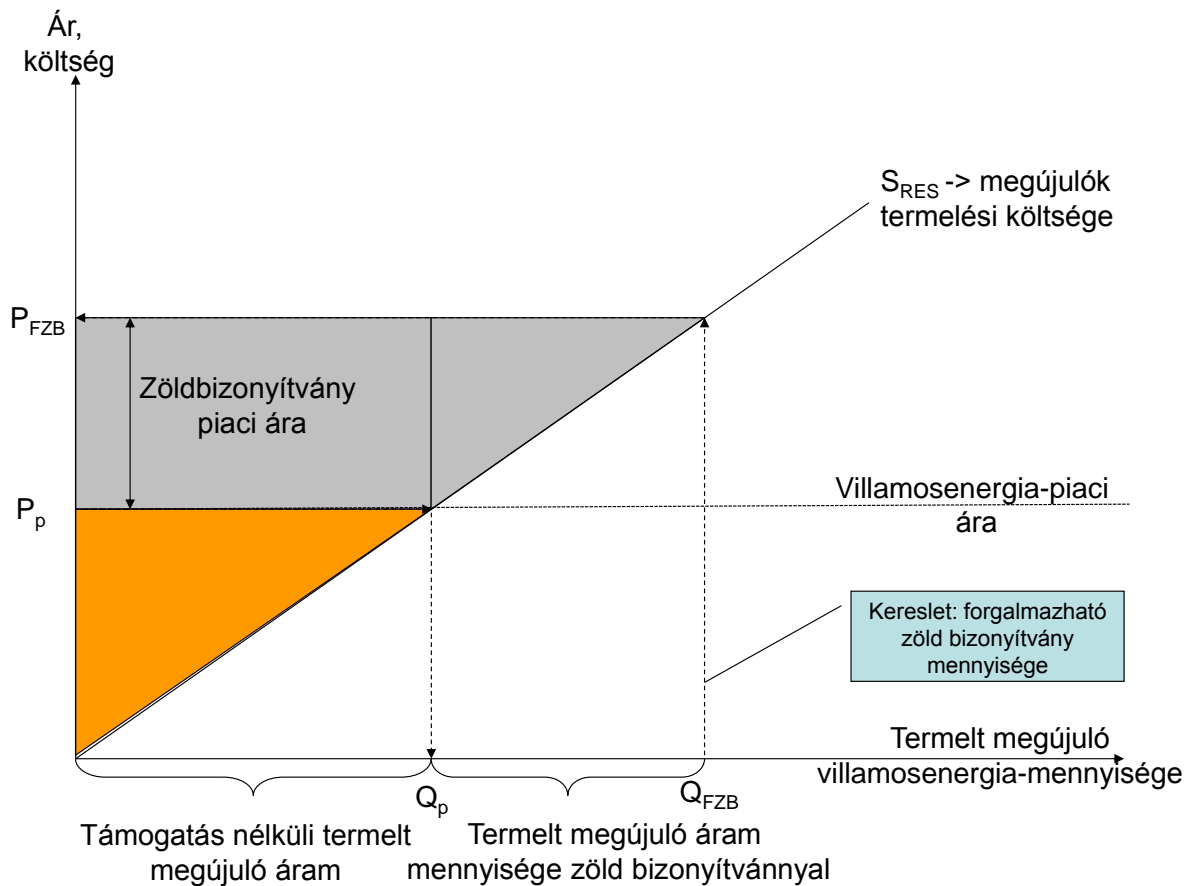
#### III.1.2.2. A forgalmazható zöld bizonyítvány

A forgalmazható zöld bizonyítványok esetében a szabályozó minden egyes időszakra rögzíti, hogy mekkora mennyiségű (és milyen típusú) zöld villamos energiát lehet támogatott módon értékesíteni. A kereskedhető bizonyítványok igazolják, hogy az adott egységnyi villamos energiát megújuló bázison (amit a szabályozás is elismer) termeltek. Ezekkel a jogokkal szabadon lehet kereskedni. A kötelezett vállalatoknak pedig minden egyes időszak végén a szabályozás által meghatározott mennyiségben kell rendelkezniük ilyen jogokkal. Tehát egy-egy kötelezettnek nem kell közvetlen a megújuló termelőtől villamos energiát vásárolnia (és ezáltal zöld bizonyítványt), hanem a zöld bizonyítványokat beszerezheti egy másik szereplőtől, közvetlenül a termelőtől, vagy akár tőzsdén is. Így a megtermelt villamos energia és a zöld bizonyítványok kereskedelme teljesen elválik egymástól, azokkal függetlenül lehet kereskedni.

A hatóság tehát meghatározza a mennyiséget, de ezáltal az ár válik bizonytalanná. A 14. ábra összefoglalja hogyan működik a forgalmazható zöld bizonyítványok rendszere.



14. ábra: A forgalmazható zöld bizonyítvány rendszer működése



Az ábrán – hasonló módon, mint a kötelező átvétel esetében –  $S_{RES}$  jelöli a megújuló kínálati görbét,  $P_p$ -vel pedig a versenypiaci árat. Ha nincsen megújuló támogatás, akkor is  $Q_p$  nagyságú villamos energiát termelnek a megújuló bázisú erőművek.

Az állam meghatározhatja, hogy egy adott időszakban az átvételre kötelezett<sup>6</sup> szereplőknek mekkora arányban vagy mennyiségben kell megújuló villamosenergia-termelést átvenniük. Annak érdekében, hogy a szereplők eleget tegyenek az átvételi kötelezettségüknek, a zöld bizonyítványok piacán minden esetben megjelenik valamifajta büntetés. Ha elég magas a büntetés mértéke, akkor ezt a mennyiséget a megújuló alapú termelők teljesítik, kérdéses, hogy milyen áron. A 14. ábra mutatja, hogy  $Q_{FZB}$  mennyiséget  $P_{FZB}$  áron tud az utolsó megújuló alapú erőmű termelni.

Fontos azonban kihangsúlyozni, hogy a megújuló termelők bevétele két részből adódik össze. Egyrészt értékesítik a piacon a megtermelt villamos energiát  $P_p$  áron, másrészt a zöld bizonyítvány értékesítéséből is képződik  $P_{FZB} - P_p$  bevétele minden egyes értékesített kWh

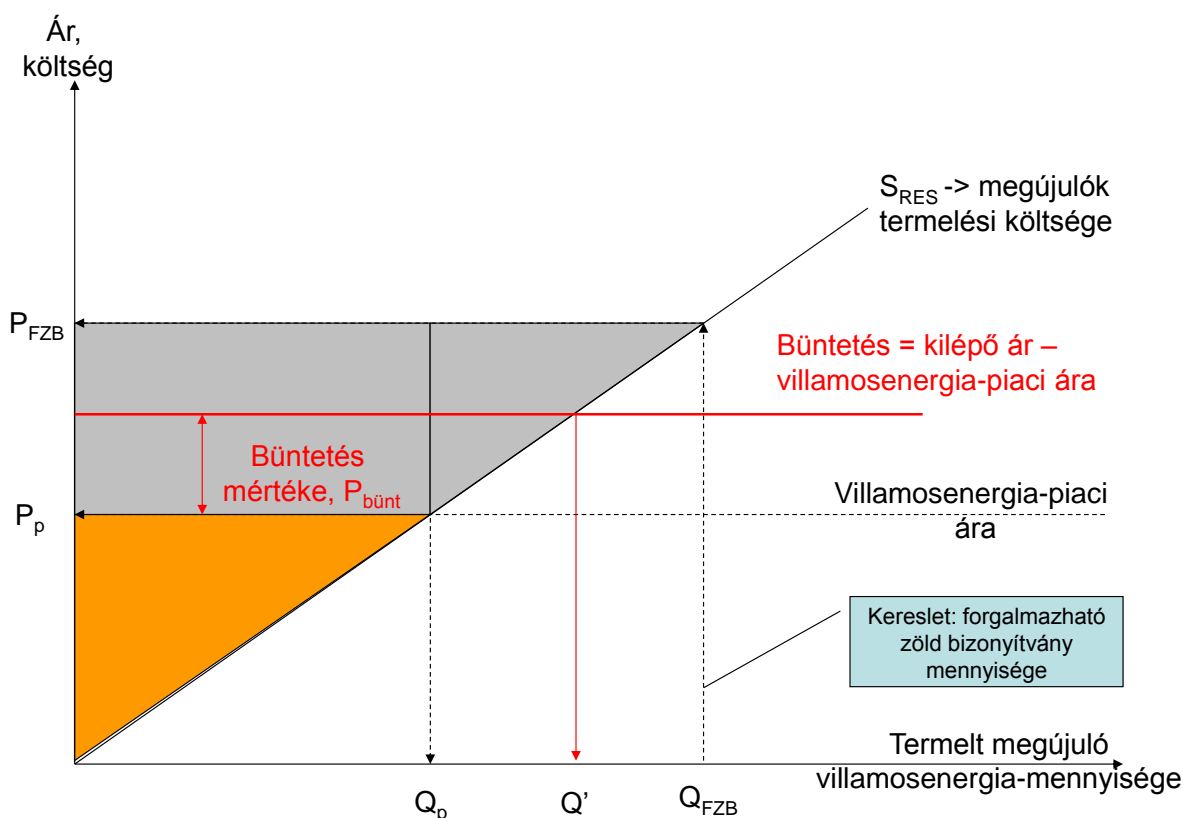
<sup>6</sup> Az átvételre kötelezett szereplők jellemzően nem a végfelhasználók, mivel minden egyes fogyasztóra költséges lenne az ellenőrzés, ezért általában a kereskedőket, szolgáltatókat kötelezik az adott mennyiség megvásárlására. Léteznek ugyanakkor olyan rendszerek (pl. Olaszország), ahol a termelőket kötelezik a megújuló energia bizonyos mennyiségű átvételére.

után. A zöld bizonyítványok ára tehát a villamos energia piaci árától ( $P_p$ ) és a megújuló alapú termelők kínálati görbéjétől függ ( $S_{RES}$ ). Adott kínálati görbe esetén a kvóta ára növekszik, ha csökken a villamos energia piaci ára, és fordítva: ha nő a villamosenergia-piaci ár, akkor csökken a zöld bizonyítványok ára. Ugyanakkor a megújuló termelők összbevételét ez nem változtatja meg, csak annak összetételét.

Ahogy azt láthatjuk, a zöld bizonyítványok esetében a szabályozó meghatározza az átvételi mennyiséget, a zöld bizonyítványok árára a szabályozó azonban nincs befolyással, az a megújuló energiatermelők kínálati görbéje határozza meg.

A zöld bizonyítvány árának kordában tartására általánosan bevett gyakorlat, hogy a szabályozást kiegészítik, ún. kilépő árral is. Ennek lényege, hogy a kötelezett szereplők vagy vásárolnak zöld bizonyítványt a piacon, vagy pedig egy meghatározott mértékű büntetéssel kiváltják azt, maximalizálva így a zöld bizonyítványok árát. A 15. ábra mutatja, hogyan működik ezen szabályozóelem.

15. ábra: A kilépési ár szerepe a forgalmazható zöld bizonyítvány rendszerben



Ha a büntetés nagyon magas lenne, akkor a zöld bizonyítványok ára  $P_{FZB}$ , míg a megújuló bázison termelt villamos energia mennyisége  $Q_{FZB}$  lenne. Ha a hatóság bevezet egy büntetést, amelynek mértéke  $P_{bünt}$ , akkor a kötelezett szereplők egy idő után nem vásárolnak zöld bizonyítványt, hanem inkább befizetik a büntetést. Ekkor a termelt megújuló villamos energia mennyisége  $Q'$ -re csökken le, míg a zöld bizonyítványok ára megegyezik a büntetés mértékével. Ebben az esetben tehát nem teljesül a szabályozó által meghatározott megújuló

cél, ellenben az árakat kordában lehet tartani. Ez a szabályozóelem teljesen hasonlóan működik, mint a szennyezési norma esetében a bírság. Azt is látni kell, hogy ezáltal a szabályozás már nem tekinthető tisztán mennyiség alapú szabályozásnak, hiszen a büntetés bevezetésével áralapú szabályozó elem is megjelenik.

A hatósági áras rendszer esetében láthattuk, hogy ha a technológiai fejlődés révén a megújuló termelők kínálati görbéje laposabbá válik, vagy a már működő erőművek hatékonyabban működnek, akkor a hatékonyságból és a technológiai fejlődésből adódó hasznok a termelőknél jelentkeznek. A zöld bizonyítványok esetében azonban más eredményre jutunk. Hatékonyságjavulás esetében a zöld bizonyítványok kereslete - amelyet a szabályozó határoz meg -, nem változik. A megújuló termelés kínálati görbéjének laposabbá válásakor a zöld bizonyítványok egyensúlyi ára csökken és az árcsökkenés haszna a fogyasztóknál jelentkezik.

Habár a zöld bizonyítványok révén adott mennyiségű megújuló bázisú villamos energiát a legalacsonyabb költség mellett lehet előállítani, viszont a kiszámíthatatlanabb árak miatt a befektetőknek kevésbé vonzó ez a megújuló támogatási rendszer, mint a hatósági áras támogatási rezsim.

### III.1.2.3. Átmeneti támogatási rendszerek<sup>7</sup>

A két tiszta szabályozáson kívül, amely esetben a szabályozó vagy csak az árat (hatósági ár, kötelező átvétellel) vagy csak a mennyiséget határozza (forgalmazható zöld bizonyítványok) meg, léteznek átmenetek is. Ekkor a szabályozó hatóság mind az árat, mind a mennyiséget rögzíti. Ennek két válfaját különböztethetjük meg: egyrészt átvételi kötelezettség van a megújuló alapú villamosenergia-termelésre, de csak egy bizonyos mennyiségig. A másik módszer lényege, hogy a szabályozó tenderezteti a megújuló termelőket.

Az ártámogatás bizonyos energia mennyiségre történő korlátozását az a szándék vezérli, hogy a szabályozó kordában tartsa a megújuló támogatásra fordított összegét, enyhítve így a végfogyasztói árak emelkedését. Ennek érdekében az ártámogatási rendszert úgy alakítják át, hogy az ártámogatást nem veheti igénybe minden megújuló energiatermelő, hanem csak egy bizonyos mennyiségű megújuló energia össz mennyiség erejéig jár a támogatás. Ezen rendszerek legfőbb kérdése, hogy a szabályozó milyen módon állapítja meg, hogy mely szereplők kaphassanak kvótákat, amely feljogosítja őket a megújuló hatósági áras értékesítésre. Leggyakrabban alkalmazott eszköz, hogy az új belépők esetében „first-come-first served” alapon történik a kiosztás, azaz amelyik befektető hamarabb jelzi beruházási szándékát kapja meg a termelési kvótát. Túlkéréslet esetén a megújuló termelők vagy pénzben fizetnek vagy engedményeket tesznek az ártámogatásból, vagyis a hatósági árnál alacsonyabb áron történő termelésre tesznek ajánlatot. Ekkor azonban már tendereztetésről beszélhetünk.

<sup>7</sup> REKK (2009) alapján

A tendereztetés esetében a hatóság bizonyos időközönként tendert ír ki megújuló villamosenergia-termelésre (vagy kapacításra), amelyben a mennyiséget előre meghatározza, és a megújulós beruházásban érdekelt befektetők az értékesítési ár tekintetében versenyeznek egymással. A tendereztetés előnye, hogy az ár verseny eredményeképpen alakul ki és ideális esetben a legolcsóbb beruházás valósul meg. Ha piaci alapon kerül kiosztásra a termelési kvóta, akkor a kvóta szűkösségi járadék az államnál keletkezik. Ugyanakkor elképzelhető olyan helyzet is, hogy nem lesz elég jelentkező a beruházásokra.

#### III.1.2.4. A megújuló támogatási rezsimek összehasonlítása

A 6. táblázat összefoglalóan mutatja, hogy melyek a fent ismertetett rendszerek előnyei és hátrányai.

**6. táblázat: A megújuló támogatási rezsimek összehasonlítása**

	előnye	hátránya
kötelező átvétel hatósági árszabályozással	Értékesítési biztonság, alacsonyabb kockázat, stabil megtérülés, sok beruházás	Hatósági árszabályozás, nem hatékony, függőség, Szabályozói csapda, Járadékvadászat
átvételi kötelezettség csak adott mennyiségig, árszabályozással	Tender esetén hatékonysági verseny	kvóta nem transzparens kiosztása esetén járadékvadászat, hatékonysági veszteség
átvételi kötelezettség csak korlátozott terminusra, versenyeztetéssel (tender)	A szabályozás rugalmas marad, gyors technológiai fejlődés időszakában növeli a társadalmi hasznokat	Bizonytalanság a termelőnek, kockázatok és költségek, beruházások és fejlesztése elmaradása
forgalmazható zöld bizonyítványok	Ez a legköltséghatékonyabb szabályozási változat: adott megújuló energia mennyiség a legkisebb beszerzési költséggel; stabil piaci szignál újabb beruházóknak	Szükség van egy biztonsági szelepre, amely túl magas megújuló energia árak esetén fizethető be a hatóságnak; zöld bizonyítványoknak stabil és likvid piac kell

*Forrás: Szajkó (2009)*

A kötelező átvételi rendszer legfőbb előnye, hogy a beruházók számára hosszabb távon pénzügyi kiszámíthatóságot biztosít, ezáltal gyorsabb megújuló elterjedéshez vezethet. Ugyanakkor fennállhat a termelői extraprofit (túlzott mértékű járadék a megújuló termelőknél) lehetősége hosszabb távon is, amely viszont egy jól működő zöld bizonyítvány piacon nincs jelen. A zöld bizonyítvány rendszer a legköltséghatékonyabb megújuló támogatási rendszer, viszont az árkockázat miatt szükség lehet egy kilépő ár meghatározására, amely megállapítása nehézkes lehet, és veszélyeket rejthet magában. Ha túl alacsonyan állapítják meg a kilépő árat vagy büntetést, akkor a zöld bizonyítvány rendszer átalakulhat ár alapú szabályozási rendszerre.

Összességében megállapítható, hogy a megújuló energia támogatásának kezdeti időszakában egyértelműen az ártámogatási rendszerek a megfelelőek, később pedig a mennyiségi támogatási rendszerek (REKK, 2009).

#### III.1.2.5. Megújuló támogatások alkalmazása a gyakorlatban

Bár az EU15-ben már a 2000-es évek elején is szinte mindegyik ország valamilyen módszerrel támogatta a megújuló alapú áramtermelést, addig a 2000-es években az Unióhoz csatlakozott országok egyikében sem volt megújuló támogatási rezsim (Klessmann et al., 2011). Ezen jelentősen változtatott a 2001-ben elfogadott megújuló villamosenergia-támogatásról szóló, 2001/77/EK Direktíva, amely hatására az új tagországok is sorra vezettek be különböző megújuló támogatási rendszereket.

##### *III.1.2.5.1 Az Európai Unió megújuló szabályozás*

A 2001/77/EK Direktíva fő célját az Irányelv a következőképpen fogalmazza meg:

„A Közösség felismeri a megújuló energiaforrások támogatásának elsődleges szükségességét, mivel ezek kiaknázása hozzájárul a környezetvédelemhez és a fenntartható fejlődéshez. Ezenfelül helyi munkahelyeket teremthet, kedvezően hat a társadalmi kohézióra, biztonságosabbá teszi az energiaellátást, és lehetővé teszi a kiotói célkitűzések gyorsabb megvalósítását.”

A Direktíva kötelezte a tagállamokat, hogy tűzzenek ki nem kötelező érvényű (non-binding) célkitűzéseket a megújuló energiaforrásokból előállított villamosenergia-termelésre vonatkozóan. Az Irányelv értelmében az EU15-ben a megújuló termelés villamosenergia-fogyasztáshoz viszonyított arányát az 1997-es 13,9 %-ról 2010-re 22,0 %-ra kell növelni. A 2004-es EU bővítéssel, amely során az új tagállamoknak is kellett vállalniuk célszámokat, a 22 %-os célérték 21 %-ra csökkent. A Direktíva hatására az új tagállamok 2001-2005 között különböző fajta megújuló villamosenergia-termelést támogató rezsimeket vezettek be.

Fontos hangsúlyozni, hogy a Direktíva a tagállamokra bízta a döntést, hogy milyen támogatási rendszert vezetnek be, azaz ennek nem volt célja az egységesebb támogatási rendszerek felé való elmozdulás.

A 2001-es Irányelvet váltotta fel a 2009-ben elfogadott 2009/28/EK Direktíva, amely az Európai Unió új Klíma és Energia Csomag által felvázolt '20-20-20'-as célok - azaz 20 %-os ÜHG csökkentés, 20 %-os primerenergia-csökkentés és 20 %-os megújuló energiafelhasználás elérése Közösségi szinten 2020-ra -, egyik fő pillérét adja. Ennek értelmében Közösségi szinten 20 %-os megújuló arányt kell elérni a teljes bruttó energiafogyasztáson belül, amely már kötelező érvényű célnak minősül (binding target). Ez a szám ugyanakkor differenciáltan jelenik meg az országok között. Az egyes megújuló célok meghatározásakor figyelembe vették az ország 2005. évi megújuló felhasználási arányát, illetve az egy főre jutó GDP-t is. Ugyanakkor a bioüzemanyagok területén 2020-ra

egységesen minden tagállamnak kötelező minimális 10 %-os részarány elérése a teljes közlekedés célú energiafelhasználáshoz viszonyítva.

Az új Direktíva alapján minden tagállamnak ún. Megújuló Cselekvési Tervet kell benyújtani a Bizottságnak, amely részletesen leírja, hogy a kitűzött célt milyen eszközökkel kívánja elérni és milyen megújuló energiafelhasználással kalkulál 2020-ig.

A Direktíva erőteljesen ösztönzi a tagállamokat a kooperációra: egyrészt lehetőség van nem uniós országban megújuló villamosenergia-termelő által termelt megújuló áram hazaiként való elismerésére, másrészt ami a tagállamok között lehetőséget biztosít a közös támogatási rendszer működtetésére, illetve a statisztikai áthelyezésre. Ez utóbbi lényege, hogy bizonyos korlátozások mellett a megújuló alapú termelést igazoló bizonyítványt, amely a célok teljesítését is hivatottak igazolni, az egyik tagország eladhatja egy másiknak, így a megújuló termelés a másik ország céljában kerül elszámolásra.

Fontos azt észrevenni, hogy ez nem más, mint a kereskedhető bizonyítványok rendszerének bevezetése tagállami szinten. Hasonlatos ez az eszköz, mint a Kiotói Jegyzőkönyven rögzített, közvetlen emisszió kereskedelem. Tehát az új európai szabályozás alapján a tagállamok saját maguk eldönthetik, hogy zöld bizonyítványt, hatósági áras támogatási, vagy bármilyen más típusú megújuló támogatási rendszert vezetnek be és emellett szinte szabadon kereskedhetnek egymással a kitűzött célok tekintetében. Külön érdekesség, ha egy adott országban a működő támogatási rendszer a kereskedhető zöld bizonyítványok rendszere. Ebben az esetben a zöld bizonyítványoknak kialakul az adott országban egy egyensúlyi ára, amely pontosan megmutatja az országnak, hogyha kereskedni szeretne statisztikai átruházás keretében egy másik országgal, akkor azt milyen áron tegye meg.<sup>8</sup> Persze kérdés, hogy ezt az eszközt mennyire fogják használni az egyes tagállamok, de már önmagában érdekes egy kvázi kétszintű támogatási rendszer bevezetése. A megújuló támogatások harmonizációjáról részletesen ír Gephart et al. (2012), és Del Rio et al. (2012).

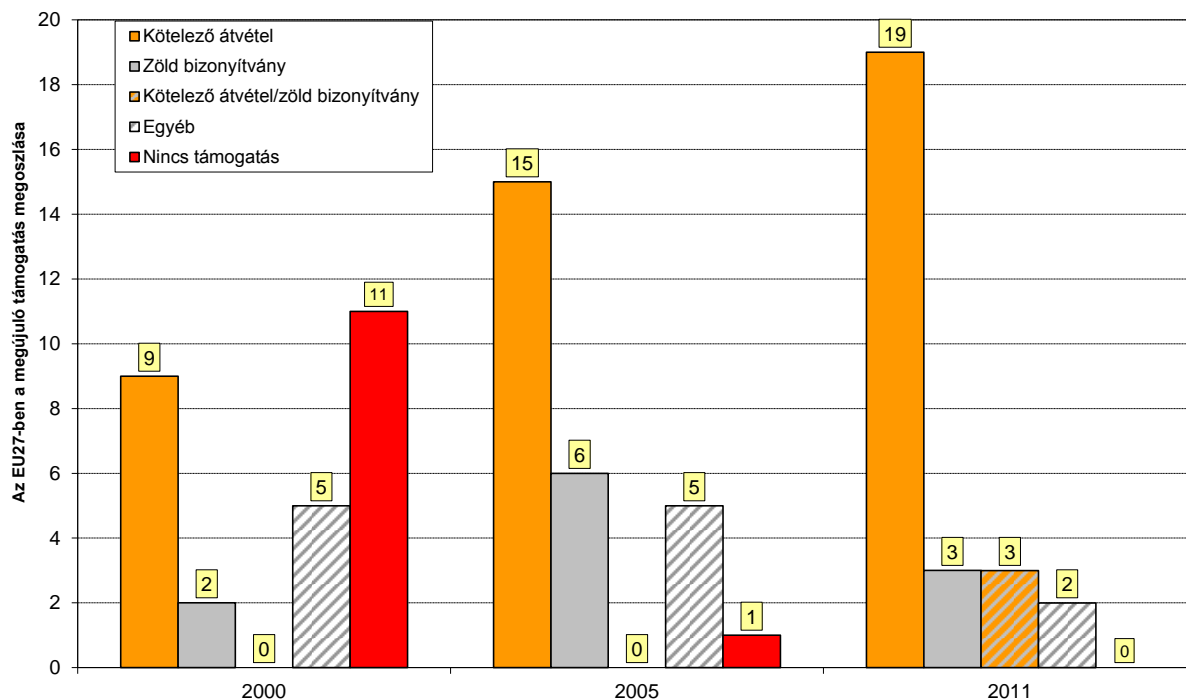
#### *III.1.2.5.2 Európában alkalmazott támogatási rendszerek*

A megújuló támogatás céljára alkalmazott eszközök tekintetében az EU27-ben jelentős változások zajlottak le az elmúlt évtizedben. Ahogy a 16. ábra mutatja, 2000-ben még a 27 tagállamból mindössze 16 alkalmazott valamifajta megújuló támogatási rezsimit. Mindössze két országban találhatunk zöld bizonyítvány rendszert, míg a domináns támogatási forma a hatósági áras garantált átvétel. Öt országban ugyanakkor az adókedvezményeket, illetve tendereket is alkalmaztak. 2005-re jelentősen megváltozott a kép, köszönhetően a megújuló Direktíva elfogadásának. Ez készítette rá az új tagállamokat is, hogy támogatással segítsék a megújuló villamosenergia-termelést. 2005-ben már mindössze egy országban nem támogatták

<sup>8</sup> Ezt enyhén módosítja, hogy a kitűzött célok a három fő szektorra közösen értendők: villamosenergia-szektor, hőcélú felhasználás, illetve közlekedés-célú felhasználás.

a megújuló áramtermelést: a jellemző támogatási forma, összesen 15 tagország alkalmazta ezt, továbbra is a kötelező, hatósági áras átvételi rezsim. Azonban már hat országban megjelent a zöld bizonyítvány rendszer is (16. ábra).

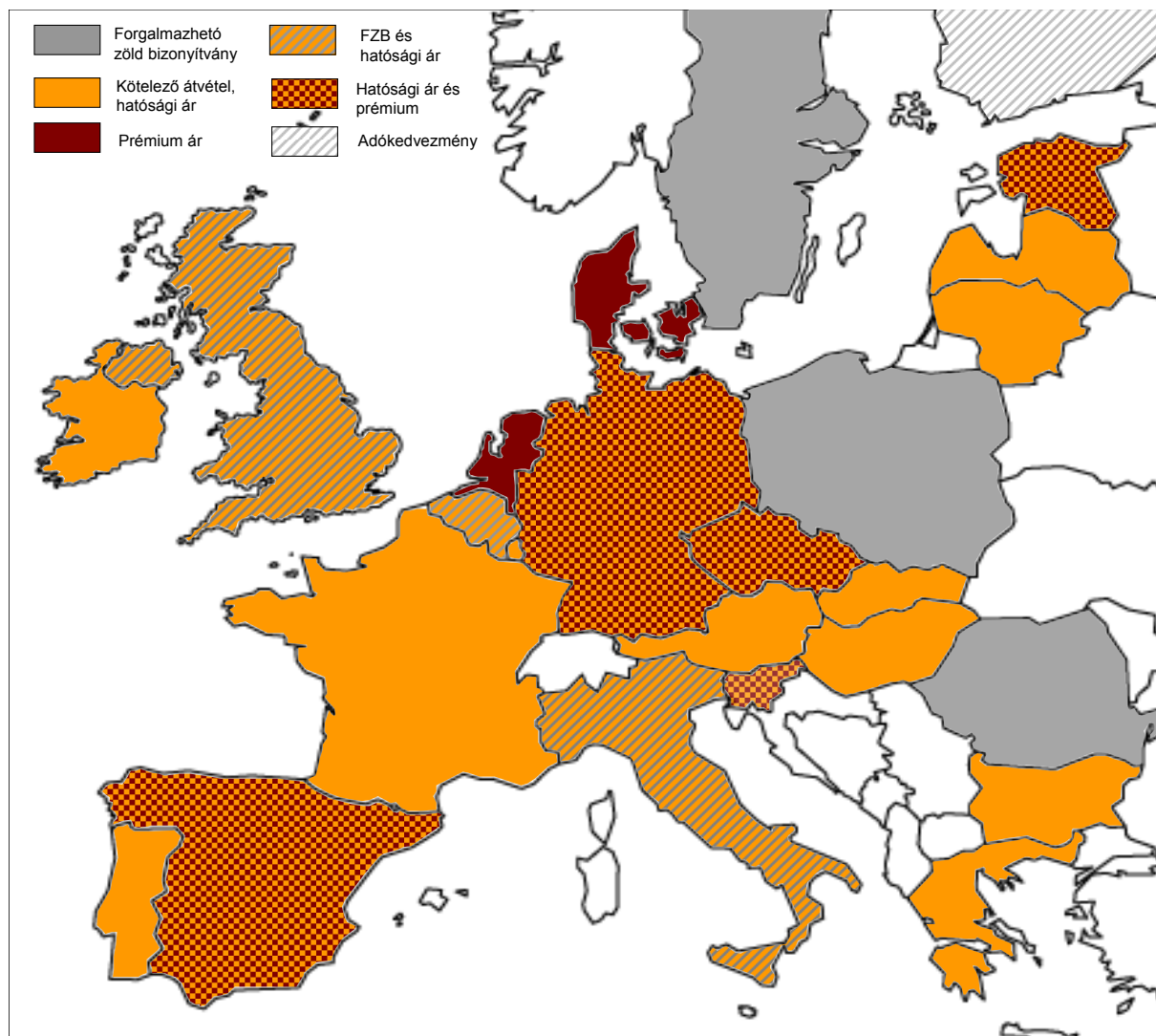
**16. ábra: Az EU27 országokban a meghatározó megújuló támogatási eszköz**



*Forrás: Klessmann et al. (2011), 42. o. alapján saját szerkesztés*

2011-re még inkább a kötelező átvételi támogatási rendszer lett a jellemző. A 27 tagországból 19-ben ez a domináns támogatási forma, három országban a zöld bizonyítványok rendszere (Lengyelország, Románia és Svédország), három országban (Belgium, Olaszország, Egyesült Királyság) a kettőnek a kombinációja, míg egy országban adókedvezményekkel (Finnország) támogatják a megújuló áramtermelést (17. ábra).

**17. ábra: Az EU tagállamaiban alkalmazott megújuló villamosenergia-termelést ösztönző támogatási formák 2011-ben**



*Forrás: Klessmann et al. (2011), 43. o. alapján saját szerkesztés*

### **III.2. AZ ENERGIAHATÉKONYSÁGHOZ KAPCSOLÓDÓ PIACI KUDARCOK KEZELÉSE**

Az energiahatékonysági beruházások esetében fellépő piaci kudarcokat (a piaci kudarcok részletes leírását ld. II.2) négyféle módon lehet csökkenteni:

- pénzügyi ösztönzők
- energiahatékonysági bizonyítványok rendszere
- standardok előírása
- információs kampányok, címkézés.

A következőkben az első kettőt elemezzük részletesen, majd a fejezet második felében bemutatjuk az Európai Unió új Energhatékonyasági Direktíváját.



### **III.2.1. Pénzügyi ösztönzők**

A pénzügyi ösztönzők megfelelő alkalmazása hatékony eszköz lehet a korábban bemutatott piaci kudarcok kezelésében, amely kudarcok szuboptimális beruházást okoznak az energiahatékonysági beruházások esetében. A WEO (2008) alapján három fő pénzügyi ösztönzőt különböztethetünk meg.

Az egyik leggyakrabban alkalmazott pénzügyi ösztönző a beruházási támogatás. Mivel az energiahatékonysági beruházások jellemzően egyszeri magas tőkeigénnyel bírnak, de később már nem jelentkezik költségek, csak az energia megtakarításból hasznok, ezért megfelelő eszköz lehet az energiahatékonysági beruházások elősegítésére. Ezek közé tartoznak például a lakásszigetelés egyszeri támogatása, korszerűbb fűtési mód, vagy akár a különböző háztartási eszközök (pl. hűtő) energiahatékonyabbra cserélésének támogatása.

A másik jellemző pénzügyi ösztönző a kedvezményes hitel. Ez kezeli azon piaci kudarcot, hogy a lakosoknak nem elégséges a megtakarítása és a hitel felvétele költséges, vagy nehézkes lehet. Egy olyan háztartásnak, amelynek nincs megtakarítása és a jövedelme is alacsony, csak olyan magas kamat mellett kaphatna hitelt, amely mellett már nem lenne megtérülő ez a beruházás. A kedvezményes hitelkonstrukciók révén az elért energia megtakarításból származó haszonból lehet törleszteni a kedvezményes hitelt.

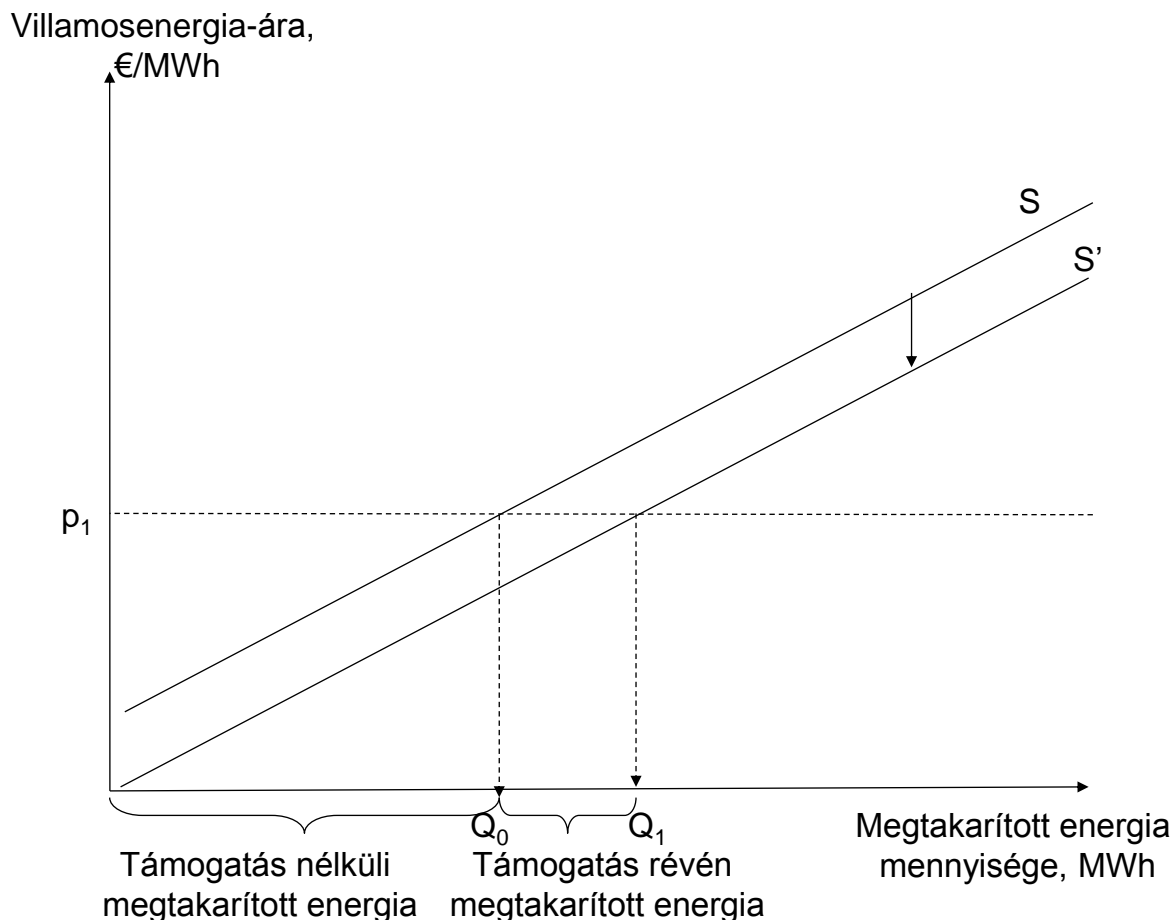
A harmadik gyakran alkalmazott pénzügyi ösztönző a kedvezményes adó, jellemzően a jövedéki adó alóli részbeni, vagy teljes felmentése, illetve a kedvezményes ÁFA lehetősége. Ez utóbbiak közé tartozik például, hogy az energiatakarékos izzók kedvezményes ÁFÁ-ban részesülnek.

### **III.2.2. Energhahatékonyági bizonyítványok rendszere**

Az energiahatékonysági bizonyítványok rendszere nagyon hasonló, mint a megújuló támogatások esetében a zöld bizonyítványok rendszere. A szabályozó kötelezi a kijelölt szereplőket (jellemzően az energiaszolgáltatókat), hogy adott időszak alatt a fogyasztóik körében bizonyos mértékű energia-megtakarítást érjenek el. Ezen rendszer továbbfejlesztett változata, amely során az elért csökkentésekkel kereskedhetnek akár a szolgáltatók, akár bármilyen más szereplő. Ha lehetőség van a bizonyítványok kereskedésére, akkor fehér bizonyítványról beszélhetünk. (Bertoldi-Rezessy, 2006). A zöld bizonyítványokkal összevetve az energiahatékonysági bizonyítványok rendszere nagyobb ellenőrzési költségekkel rendelkezik, mivel ezen rendszer esetében szükséges meghatározni, az ún. alapvonalai scénáriót is, azaz mekkora lenne az energiafogyasztás, ha nem valósulnának meg energiahatékonysági beruházások. Ráadásul nehezen mérhető a megtakarítás mértéke is, ezért jellemzően standard beruházások megvalósulásából, standard megtakarítási értékeket ismernek el a szabályozók. A 18. ábra szemlélteti, hogyan működik az energiahatékonysági bizonyítványok piaca.

A vízszintes tengelyen a megtakarított mennyiséget, míg a függőleges tengelyen a villamosenergia-árát jelöltük, az S görbe jelöli az energiahatékonysági beruházások kínálatát. Ha nincsen energiahatékonysági bizonyítvány rendszer, akkor is történnek energiahatékonysági beruházások:  $Q_0$  mennyiségű energiahatékonysági beruházás valósul meg. Ha bevezetik az energiahatékonysági bizonyítvány rendszert, amely révén a kínálati görbe lefelé tolódik el ( $S'$ -be) akkor a megtakarított energia mennyisége megnő  $Q_1$ -re.

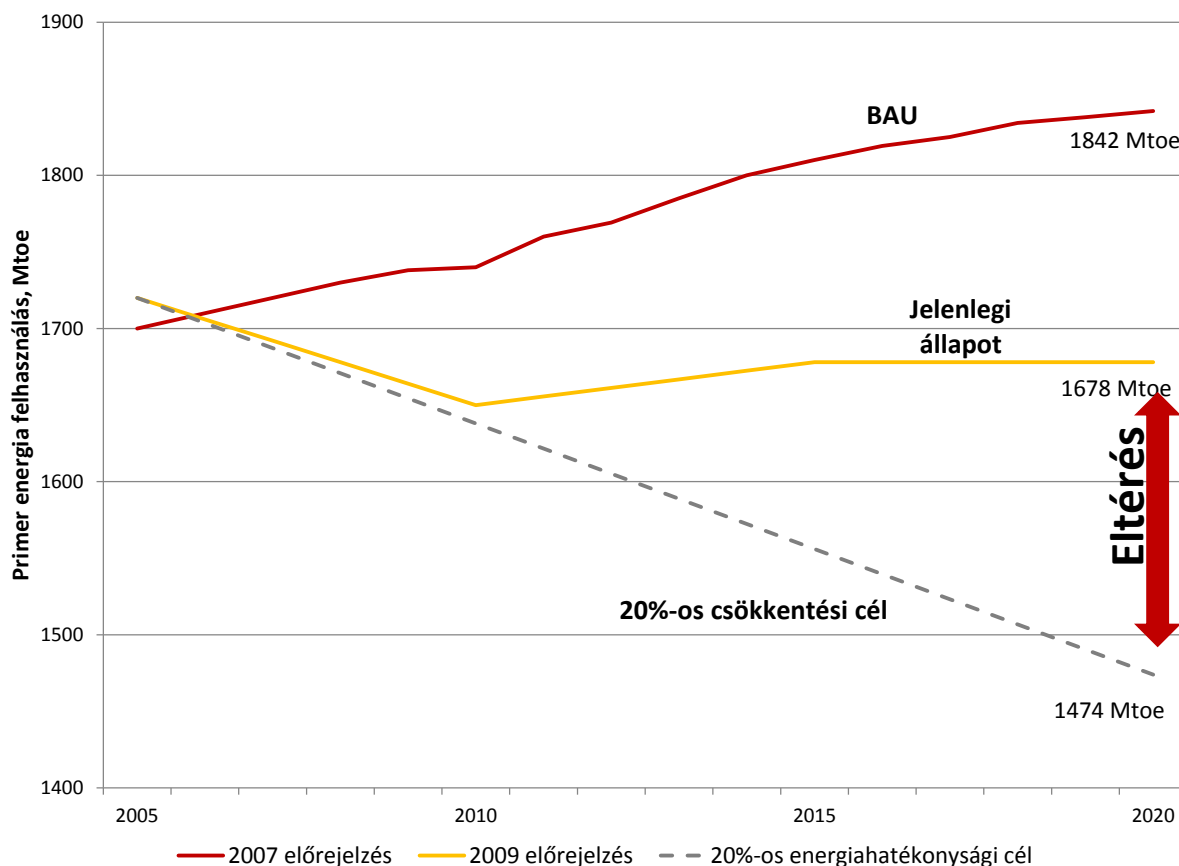
**18. ábra: Az energiahatékonysági bizonyítványok hatása az energiahatékonysági beruházások mennyiségére**



### III.2.3. Az Európai Unió Energhiahatékonysági Irányelve

Az Európai Unió 2007 márciusában célul tűzte ki, hogy 2020-ra 20 %-al csökkenti az energiafelhasználását a meghatározott alapvonalai primerenergia-felhasználáshoz képest (COM 2008/772). A Bizottság folyamatosan figyelemmel kísérte az energiahatékonysági beruházásokban elért eredményeket és azt tapasztalta, hogy a 2009-es modellezési eredmények alapján nem teljesíthető a jelenlegi intézkedésekkel a 20 %-os primerenergia-csökkentés, csak annak mintegy fele.

**19. ábra: Az EU 2020-as primerenergia-felhasználás célja, illetve a 2007 és 2009-es modellezési eredmények alapján a várható primerenergia-felhasználási pálya**

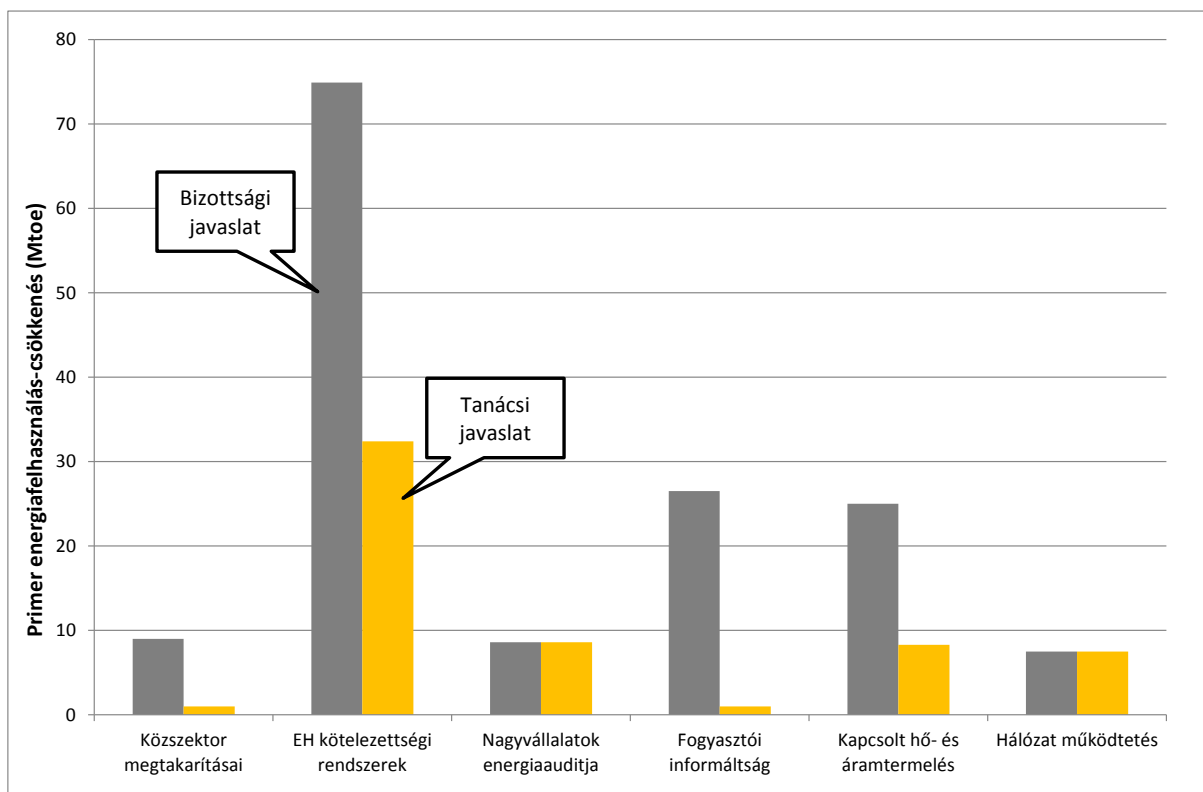


*Forrás: DG Energy (2011)*

Látható, hogy a 2007-es és a 2009-es referencia pálya között jelentős eltérés tapasztalható. Ez az eltérés nem az energiahatékonysági beruházásoknak köszönhető, hanem a gazdasági válság hatására csökkent drasztikusan a primerenergia-felhasználás. A GDP energiaintenzitása az Eurostat adatok alapján 2007-ről 2010-re kevesebb, mint 1 %-kal javult. A jelenlegi pálya alapján várható 2020-as primerenergia-felhasználás és a cél elérését jelentő 1747 Mtoe primerenergia-felhasználás között mintegy 200 Mtoe eltérés van. Ezt igyekezett a 2011. június 22-én a Bizottság által megjelentetett új Energiahatékonysági Irányelvtervezet orvosolni (SEC 2011/779). Ezek alapján a legnagyobb további megtakarítási csökkentési lehetőség a lakossági szektorban (~50 Mtoe), illetve az energiaszektorban van (~80 Mtoe), míg a hiányzó 70 Mtoe-t az ipari szektorok, a közlekedés, és a terciér szektor adhatná. A tervezet javasolt intézkedései alapján összességében 151 Mtoe energiahatékonysági intézkedés valósulhatna meg, amely révén már csak 50 Mtoe-is hiánnyal lehet számolni 2020-ra vonatkozóan. A Tanács azonban ezt a tervezetet felpuhította és lényegesen kisebb célokat tűzött ki, így várhatóan az új Irányelvben meghatározott intézkedések révén mintegy 58 Mtoe energia megtakarítás várható 2020-ra vonatkozóan. Ezáltal további intézkedések nélkül a várható pálya lényegesen felette lesz az elvárt 20 %-os energiahatékonysági megtakarításnak.

Mindkét változatban az egyik leglényegesebb elem az energiahatékonysági kötelezettségek rendszere, míg jelentősnek mondható még a kapcsolt termelők magasabb fokú elterjedése révén megtakarított energia, illetve a Bizottsági javaslatban a fogyasztói informáltság növelése révén is jelentős energia megtakarítással kalkuláltak, ahogyan a 20. ábra is mutatja.

**20. ábra: Az eredeti, 2011 júniusában javasolt, illetve a 2012. áprilisi Irányelv változat szerinti primerenergia megtakarítás, intézkedésekre bontva (Mtoe)**



*Forrás: Non-paper, 2012*

Az Energiahatékonysági Irányelvet végül 2012. október 25.-én fogadták el, amelynek a legfontosabb pontjai a következők:

- Minden tagállamnak 2013. április 30.-áig energiahatékonysági célkitűzéseket kell meghatározniuk, amit a Bizottságnak kell jóváhagyásra benyújtani.
- 2014-től minden évben a központi kormányzati (tehát az önkormányzati épületek már nem tartoznak bele) épületek összes alapterületének legalább 3 %-át fel kell újítani, a 2010/31/EK Irányelvben meghatározott minimum követelmények szerint.
- A közintézmények csak magas energiahatékonyságú termékeket szerezhetnek be, ha az nem ellenkezik a költséghatékonysággal, vagy a gazdasági megvalósíthatósággal.
- Minden tagállam köteles energiahatékonysági kötelezettségi rendszereket létrehozni. Ennek keretében a kötelezett cégek (elosztók vagy kereskedők) évente főszabályként 1,5 %-os energia megtakarítást kell elérniük a meghatározott fogyasztói

szegmensekben. A 1,5 %-os kötelezettség azonban a negyedével csökkenthető a következő lehetőségekkel (Pató, 2012):

- a 1,5%-os cél fokozatos bevezetése (2014 és 2015: 1%; 2016 és 2017: 1,25%; 2018-2020: 1,5%; átlagosan: 1,28%),
- az EU ETS alá tartozó szereplők ipari energiafelhasználásának kivétele az energiakötelezettségi rendszer hatálya alól,
- energiaszállítás során elért megtakarítások (távfűtés, okos hálózatok) kivétele az energiakötelezettségi rendszer hatálya alól, és
- korai energiahatékonysági megtakarítások (2008 előtti intézkedések, melyek hatása legalább 2020-ig érvényesül) elismerése

#### **IV. AZ EGYES SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK EGYMÁSRA HATÁSÁNAK BEMUTATÁSA - A KORÁBBI KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA**

A 2009-ben elfogadott energia és klímacsomagja értelmében az Unió célul tűzte ki, hogy 2020-ra 20 %-kal csökkenti az ÜHG kibocsátást, 20 %-ra növeli a megújuló energiaforrások arányát, illetve 20 %-kal csökkenti a primerenergia-felhasználást. Ezek elsődleges célja a piaci kudarcok kezelése: elérni egy bizonyos kibocsátási szintet (CO<sub>2</sub> költséget internalizálni), energiahatékonysági beruházásokat megvalósítani (elégtelen beruházások piaci kudarcának kezelése), illetve megújulókat támogatása révén csökkenteni a fosszilis energiahordozók arányát, csökkentve így a fosszilis erőművek által okozott negatív környezeti externáliát. A disszertáció központi témája ezen piaci kudarcok kezelésére alkalmazott szabályozó eszközök egymásra hatásának vizsgálata. A kitűzött célok elérésére az EU négy fő szabályozó eszközt vezetett be: jövedéki adót mind az energiafogyasztásra, mind pedig a fosszilis erőművek által felhasznált tüzelőanyagra vonatkozóan; az emisszió kereskedelmi rendszert; energiahatékonysági intézkedéseket; illetve tagállamonként eltérő, de minden országban jelen lévő megújuló támogatási rendszereket. A felsorolt szabályozó eszközök jelentősen hatással bírnak egymásra, mivel a szabályozás részben vagy egészében a villamosenergia-szektorra irányul.

Sorrel-Sijm (2003), Del Rio (2007) és Bertoldi et al. (2005) megállapította, hogy egy szabályozó eszköz kétféle hatással bírhat egy adott szereplőre: direkt, illetve indirekt hatásokat lehet megkülönböztetni. Míg a direkt hatás esetében az adott szabályozó eszköz közvetlenül érinti az adott szereplőt - például a megújuló támogatás a megújuló erőforrások elterjedését ösztönzi -, addig az indirekt hatás esetén az adott szabályozó eszköz céljától eltérő hatással is jár. Ilyen lehet például a jövedéki adó, amely növeli a megújulókat versenyképességét, azáltal, hogy megdrágítja a fosszilis energiaforrásból származó villamosenergia-termelést.

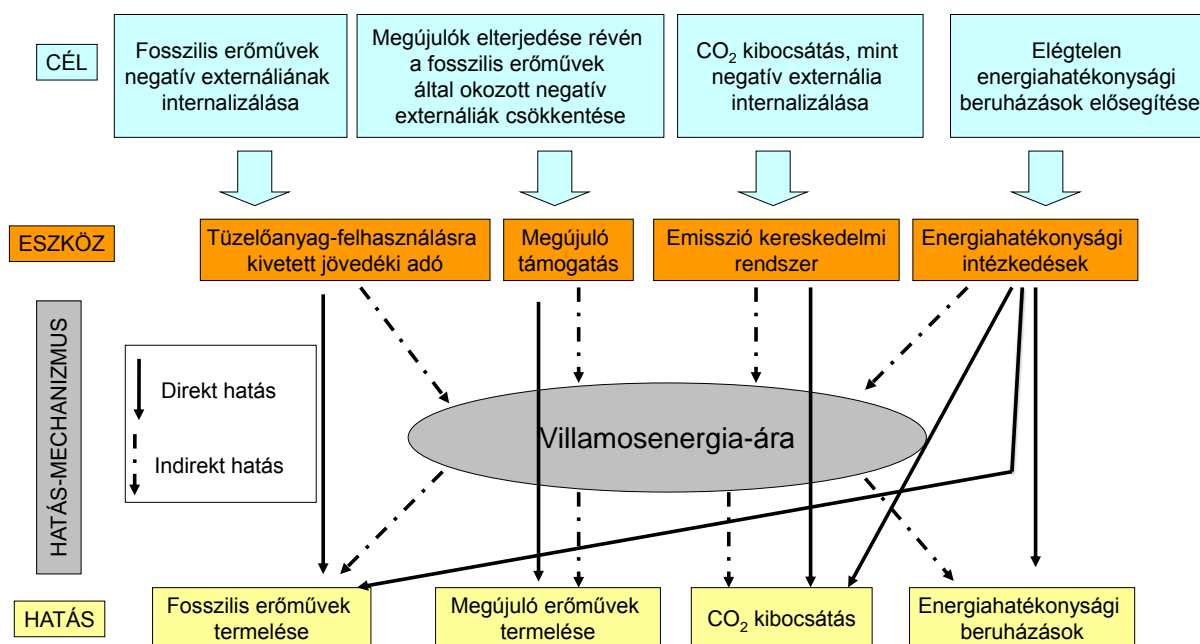
Ebből következően két szabályozó eszköz egymásra hatása is lehet direkt vagy indirekt. Direkt interakcióról beszélünk, ha a két szabályozó eszköz célcsoportja és célja megegyezik részben vagy egészben. Ezek közé tartozik például, ha egy széndioxid-kereskedelmi rendszer mellé egy olyan szabályozó eszközt is bevezetnek, amely a CO<sub>2</sub> csökkentésre ösztönzi az érintett vállalatokat, például egy CO<sub>2</sub> alapú jövedéki adó. Az indirekt interakciók esetében egy adott célcsoportra vonatkozik egy indirekt és egy direkt vagy indirekt szabályozó eszköz is. Ha például egy széndioxid-kereskedelmi rendszer mellé, amely megdrágítja a lakossági villamosenergia-árát, bevezetnek egy jövedéki adót a felhasznált végső villamosenergia-fogyasztásra vonatkozóan. Ebben az esetben a magasabb árak miatt csökken a villamosenergia-fogyasztása, amely alacsonyabb szén-dioxid kibocsátással jár. Így az indirekt

szabályozás mellé (jövedéki adó a villamosenergia-fogyasztásra) bevezetnek egy direkt szabályozó eszközt is (széndioxid-kereskedelem).

Del Rio (2007) rámutat arra, hogy két bizonyítvány rendszer többféle módon is csatlakozhat egymáshoz. Elképzelhető olyan eset, amikor a kétféle szabályozó eszköz által alkalmazott kvóta (pl. zöld bizonyítvány, illetve emisszió kereskedelem) a két piac között szabadon átvihető, azaz a zöld bizonyítvány piacán elismerhetők a szén-dioxid kvóták is és viszont. Lehetséges olyan kapcsolat is, hogy az elismerés csak egyirányú, míg a harmadik esetben a két szabályozó eszköznek csak indirekt hatásai vannak egymásra. A jelenlegi EU-s és nemzeti szabályozások alapján, ha létezik is az adott országban zöld bizonyítvány vagy fehér bizonyítvány rendszer, az ott keletkező kvótákat nem ismerik el a másik rendszerben, sem az ETS alatt. Így a bizonyítványok csak indirekt módon hatnak egymásra.

A legfontosabb kapcsolat két szabályozó eszköz egymásra hatása szempontjából tehát lehet direkt vagy indirekt. A 21. ábra szemlélteti, hogy az általunk vizsgált négy fő szabályozó eszköz, milyen direkt és indirekt hatással vannak a szabályozás céljára vonatkozóan.

**21. ábra: A vizsgált szabályozó eszközök céljai és hatásmechanizmusai**



Mindegyik szabályozó eszköznek megvan az elsődleges célja. A tüzelőanyagra kivetett jövedéki adó célja a fosszilis erőművek termelésének csökkentése. A megújuló támogatás a megújuló alapú villamosenergia-termelés nagyobb fokú elterjedését segíti elő, kiszorítva így a fosszilis erőműveket, mérsékelve a villamosenergia-szektor negatív externáliáit. Az emisszió kereskedelmi rendszer elsődleges célja a széndioxid-kibocsátás visszaszorítása. Végül az energiahatékonysági beruházások célja az energiahatékonysági beruházások növelése, csökkentve így az aszimmetrikus informáltságból és az egyéb piaci kudarcokból fakadó elégtelen beruházások mértékét.

A megújuló támogatás közvetlenül érinti a megújuló alapú villamosenergia-termelést. Hasonló módon közvetlen kapcsolat figyelhető meg az emisszió kereskedelmi rendszer és a széndioxid-kibocsátás, illetve a tüzelőanyag-felhasználásra kivetett jövedéki adó és a fosszilis erőművek termelése között. Az energiahatékonysági intézkedések kétféle közvetlen hatással is bírnak: egyrészt növekszik az energiahatékonysági beruházások száma, másrészt a csökkenő villamosenergia-fogyasztás révén visszaszorul a fosszilis erőművek termelése és ezáltal a szén-dioxid kibocsátás is. A kínálati oldal átrendeződése érinti a széndioxid-kibocsátást, a megújulók elterjedését, és indirekt hatással bír a villamosenergia-árának változás révén az energiahatékonysági beruházások mértékére is. Hasonlóan a többi eszköz is a villamosenergia-árán keresztül bír indirekt hatásokkal.

#### **IV.1. ELMÉLETI SZAKIRODALMAK**

Az egyik legfontosabb kérdés, hogy a megújuló támogatási rendszer bevezetése hogyan hat a villamosenergia-árára. Bye-Bruvoll (2008) elméleti úton bizonyítja be, hogy a zöld bizonyítvány piac bevezetésével a villamos energia végfelhasználói árváltozásának iránya nem egyértelmű, az függ a keresleti és kínálati görbék rugalmasságától és a zöld bizonyítvány mennyiségétől. Jensen-Skytte (2003) analitikus levezetés révén szintén erre a következtetésre jut: a végfelhasználó ár változásának iránya a kereslet és kínálati függvény alakjától, illetve a támogatás mértékétől függ. A cikkben a szerzők vizsgálják továbbá, hogy egyetlen cél esetén (emisszió csökkentés vagy megújuló arány) a zöld bizonyítvány vagy az emisszió kereskedelmi rendszer bevezetése a hatékonyabb. Véleményük szerint, ha csak megújuló célt tűzünk ki, akkor önmagában a zöld bizonyítvány hatékonyabb, azaz nem kell mellé emisszió kereskedelmi rendszert is bevezetni. Emissziós cél esetében az alkalmazandó szabályozó eszköz a zöld bizonyítvány ára és a villamos energia végfelhasználói ára közötti korrelációtól függ. Ha pozitív a korreláció, azaz a magasabb megújuló cél növeli a végfelhasználói árat, akkor az emisszió kereskedelmet érdemes használni, egyébként a zöld bizonyítványt. Ha egyszerre akarunk megújuló és emissziós célokat is elérni és pozitív a korreláció a zöld bizonyítvány ára és a fogyasztói ár között, akkor a céloknak megfelelő módon kell alkalmazni az eszközöket. Ha negatív a korreláció, akkor érdemes csak a zöld bizonyítványt alkalmazni.

A zöld bizonyítványok hatását befolyásolja, hogy az adott országnak milyen a villamosenergia-hálózati összeköttetése a szomszédos országokéval. Skytte (2006) rámutat arra, hogy a zöld bizonyítvány rendszer bevezetése esetén a villamos energia nagykereskedelmi ára nem változik az országban, viszont a kiskereskedelmi ár növekszik. A nagykereskedelmi ár konstans feltételezése mögött az a feltevés áll, hogy az adott ország nagyon jól összekötött a szomszédos országokkal, így egy viszonylag kismértékű megújuló növekmény nem változtatja meg a konvencionális erőművi termelést. Viszont a megújuló támogatást az adott ország fogyasztóinak kell kifizetni, ezért a kiskereskedelmi ár növekszik.



Böhringer-Rosendahl (2009) arra a kérdésre keresi a választ, hogy hogyan működik egymás mellett az emisszió kereskedelmi és a zöld bizonyítvány rendszer. A szerzők véleménye szerint a zöld bizonyítvány rendszer pont a legszennyezőbb technológiákat támogatja, mivel a megújuló támogatás révén csökken a szén-dioxid kvóta árfolyama, így növelve a szennyező erőművek versenyképességét. Ezt egy versenyzői feltevessel bíró egyszerűsített villamosenergia-piaci modellel is megvizsgálják. Ezen modell csak a német piacot szimulálja, exogénnek tekintve a nettó importot, és összesen három, egymástól független keresleti periódust vizsgál. Eredményeik alapján a növekvő zöld bizonyítványok száma mellett (azaz nagyobb megújuló célszám esetében) minden céltartományban csökken a végfelhasználó ár, illetve a szén-dioxid kvóta árfolyama is mérséklődik. Hasonló vizsgálatot végez Rathmann (2007) is, aki a német piacon vizsgálja annak hatását, ha egy meglévő emisszió kereskedelmi rendszer mellé bevezetésre kerül egy megújuló támogatási rezsim is. Számításai során mind a megújulók kínálati, mind pedig a szén-dioxid elhárítási görbét egy lineáris összefüggéssel írja le. Ezen egyszerűsített számítási eredmény alapján a megújuló támogatási rendszer bevezetésével mérséklődik a szén-dioxid kvóta árfolyama, illetve csökken a fogyasztók által fizetett végfelhasználói ár is.

Sorrell et al. (2009) mikroökonómiai összefüggések alapján elemzi a fehér bizonyítvány és az emisszió kereskedelem egymásra hatását. A szerzők megállapítása szerint a nagykereskedelmi ár változásának iránya sem egyértelmű: míg az emisszió kereskedelmi rendszer növeli azt, a fehér bizonyítvány rendszere viszont csökkenti. Véleményük szerint a kiskereskedelmi ár valószínűleg emelkedik, ami a kínálati és a keresleti görbék meredekségétől, illetve az energiahatékonysági beruházások támogatásának mértékétől függ. A szén-dioxid kvóta ára pedig egyértelműen csökken a fehér bizonyítványok megjelenésével. A 7. táblázat mutatja a szerzők eredményeinek összefoglalását.

**7. táblázat: A főbb hatások, ha egy emisszió kereskedelmi rendszer mellé egy fehér bizonyítvány rendszer kerül bevezetésre**

	Emisszió kereskedelmi rendszer	Emisszió kereskedelmi rendszer mellé fehér bizonyítvány rendszer
Megújuló termelés (beruházás)	nő	bizonytalan
Konvencionális erőművi termelés	csökken	csökken
Összes fogyasztás	csökken	csökken
Nagykereskedelmi ár	nő	nőhet és csökkenhet is
Kiskereskedelmi ár	nő	valószínű nő
Szén-dioxid kibocsátás	csökken	Nem változik
Energiahatékonysági beruházások	nő	nő
Emissziós kvóta ára	-	csökken
Termelői többlet	nő	nőhet és csökkenhet is
Fogyasztói többlet	csökken	nőhet és csökkenhet is

*Forrás: Sorrell et al. (2009) p. 36.*

Del Rio (2010) elemzi a megújuló támogatások, az energiahatékonysági, illetve az emisszió kereskedelmi rendszer egymásra hatását. Különös részletezettséggel vizsgálja, hogyha először bevezetnek egy energiahatékonysági szabályozó eszközt, majd egy zöld bizonyítványt vagy hatósági áras átvételt, az milyen hatással bírna a nagykereskedelmi árra, a kiskereskedelmi árra, megújuló termelésre és az energiahatékonysági beruházásokra. Mikroökonómiai összefüggések alapján bemutatja, hogy a zöld bizonyítvány, illetve a hatósági áras szabályozás egyes jellemzői (pl. alacsony büntetés, minimum ár, differenciált támogatás) hogyan módosítják az említett tényezőkre való hatásokat.

**8. táblázat: Az egyes szabályozó eszközök bevezetésének hatásai**

	Emisszió kereskedelmi rendszerhez megújuló támogatási rendszer	Emisszió kereskedelmi rendszerhez energiahatékonysági beruházások támogatása	Emisszió kereskedelmi rendszerhez és megújuló támogatási rendszerhez energiahatékonysági beruházások támogatása	Emisszió kereskedelmi rendszerhez és energiahatékonysági beruházások támogatásának rendszeréhez megújuló támogatási rendszerhez
Megújuló beruházás	Nő	Csökken	Csökken	Nő
Megújuló termelés	Nő	Csökken	Nem változik	Nő
Konvencionális erőművi termelés	Csökken	Nem változik	Nem változik	csökken
Összes fogyasztás	Nem változik	Csökken	csökken	Nem változik
Nagykereskedelmi ár	Csökken	Csökken	Csökken	Csökken
Kiskereskedelmi ár	Nem változik	Nem változik	Nem változik	Nem változik
Szén-dioxid kibocsátás	Nem változik	Nem változik	Nem változik	Nem változik

*Forrás: Del Rio (2010), p. 4981.*

Fischer-Preonas (2010) bemutatja az egyes átfedő szabályozó eszközök egymásra hatásának mechanizmusát. Minden esetben a már meglévő emisszió kereskedelmi rendszer mellé társítunk egy másik szabályozó eszközt is: megújuló támogatási rendszert vagy jövedéki adót. A cikk szerzői rámutatnak arra, hogyha egy meglévő ETS rendszer mellé egy megújuló

támogatási rezsimit is bevezetnek, akkor a szennyezőbb technológiákat támogatjuk, mivel csökken a CO<sub>2</sub> kvóta ára, azaz versenyképesebbek lesznek az erősen szennyező vállalatok. Így például a gáztüzelésű erőművek versenyhátrányba kerülnek a szenes erőművekkel szemben, amely magasabb szén-erőművi termelést eredményez a gázossal szemben, növelve így a károsanyag-kibocsátást.

Johnstone (2003) ezzel szemben azzal érvel, hogy bizonyos esetekben érdemes lehet a már meglévő emisszió kereskedelem mellé bevezetni egy jövedéki adót is. Ezek közé tartozhat, ha a szennyezési határköltség-görbék nagy bizonytalansággal terheltek, az adóval a nem teljesítést büntetik, vagy ha az égből pottyant hasznót akarják csökkenteni.

Bármilyen megújuló cél meghatározása esetén szükséges eldönteni, hogy abszolút, vagy relatív értelemben határozzuk meg azokat. Amundsen-Mortensen (2001) egy analitikus modellen keresztül bebizonyítja, hogyha a zöld bizonyítványok esetében százalékos célokat határoznak meg és nem abszolút értékeket, akkor az is elképzelhető, hogy a magasabb zöld bizonyítvány mennyiségi cél nem jár magasabb megújuló termeléssel. Ennek oka, hogy a magasabb megújuló cél révén, amely növeli a zöld bizonyítvány árát, magasabb végfelhasználói villamosenergia-árakhoz vezethet, amely alacsonyabb fogyasztást eredményez és az alacsonyabb fogyasztás révén a megújuló energiatermelés is csökkenhet (vagy legalábbis nem emelkedik) hosszabb távon. Will (2010) hasonló elemzési módszertant választva szintén erre a következtetésre jut.

Widerberg (2011) bemutatja egy nemzetközi emisszió kereskedelmi rendszer és egy hazai/nemzetközi zöld bizonyítvány rendszer egymásra hatását. Mikroökonómiai összefüggések révén igazolja, hogy zöld bizonyítvány rezsim esetében növekvő megújuló cél, csökkenő konvencionális erőművi termeléshez vezet. Növekvő szén-dioxid kvóta ár esetében pedig mérséklődik a nem megújuló erőművek által kibocsátott szén-dioxid mennyisége. Ebben az esetben azonban nem csak a konvencionális erőművek termelése csökken, hanem a megújuló termelők termelése is csökkenhet. Ez a magasabb árak miatt kialakuló csökkenő villamosenergia-fogyasztásból következik, amely egy fix zöld kvóta mellett mérsékli a termelés abszolút mennyiségét is. Ez összecseng Amundsen-Mortensen (2001) eredményeivel.

#### **IV.2. KÖZGAZDASÁGI MODELLEKET HASZNÁLÓ SZAKIRODALMAK ÁTTEKINTÉSE**

A következőkben bemutatjuk azon korábbi kutatási eredményeket, amelyek modellezés révén vizsgálták a szabályozó eszközök egymásrhatását.

Capros et al. (2008) az Európai Bizottságnak készített tanulmánya alapján különböző scenáriók esetében vizsgálja az ún. PRIMES – az energiaszektor leíró egyensúlyi általános - modell segítségével hogyan alakul az ÜHG kibocsátás, mekkora a végfelhasználók által fizetett összes energiakiadás, mekkora a megújulók aránya az energia-felhasználásban, illetve

ezek hogyan oszlanak meg az egyes európai uniós tagállamokban. Az általános egyensúlyi modell maximalizálja a fogyasztói és termelői többlet összegét, a szén-dioxid kibocsátási és a megújuló célok, mint korlátozó feltételek mellett. A szerzők összesen 11 scenáriót vizsgáltak meg részletesen, amelyek főbb eredményeit a következő táblázatban közöljük.

**9. táblázat: Capros et al. (2008) által definiált scenáriók, illetve a modellezési eredmények**

Szenárió	ÜHG csökkentés 1990-es kibocsátáshoz képest, %	Megújuló arány a teljes bruttó energiafelhasználáshoz viszonyítva, %	Teljesítés összes költsége, milliárd EUR
Alapvonal	-1,5	12,7	
A 20-20-20-as célok elérése megújuló kereskedelem nélkül	-20	20	111,2
A 20-20-20-as célok elérése megújuló kereskedelem nélkül, CDM mechanizmus segítségével	-14,8	20	93,2
A 20-20-20-as célok elérése megújuló kereskedelemmel	-20	20	94,1
A 20-20-20-as célok elérése megújuló kereskedelemmel, CDM mechanizmus segítségével	-15,2	20	70,1
Költséghatékony	-20	20	90,8
Költséghatékony CDM	-16,8	20	75,2
Magas olajár és gázár; alapvonal	-7,1	14,9	275,5
Költséghatékony magas árakkal	-20	20	59,8
Csak ÜHG csökkentés	-20	15,9	78,9
Csak megújuló cél	-9,3	20	29,1

*Forrás: Capros et al. (2008)*

Capros et al. (2008) eredménye alapján az egyes tagországok közötti megújuló kereskedelem révén jelentősen csökkenthető a célok teljesítésének költsége (111,2 Mrd €-ről, 94,1 milliárdra), illetve a CDM mechanizmus is mérsékli a teljesítés összes költségét. Látható továbbá, hogy a magas energiaárak önmagukban nem eredményezik a megújuló és az ÜHG cél teljesítését.

Az egyik legfontosabb kérdés, hogy mi történik a villamosenergia-árával a megújuló támogatás bevezetésével, kiegészítve ezt egy emisszió kereskedelmi rendszerrel. Számos szerző vizsgálta ezt a kérdést modellezés segítségével. A következőkben bemutatjuk ezen szakirodalmakat, ismertetve az általuk használt módszertant és a legfőbb eredményeket. Abrell-Weigt (2008) egy általános egyensúlyi modell segítségével összehasonlítja hogyan hat a német villamosenergia-piacra, ha bevezetnek egy olyan emisszió kereskedelmi rendszert, amelynek a célja 20 %-os széndioxid-csökkentés. Ezt kiegészítik vagy egy zöld bizonyítvány rendszerrel, amelynek a célja 20 %-os megújuló arány elérése, vagy differenciált hatósági áras átvétellel támogatják a megújulókat. A 2004-es német ágazati kapcsolatok mérlegét használja, amelyben összesen 71 iparág és azok termékeit jeleníti meg. A modellezés eredménye alapján az emisszió kereskedelem bevezetése növeli a villamosenergia-árát. Viszont, ha ezt kiegészítik megújuló támogatással, akkor a megújuló támogatás révén csökken a villamos

energia végfelhasználói ára, de összességében a szabályozás nélküli állapothoz képest kismértékű emelkedést tapasztalunk. A szén-dioxid kvóta árfolyama pedig jelentősen csökken. A két megújuló támogatási rezsim hatásai között szignifikáns különbséget nem tapasztaltak a szerzők.

Unger – Ahlgren (2005) a MARKAL modell használatával azt vizsgálja, milyen hatásokkal jár egy zöld bizonyítvány és/vagy egy emisszió kereskedelmi rendszer bevezetése a skandináv országokban. A MARKAL az egész energiapiac - de különösen a távhő és villamosenergia-piacra koncentrálna -, keresleti és kínálati oldalát modellezi számos korlátozó feltétel mellett, maximalizálva a fogyasztói és a termeli többlet összegét, tökéletes versenyt feltételezve. A villamosenergia-szektor esetében hat keresleti pontot modelleznek, amelyekből meghatározhatóak az éves villamosenergia-átlagárak, zöld bizonyítvány és a szén-dioxid kvóta ára. A modell szimulációs eredményei rámutatnak arra, hogy minél nagyobb a megújuló cél, annál inkább csökken a nagykereskedelmi villamosenergia-ára. Azonban a kiskereskedelmi ár változása nem ennyire egyértelmű. Egy bizonyos céltartományban csökken, de jellemzően nő a kiskereskedelmi ár, habár a növekedés mértéke még 50 %-os cél esetében sem éri el a 25 %-ot. A modellezés során a szerzők többek között arra a következtetésre jutnak, hogy habár egy adott mértékű széndioxid-csökkentés csak zöld bizonyítvány rendszer segítségével is elérhető, ennek társadalmi költsége lényegesen magasabb, mintha emisszió kereskedelmi rendszert vezetnénk be.

Tsao et al. (2011) a Kaliforniai piac esetében vizsgálja annak hatását, ha szimultán vezetnek be egy zöld bizonyítványt, illetve egy emisszió kereskedelmi rendszert. Egy egyszerűsített, tökéletes versenyt szimuláló villamosenergia-piaci modellt használ a hatások számszerűsítésére. A modellezés során három erőműtípust különböztet meg (szén, megújuló és gáz), amelyeknek a határköltségét egy-egy lineáris összefüggéssel írja le. Ez a három erőműtípus képes kielégíteni a reziduális keresletet, amely megegyezik a teljes kereslet csökkentve a nettó importtal és a vízerőművek termelésével. Ahogy látható tehát az utóbbi két tényező exogén a modellben. Számítási eredményei rámutatnak arra, hogy minden emisszió csökkentési és megújuló cél esetében a végfelhasználói árak növekednek. A két szabályozó eszköz azonban részben gyengíti a másik szabályozó eszköz hatását: minél magasabb a megújuló cél, annál jobban csökken a szén-dioxid kvóta árfolyama és viszont.

De Jonghe et al. (2009) a Benelux államok, Franciaország és Németország villamosenergia-piacait modellezi. A szimuláció során a szerzők két technológiát különböztetnek meg: konvencionális és megújuló termelők. Mindkét technológia kínálati függvénye egy lineáris összefüggés keretében határozható meg, amely összefüggések országonként különbözőek. A keresleti görbe szintén lineáris függvényekkel jellemezhető. A modellezés révén a szerzők rámutatnak arra, hogy bármilyen is a megújuló cél a kiskereskedelmi villamosenergia-ára mindenképpen növekszik. Vizsgálják továbbá az emisszió kereskedelmi és a megújuló támogatási eszköz egymásra hatását is: különböző célok esetében hogyan változik a két típusú

kvóta ára. Fontos megállapításuk, hogy nagyon sok olyan eset lehetséges, amikor az egyik szabályozó eszköz teljesen hatástalanná válik (azaz nullára csökken a zöld bizonyítvány/szén-dioxid kvóta árfolyama).

Linares et al. (2007) a spanyol piacon egy saját készítésű dinamikus, oligopol modell segítségével elemzi a különböző szabályozó eszközök egymásra hatását. A modellezés során a 2005-2020 közti időszak kerül szimulálásra, közel 20 különböző technológiát megkülönböztetve, amelyek különböző költségekkel bírnak. A szimuláció eredménye alapján a szabályozás nélküli állapot eredményezi a legalacsonyabb villamosenergia-kiskereskedelmi árakat. Bemutatják azt is, hogy megújuló és emissziós cél együttes alkalmazása esetében az a hatékonyabb, ha mindkét eszközt (emisszió kereskedelem és megújuló támogatás) használjuk, mert számításaik szerint ez alacsonyabb végfogyasztói árakat eredményez.

Hindsberger et al. (2003) egy Balmorel nevezetű villamosenergia-piaci szektorális modell segítségével vizsgálja a zöld bizonyítvány és az emisszió kereskedelem egymásra hatását. A modell a Balti, illetve az északi országokat modellezi, tökéletes versenyt feltételezve mind a termelés, mind a határkeresztező kapacitások allokálása esetében. A modell 10 különböző technológiát különböztet meg, amelyek rövid távú határköltségei technológiánként, építés éve szerint és országonként is eltérőek. Minden modellezett évben összesen négy referencia óra került modellezésre, amelyek megfelelő súlyozásával határozhatóak meg az éves átlagárak, a termelés összetétele és a szén-dioxid kibocsátás. A szimuláció eredménye alapján a szerzők a következő megállapítást teszik: minél magasabb a megújuló vagy az emissziós cél, annál nagyobb a fogyasztók által fizetett kiskereskedelmi ár, azaz a megújuló energiaforrások által okozott nagykereskedelmi árcsökkenés nem képes ellensúlyozni a zöld bizonyítványok miatt a fogyasztók által fizetett extra kiadást.

Bird et al. (2011) az Egyesült Államok villamosenergia-szektorát vizsgálja egy szektorális modell segítségével. A ReEDS modell minimalizálja a rendszerköltségeket, miközben a fizikai igényeket is kielégíti (fogyasztás, elegendő tartalékkapacitás, stb.). A modell hosszú távon optimalizál: összesen 23 kétéves periódust szimulál. A szerzők a modell segítségével vizsgálják, hogy az emisszió kereskedelem, illetve a zöld bizonyítvány rendszer külön-külön, illetve egymással kombinálva milyen eredményekre vezet. Összesen 12 scenáriót vizsgáltak meg, amelyek esetében két küszöbővre ismertették a tüzelőanyag-mix összetételét. Fontos modellezési eredmény, hogy az energiahatékonysági intézkedések csökkentik a szén-dioxid kvóta árfolyamát, illetve a zöld bizonyítványok árára jelentősen csökkentőleg hat a szén-dioxid kereskedelem bevezetése. Végül megállapítják, hogy egy átlagos széndioxid-csökkentési cél, illetve egy zöld bizonyítvány rendszer nem eredményez szignifikáns villamos energia árnövekedést.

Traber-Kemfert (2009) azt vizsgálja, hogy hogyan változtatja meg a villamosenergia-árát, illetve a kibocsátási kvóta árát, ha a 2006-os német rendszerállapot mellett egy megújuló

kötelező átvételes, hatósági áras rendszert vezetnék be. Az alkalmazott módszertan az ún. EMELIE EUR-25 modell, amely az európai árampiacot modellezi, kiegészítve az egész ETS szektorral, így a kvóta ára a modellezés során endogén. A modell statikus Cournot mennyiségi versenyt feltételez, összesen 12 technológiát különböztetve meg. Feltételezi, hogy országokon belüli belső torlódások nincsenek, a határkeresztező kapacitások jelentik a kereskedelmi korlátokat. A szerzők modellezési eredményei alapján Németországban a helyettesítési hatás eredményeképpen jelentősen nőnek a végfelhasználó villamosenergia-árak (a megújuló támogatás mértéke és az alacsonyabb nagykereskedelmi árak összege), amelyet csak részben tud ellensúlyozni az alacsonyabb szén-dioxid kvóta miatti villamos energia nagykereskedelmi ára (a megújulók konvencionális erőműveket szorítanak ki, amely csökkenti a szén-dioxid kvóták iránti keresletet). Ezzel szemben az összes többi európai országban csökken a villamosenergia-ára, döntően az alacsonyabb kvótaárnak köszönhetően.

Palmer et al. (2010) egy NEMS nevezetű, az Egyesült Államok energiapiacait szimuláló egyensúlyi modell segítségével vizsgálja, hogy egy adott széndioxid-csökkentési cél milyen eszközökkel érhető el a legalacsonyabb költségek mellett. A modellezési eredmények alapján a megújuló támogatási rezsimek sokkal költségesebben képesek elérni hasonló mértékű széndioxid-csökkentést, mint az emisszió kereskedelem vagy egy széndioxid-adó. A szerzők megállapítják, hogy a széndioxid-adó esetében a megújuló támogatás további széndioxid-csökkentést érhet el, míg ha a szén-dioxid kvótán egy minimum ár van érvényben, akkor növelheti annak valószínűségét, hogy ez az ár alakuljon ki.

Sensfuss et al. (2007) modellezés révén vizsgálja, hogy a megújuló támogatások hogyan hatnak a villamos energia nagykereskedelmi és kiskereskedelmi árára. A PowerAce a németországi órás villamosenergia-piacot és tartalékpiacot egyszerre szimulálja. A modellezés során a különböző technológiák határköltségeinek kiszámításával a szerzők meghatározzák a németországi kínálati görbét, míg a keresleti görbe múltbeli adatok alapján kerül meghatározásra. Az eredmények alapján a megújuló támogatás révén jelentősen csökken a nagykereskedelmi ár és a kiskereskedelmi ár esetében is csökkenést tapasztalhatunk. Ugyanakkor az emisszió kereskedelem bevezetése mindenképpen növeli (vagy legalábbis nem csökkenti) a fogyasztók által fizetett árakat.

**10. táblázat: A modellezési eredményeket bemutató szakirodalmak áttekintése**

Szerző	Milyen modell	Mely régió	Mit vizsgál	Mik a főbb eredmények
Capros et. al (2008)	PRIMES - általános egyensúlyi modell	EU27	A 20-20-20-as célok, milyen eszközök mellett érhetőek el a leggazdaságosabban	1.: Hatékony, ha az EU-n kívüli ÜHG csökkentést is el lehet ismerni. 2.: Jelentősen csökken a megfelelés költsége, ha a megújulókkal lehet országok között kereskedni. 3.: A magas energiárak önmagukban nem teljesítik az energiahatékonysági célkitűzéseket.
Abrell-Weigt (2008)	Általános egyensúlyi modell	Német villamosenergia-piac	Emissziókereskedelmi rendszer mellett megújuló támogatási rendszer bevezetése	1.: Jelentősen csökken a szén-dioxid kvóta árfolyama. 2.: A kiskereskedelmi ár is csökken, de összességében a szabályozás nélküli állapothoz képest emelkedik.
Unger – Ahlgren (2005)	MARKAL - energiapiaci modell	Skandináv országok	Emissziókereskedelmi rendszer és/vagy zöld bizonyítvány bevezetése	1.: Habár az emissziócsökkentési cél elérhető csak zöld bizonyítvány segítségével is, de ennek költsége lényegesen nagyobb, mintha emissziókereskedelmi rendszert is bevezettek volna. 2.: A kiskereskedelmi ár a megújuló támogatás révén csak egy kis sávban csökken, de nagyobb cél mellett jelentősen növekszik.
Tsao et al. (2011)	Villamosenergia-szektorális modell	Kalifornia	Emissziókereskedelmi rendszer és zöld bizonyítvány rendszer párhuzamos bevezetése	1.: Minden emisszió csökkentési cél és megújuló cél esetében a végfelhasználói árak növekednek 2.: A két szabályozó-eszköz azonban részben gyengíti a másik szabályozóeszköz hatását
De Jonghe et al. (2009)	Villamosenergia-szektorális modell	Benelux államok, Németország, Franciaország	Emissziókereskedelmi rendszer és zöld bizonyítvány rendszer párhuzamos bevezetése	1.: zöld bizonyítvány bevezetése esetében bármilyen megújuló cél esetében növekszik a kiskereskedelmi villamosenergia-ára 2.: sok olyan eset lehetséges, amikor az egyik szabályozó-eszköz teljesen hatástalanná válik
Linares et al. (2007)	Oligopol, villamosenergia-szektorális modell	Spanyol villamosenergia-piac	Emissziókereskedelmi rendszer és/vagy zöld bizonyítvány bevezetése	1.: A legalacsonyabb végfogyasztói árak a szabályozás nélküli esetben alakulnak ki. 2.: Ha megújuló és emissziós cél is van, akkor az a hatékonyabb, ha mindkét eszközt használjuk
Hindsberger et al. (2003)	Balmorel, villamosenergia-szektorális modell	Balti piac	Emissziókereskedelmi rendszer és/vagy zöld bizonyítvány bevezetése	1.: Minél magasabb a megújuló cél, vagy az emissziós cél, annál nagyobb a fogyasztók által fizetett kiskereskedelmi ár.
Bird et al. (2011)	ReEDS, villamosenergia-szektorális modell	Egyesült Államok	Emissziókereskedelmi rendszer és/vagy zöld bizonyítvány bevezetése	1.: Az energiahatékonysági intézkedések csökkentik a szén-dioxid kvóta árfolyamát, illetve a zöld bizonyítványok árára jelentősen csökkentőleg hat a szén-dioxid kereskedelem bevezetése
Traber – Kemfert (2009)	Villamosenergia-szektorális modell	Német villamosenergia-piac	Emissziókereskedelmi rendszer mellett hatósági áras támogatási rendszer bevezetése	1.: Németországban jelentősen nő a kiskereskedelmi ár, azonban a többi országban pedig jelentősen csökken (részben az alacsonyabb kvótaárnak tudhatóan).
Palmer et al. (2010)	NEMS, általános egyensúlyi modell	Egyesült Államok	Megújuló támogatás, szén-dioxid adó és szén-dioxid kereskedelem révén, milyen költségek mellett csökkenthető a szén-dioxid kibocsátás	1.: megújuló támogatási rezsimek sokkal költségesebben képesek elérni hasonló mértékű szén-dioxid csökkentést, mint a szén-dioxid kereskedelem, vagy egy szén-dioxid adó
Sensfuss et al. (2008)	PowerAce; villamosenergia-szektorális modell	Németország	Emissziókereskedelmi rendszer és/vagy zöld bizonyítvány bevezetése	1. megújuló támogatás csökkenti a nagykereskedelmi árat. 2. Szén-dioxid kereskedelem bevezetése mindenképpen növeli a végfelhasználói árat.

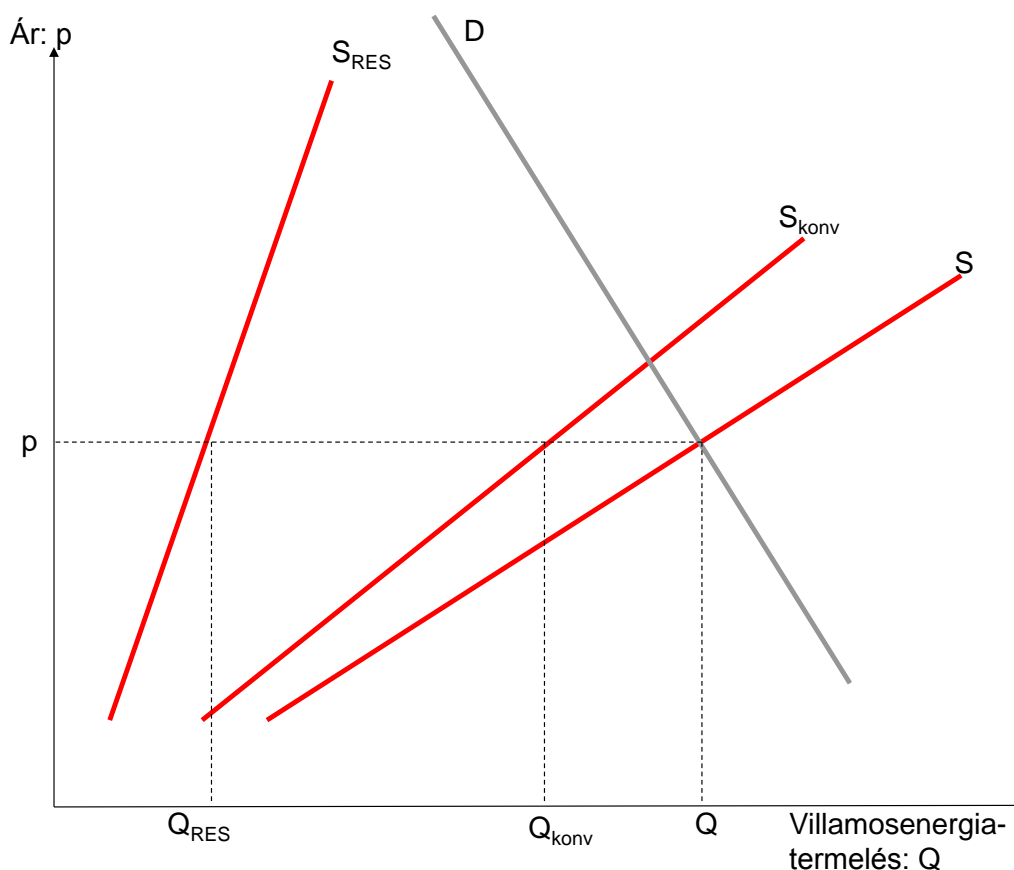
Látható, hogy a szakirodalmak többsége a zöld bizonyítvány és az emisszió kereskedelmi rendszer egymásra hatását modellezi. Szinte alig található olyan modellezés, amely a többi, általánosan használt szabályozó eszköz egymásra hatását (jövedéki adó, energiahatékonysági intézkedések) modellezés segítségével vizsgálná.



## V. AZ EGYES SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK HATÁSÁNAK BEMUTATÁSA

A villamosenergia-árára és ezen keresztül a fosszilis és megújuló erőművek termelésére, a széndioxid-kibocsátásra, illetve az energiahatékonysági beruházásokra az egyes szabályozó eszközök különböző mértékben hatnak.

22. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, ha nincs szabályozói beavatkozás



Ha azt az általános esetet tekintjük, amikor nincs semmiféle szabályozási beavatkozás, akkor a kínálati oldalon két csoportot különböztethetünk meg: a megújuló termelőket, illetve a konvencionális termelőket<sup>9</sup>. A megújuló termelők hosszú távú kínálati görbáját az  $S_{RES}$  görbe mutatja, míg a konvencionális termelőket az  $S_{konv}$ . A két görbe horizontálisan összegezésével kapjuk meg a villamosenergia-szektor kínálati görbáját, amelyet  $S$ -el jelöltünk, míg a villamosenergia-keresleti görbáját  $D$ -vel (22. ábra).

A kereslet és a kínálati görbe metszéspontja megadja az egyensúlyi mennyiséget ( $Q$ ) és az egyensúlyi árat ( $p$ ). Az ábrából leolvasható továbbá a megújulók által termelt villamosenergia-mennyisége ( $Q_{RES}$ ), illetve a konvencionális erőművek által termelt

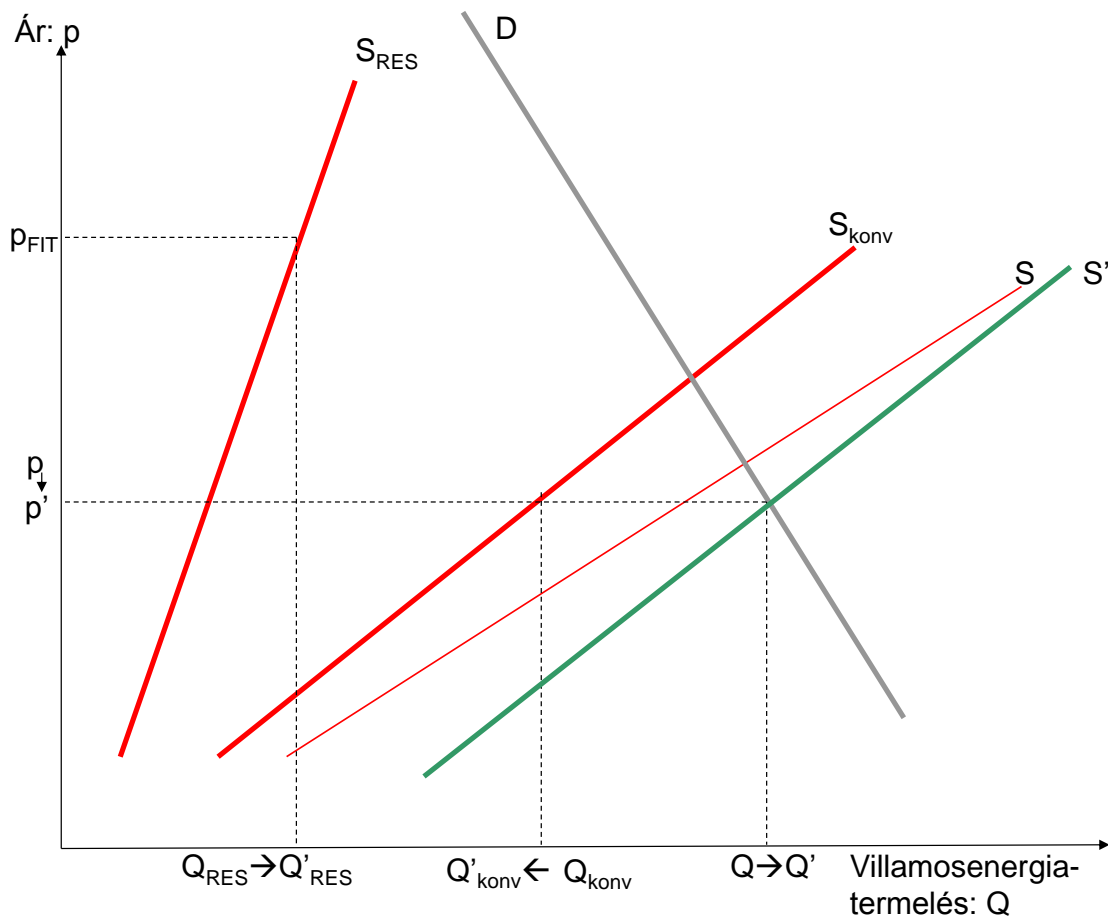
<sup>9</sup> Feltételezzük, hogy az atomerőművek is a konvencionális erőművek között szerepelnek. Ennek nincs jelentősége a későbbi elemzés során.

mennyiség is ( $Q_{konv}$ ). Az elemzés során minden esetben feltételezzük, hogy a megújuló termelése nem jár széndioxid-kibocsátással, míg a konvencionális erőművek fajlagos kibocsátása állandó a kínálati görbe bármely részén.

#### **V.1. A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK TÁMOGATÁSÁNAK HATÁSA A VILLAMOSENERGIA-PIACRA**

Korábban bemutattuk, hogy a megújuló alapú villamosenergia-termelés támogatásának két fő lehetséges eszköze van: az egyik a mennyiség alapú támogatási rezsim, amely esetben a szabályozó meghatározza, hogy adott időszakban mekkora legyen a megújuló alapú áramtermelés mértéke. Ezt nevezzük zöld bizonyítvány rendszernek. A másik lehetséges támogatási mód, az ártámogatás, azaz a megújuló a termelt villamos energiát hatóságilag rögzített (vagy prémium esetében részben hatóságilag rögzített) áron értékesíthetik. Mindkét rendszer esetében a megújuló termelése növekszik. Feltételezzük, hogy ez a mennyiség  $Q'_{RES}$ , amit a 23. ábra mutat. Ezt a szabályozó két módon érheti el. Meghatározhatja a kívánt megújuló alapú villamosenergia-termelés mennyiségét és zöld bizonyítvány piacot vezet be. A mennyiségi cél, illetve a megújuló kínálat görbéje indirekt módon meghatározza a zöld bizonyítvány piaci árát is. A másik lehetőség, hogy az árat rögzíti ( $p_{FIT}$ ), amely a kínálati görbe alapján szintén  $Q'_{RES}$  termelt mennyiséghez vezet.

23. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, megújuló támogatási rezsim mellett, külső finanszírozás esetén<sup>10</sup>



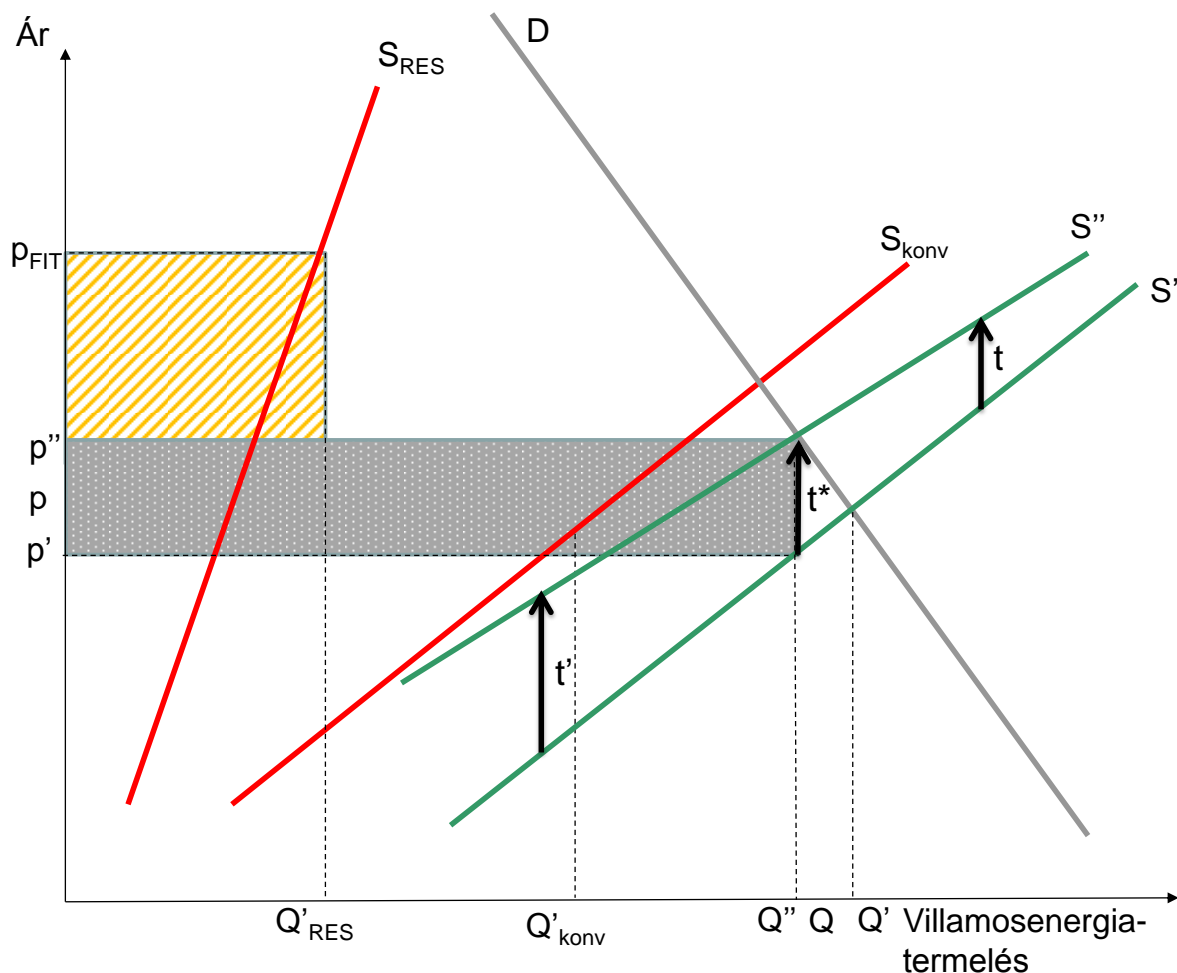
A megújuló támogatás révén a megújulók által termelt mennyiség  $Q'_{RES}$ -re növekszik, amely mennyiség független a piaci ártól. Ezért a villamosenergia-szektor kínálati görbéjét úgy kapjuk meg ( $S'$ ), hogyha a konvencionális erőművek kínálati görbéjéhez horizontálisan hozzáadjuk a  $Q'_{RES}$ -e mennyiséget. Az új egyensúlyi nagykereskedelmi ár így  $p'$ , míg a keresleti mennyiség  $Q'$ . Ezáltal a villamosenergia-fogyasztás megnövekszik az eredeti egyensúlyi állapothoz képest. Mivel csökkent a konvencionális erőművek termelése, ezért csökken a szén-dioxid kibocsátás is. Az energiahatékonysági beruházásokra viszont ez nem hat pozitívan, mivel a lecsökkent nagykereskedelmi villamosenergia-ár hatására csökken az energiahatékonysági beruházások megtérülése is.

Fontos hangsúlyozni, hogy a fenti gondolatmenetben figyelmen kívül hagytuk a megújulók támogatás igényét. Ennek nagysága a 23. ábra alapján megegyezik a  $p_{FIT}$  és a  $p'$  közti árkülönbség és a megújuló termelés ( $Q'_{RES}$ ) szorzatával. Ezáltal indirekt módon feltételeztük, hogy a szektoron kívülről történik a megújulók finanszírozása, például a költségvetésen keresztül. A legtöbb országban, amely megújuló támogatást alkalmaz, jellemzően a

<sup>10</sup> Tökéletes információk mellett a zöld bizonyítvány piac és a hatósági átvételes ár azonos eredményre vezet.

villamosenergia-fogyasztók teremtik elő a megújulók támogatásának forrását. Fontos tehát megvizsgálni azt az esetet, ha a finanszírozás a szektoron belül történik.

**24. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, megújuló támogatási rendszer mellett, a villamosenergia-szektoron belüli finanszírozás esetén**



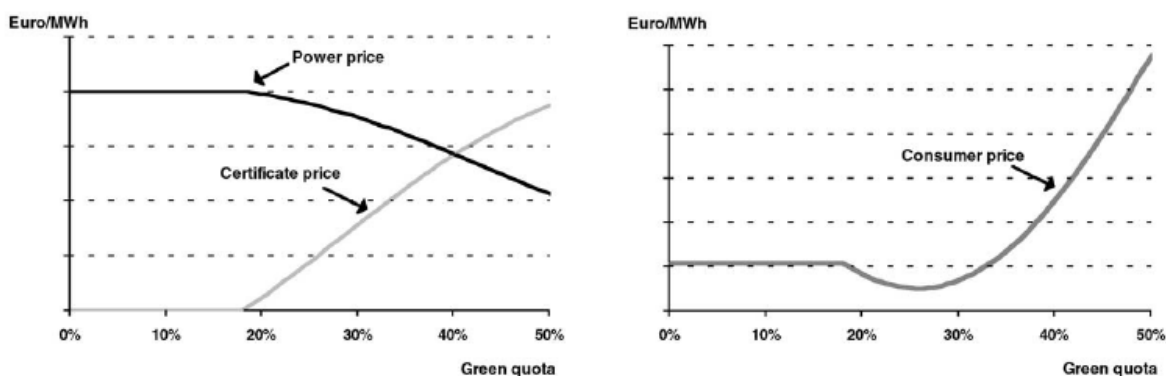
*Forrás: Mezősi (2014)*

A megújuló támogatás nélküli esetben a kialakuló egyensúlyi ár  $p$ , míg az egyensúlyi mennyiség  $Q$ . Ha a finanszírozást a szektoron belül kell megteremteni, akkor a kínálati görbe felfelé tolódik, mivel a kínálati görbéhez hozzá kell számítani a megújulók finanszírozására szolgáló tarifális elemet is. Fontos azt is látni, hogy a kínálati görbe nem teljesen párhuzamosan tolódik el, és nem teljesen triviális módon meghatározható. Ennek oka, hogy a megújuló támogatás igény függ a kialakuló versenypiaci ártól is ( $p'$ ), amelyet viszont befolyásol, hogy mennyivel kell eltolni a kínálati görbét, hogy a szükséges támogatási igényt fedezze a beszedett tarifális bevétel. Másrészt pedig minél alacsonyabb a fogyasztás, annál magasabb lesz az adó fajlagos mértéke, ahogyan azt az ábrán is feltüntettük ( $t' > t^* > t$ ). A kialakuló egyensúlyi ár ebben az esetben  $p''$ , a kialakuló egyensúlyi mennyiség pedig  $Q''$ , a fajlagos megújuló tarifa pedig  $t^*$ . Fontos azonban megkülönböztetni a kiskereskedelmi és a nagykereskedelmi árat. A kialakuló nagykereskedelmi ár ebben az esetben  $p'$  lesz, amihez

hozzávéve a megújuló tarifát ( $t^*$ ), kapjuk meg a villamos energia kiskereskedelmi árát ( $p'' = p' + t^*$ ). Mivel a kialakuló kiskereskedelmi ár ebben az esetben meghaladja a kezdeti árát ( $p$ ), ezért ez ösztönzőleg hat az energiahatékonysági beruházásokra. A 24. ábra olyan esetet ábrázol, amikor a kialakuló kiskereskedelmi ár meghaladja a kezdeti árát ( $p'' > p$ ), ez azonban nem szükségszerű.

Jensen-Skytte (2002) elméleti cikkében elemzi, hogy a zöld bizonyítványok rendszere esetében a megújuló cél hogyan hat a villamosenergia-nagykereskedelmi árára, illetve a végfelhasználói, kiskereskedelmi árra. A 25. ábra jól mutatja, hogy a nagykereskedelmi ár egy bizonyos megújulós cél felett már csökken, de ezzel párhuzamosan növekszik a zöld bizonyítvány ára. A kiskereskedelmi ár, amely már tartalmazza a megújuló támogatás költségét is, egy szűk tartományban csökken, majd magas megújuló cél esetében elkezdi emelkedni. Ennek oka, hogy a nagykereskedelmi ár csökkenése ebben a tartományban oly mértékű, hogy ezt a csökkenést csak részben növeli a megújulók támogatásának igénye, de összességében a kiskereskedelmi ár csökken.

**25. ábra: A zöld bizonyítvány ára, a nagykereskedelmi és a kiskereskedelmi villamosenergia-ár alakulása különböző megújuló arány mellett**



*Forrás: Jensen-Skytte (2002), p. 434.*

Az is elképzelhető, hogy a kiskereskedelmi ár csökken, amelyet Skytte (2006) a következőképpen illusztrál. Tételezzük fel, hogy nincsen megújuló szabályozás, és a kialakuló villamosenergia-ára legyen 22 €/MWh. Ezt követően bevezetnek egy zöld bizonyítvány rendszert, amely esetben minden fogyasztónak előírják, hogy a fogyasztásuk 10 %-át megújuló alapú villamosenergia-termelésből kell fedezniük. Legyen a megújulók költsége 30 €/MWh. Mivel a megújuló erőművek termelése révén kiszorulnak a drágább nem megújuló termelők, ezért a villamosenergia-piaci ár lecsökken 18 €/MWh-ára. A zöld bizonyítvány ára ebben az esetben 30€/MWh - 18 €/MWh, azaz 12 €/MWh. A kiskereskedelmi ár megegyezik a villamosenergia-árának, illetve a zöld bizonyítvány árának és a zöld bizonyítvány mennyiségének a szorzatával. Mivel a fogyasztóknak 10 %-ot kell megújuló termelésből vásárolniuk, ezért a teljes fogyasztásukra jutó megújuló támogatás

költsége  $12\text{€/MWh} \cdot 10\%$ , azaz  $1,2\text{ €/MWh}$ . Így összességében a kezdeti  $22\text{ €/MWh}$ -ás villamosenergia-ár lecsökken  $18\text{€/MWh} + 1,2\text{€/MWh}$ -ra, azaz  $19,2\text{ €/MWh}$ -ára.

Ahogy korábban már bemutattuk, De Jonghe et al. (2009) azonban olyan modellezési eredményre jut, hogy bármilyen megújuló célt is határozunk meg egy zöld bizonyítvány esetében, a kiskereskedelmi ár növekszik.

Összességében a megújuló támogatás bevezetésével a következő hatásokkal lehet számolni:

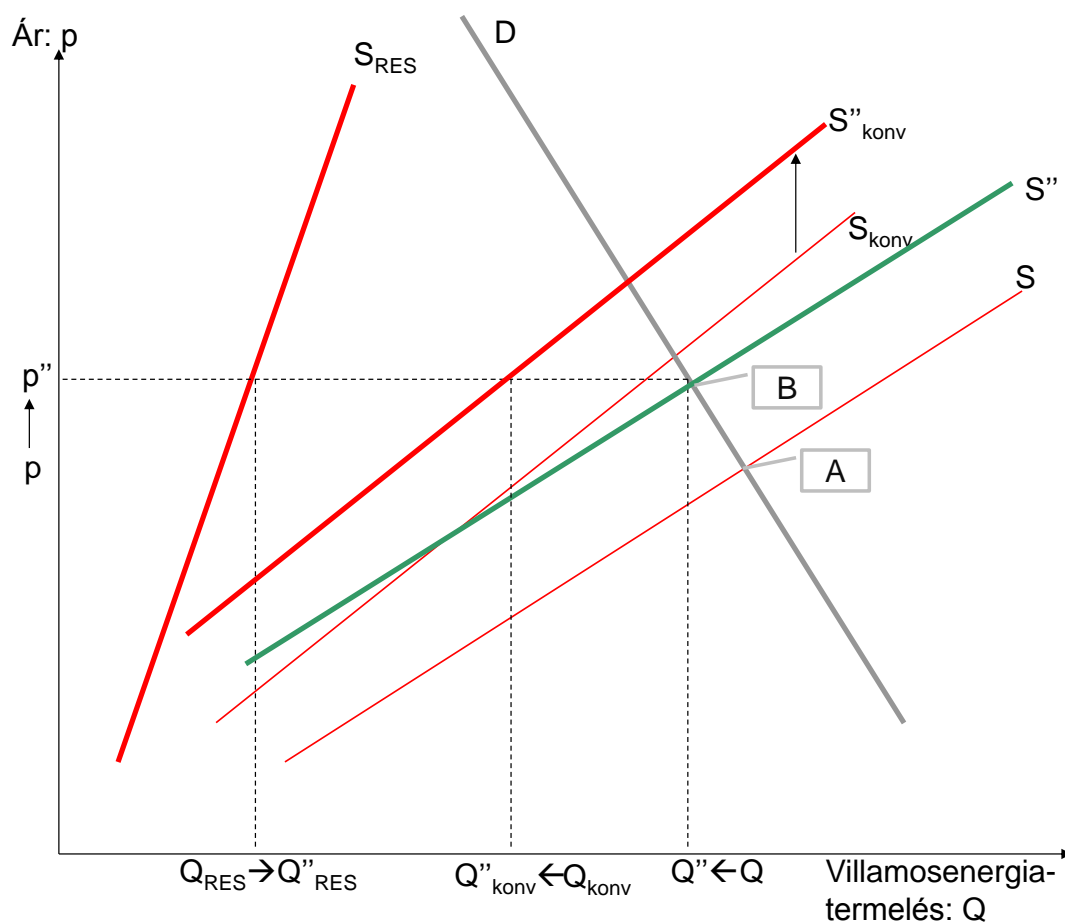
- nő a megújuló alapú villamosenergia-termelés
- csökken a nagykereskedelmi ár
- nőhet/csökkenhet is a kiskereskedelmi ár
- nőhet/csökkenhet is a villamosenergia-fogyasztás
- nagy valószínűséggel csökken a konvencionális erőművi termelés
- nagy valószínűséggel csökken a széndioxid-kibocsátás
- nőhet/csökkenhet is az energiahatékonysági beruházások mértéke.

Bármiféle megújuló támogatási rezsim három hatással járhat: az ún. direkt hatás alapján a hagyományos erőművi termelést kiszoríthatja a megújuló alapú villamosenergia-termelés, amelynek hatására csökken a nagykereskedelmi villamosenergia-ára (De Miera et al. 2008). A csökkenő hagyományos erőművi termelés miatt a szén-dioxid kvóták iránti kereslet csökken (ha van szén-dioxid kereskedelem), azaz csökken azok ára, amely alapján csökken a hagyományos erőművek határköltsége. Így végső soron csökken a villamos energia nagykereskedelmi ára. A szerzők ezt a hatást nevezték el indirekt hatásnak. Végül a megújuló támogatási igény növeli a kiskereskedelmi árat. A szerzők megvizsgálták a 2004-2006 közötti spanyol szélerőművi támogatási rendszert, és azt találták, hogy már önmagában a direkt hatás ellensúlyozza a szélerőműveknek jutott támogatás miatt bekövetkező kiskereskedelmi áremelkedést. Azaz a megújuló rendszer bevezetése révén nem csak a nagykereskedelmi, hanem a kiskereskedelmi árak is csökkentek.

## **V.2. A TÜZELŐANYAG-FELHASZNÁLÁSRA KIVETETT JÖVEDÉKI ADÓ HATÁSA A VILLAMOSENERGIA-PIACRA**

A fosszilis erőművek tüzelőanyag-felhasználására kivetett jövedéki adó megváltoztatja a konvencionális erőművek kínálati görbáját. A könnyebb értelmezhetőség kedvéért feltételezzük, hogy az adó mértéke minden egyes megtermelt villamos energiára vonatkozóan megegyezik, azaz a kínálati görbe párhuzamosan tolódik el felfele (26. ábra).

26. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, a konvencionális erőművek tüzelőanyag-felhasználására kivetett jövedéki adó mellett



A konvencionális erőművek kínálati görbéjének eltolódása révén ( $S_{konv} \rightarrow S''_{konv}$ ) a villamosenergia-szektor kínálati görbéje is módosul: a kezdeti  $S$  görbe eltolódik, és az új kínálati görbe  $S''$  lesz. A megújuló kínálati görbéje az adó hatására nem változik. Az új egyensúlyi pont (B) esetében egyértelműen növekszik az egyensúlyi ár ( $p < p''$ ), és csökken az egyensúlyi mennyiség ( $Q > Q''$ ). A megnövekedett villamosenergia-ár hatására a megújuló növelik hosszú távon a termelésüket ( $Q_{RES} < Q''_{RES}$ ), míg a konvencionális erőművek termelése csökken ( $Q_{konv} > Q''_{konv}$ ), ebből következően a széndioxid-kibocsátás is mérséklődik. A megemelkedett nagykereskedelmi árak hatására az energiahatékonysági beruházások nagyobb megtérüléssel kecsegtetnek, így megnövekszik az ilyen típusú beruházások mértéke.

### V.3. A SZÉN-DIOXID KERESKEDELMI RENDSZER HATÁSA A VILLAMOSENERGIA-PIACRA

A szén-dioxid kereskedelmi rendszere hasonló hatásokkal bír, mint a tüzelőanyag-felhasználásra kivetett jövedéki adó. A konvencionális erőművek kínálati görbéjének eltolásával a villamosenergia-szektor kínálati görbéje is eltolódik felfelé. Mivel a keresleti görbe nem változik, ezért megnövekszik az egyensúlyi nagykereskedelmi villamosenergia-ára, csökkentve így a villamosenergia-fogyasztást. A megnövekedett ár hatására

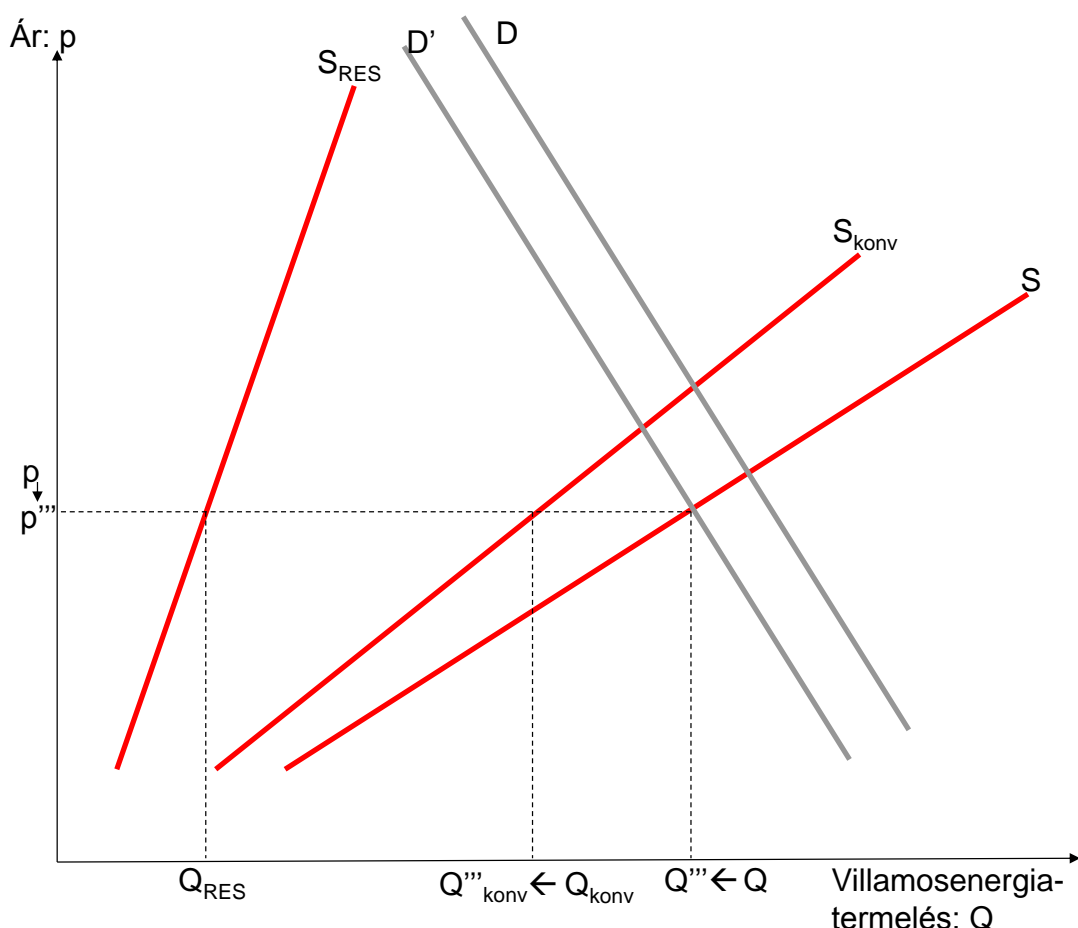
versenyképesebbek lesznek a megújuló termelők, így hosszú távon növelik a termelésüket, míg a konvencionális erőművek csökkentik azt.

Az emisszió kereskedelmi rendszer vizsgálatakor fontos hangsúlyozni, hogy a kiosztás módja, azaz, hogy ingyenesen vagy térítés ellenében osztják ki a jogokat, nem változtatja meg a kínálati görbét, azaz nincs hatással arra, hogy mi lesz a kialakuló egyensúlyi ár. (ld. Lesi-Pál, 2004)

#### V.4. AZ ENERGIAHATÉKONYSÁGI BERUHÁZÁSOK TÁMOGATÁSÁNAK HATÁSA A VILLAMOSENERGIA-PIACRA

Az energiahatékonysági beruházások esetében a keresleti görbe eltolódik balra, a kínálati görbék nem változnak abban az esetben, ha az energiahatékonysági beruházások finanszírozása nem a szektoron belül történik (27. ábra).

27. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, energiahatékonysági beruházások mellett, a villamosenergia-szektoron kívüli finanszírozás esetén

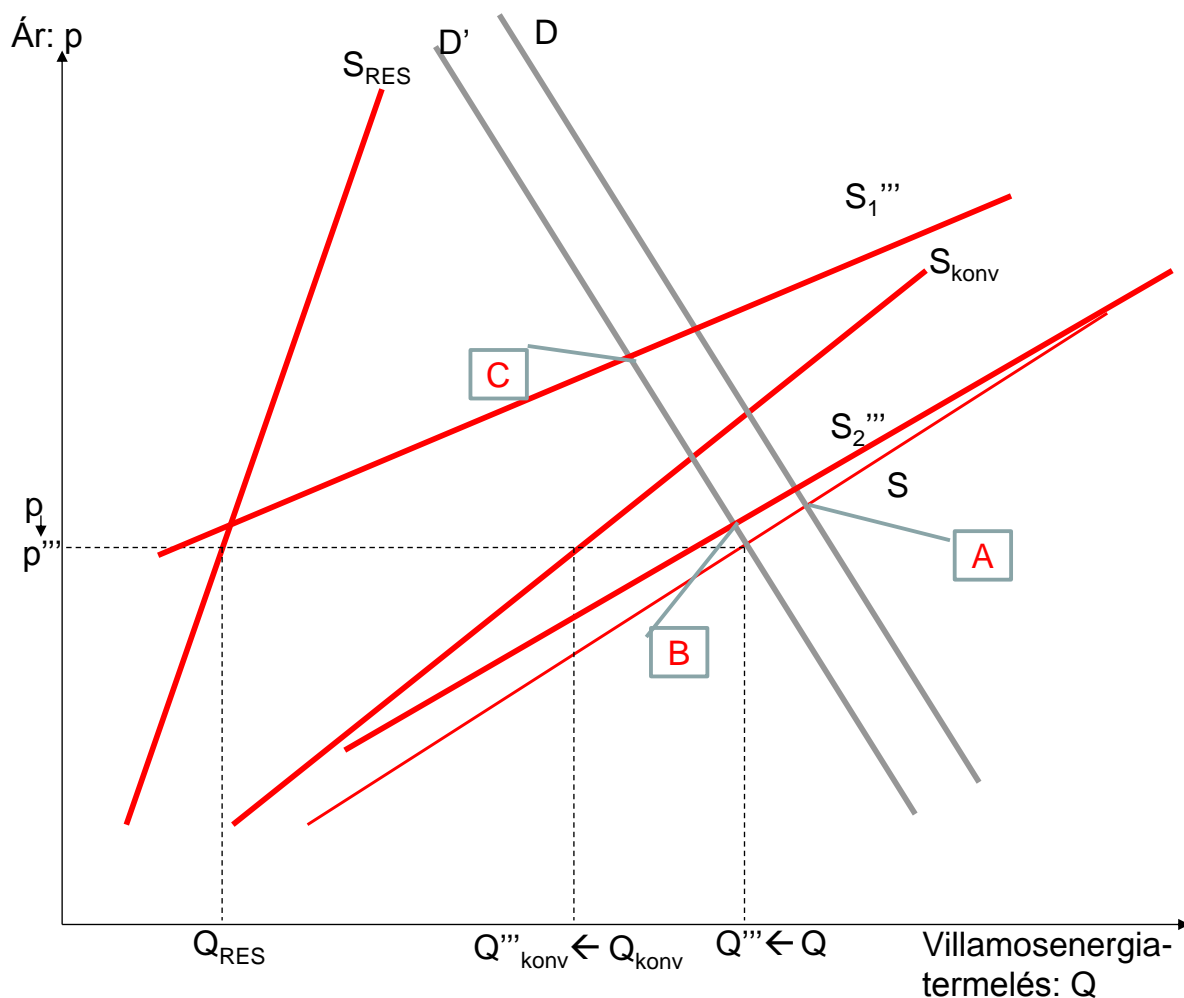


A keresleti görbe eltolódása révén az egyensúlyi mennyiség lecsökken  $Q'''$ -re, illetve az egyensúlyi nagykereskedelmi ár  $p'''$ -re mérséklődik. Megújuló támogatás és alacsonyabb villamosenergia-ár miatt hosszú távon a megújuló alapú villamosenergia-termelés is



lecsökken csakúgy, mint a fosszilis erőművek által termelt energia is. Ez maga után vonja a széndioxid-kibocsátás csökkenését is. Ugyanakkor fontos megvizsgálni azt az esetet is, ha a finanszírozás a szektoron belül történik.

**28. ábra: A villamosenergia-keresleti és kínálati görbéje, energiahatékonysági beruházások mellett, a villamosenergia-szektoron belüli finanszírozás esetén**



Ha sok energiahatékonysági beruházás valósul meg, aminek nagy a finanszírozási szükséglete, akkor a kínálati görbe jelentősen eltolódik. Tételezzük fel, hogy a finanszírozási igényt akkor sikerül megteremteni, ha a kínálati görbét  $S_1'''$ -be toljuk el<sup>11</sup>. Ebben az esetben jelentősen nő a kiskereskedelmi ár és csökken a villamosenergia-fogyasztása is (28. ábra). A magas ár miatt csökkenhet a megújuló és a konvencionális erőművek termelése is, így a széndioxid-kibocsátás is mérséklődik. Ha azonban a finanszírozás mértéke viszonylag alacsony, akkor a kínálati görbe csak  $S_2'''$ -be tolódik el. Ekkor a kiskereskedelmi ár csökken az energiahatékonysági beruházásokhoz képest, miközben a fogyasztott mennyiség is

<sup>11</sup> Hasonlóan a megújuló támogatáshoz a kínálati görbe ebben az esetben sem párhuzamosan tolódik el.

csökken. A fogyasztás mérséklődése révén csökken a megújuló termelés és a konvencionális erőművi termelés is, amely alacsonyabb széndioxid-kibocsátással jár.

Sorrell et al. (2009) is hasonló megállapításra jut a fehér bizonyítványok esetében is. Az alacsonyabb villamosenergia-fogyasztás miatt csökken a nagykereskedelmi villamosenergia-ára, amely csökkenti a konvencionális erőművi termelést. Ugyanakkor a kiskereskedelmi árak változásának iránya nem egyértelmű. A szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy a fehér bizonyítvány bevezetésekor fontos kérdés az addicionalitás, azaz, hogy csak azon beruházásokat lehet fehér bizonyítvánnyal díjazni, amelyek egyébként nem valósulnának meg. A fehér bizonyítványok többek között ezért is teljesen máshogy működnek, mint a zöld bizonyítványok. A fehér bizonyítványok ára függ a céltól, a kereslet és kínálat árrugalmasságától, az energiahatékonyság jelenlegi szintjétől, ha a kereslet-kínálati görbe nem lineáris, illetve a regulátor addicionalitásáról való döntésétől.

## V.5. AZ EGYES SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK HATÁSAINAK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az előzőekben bemutattuk, hogy a négy általunk legfontosabbnak vélt szabályozó eszköz hogyan befolyásolja a villamosenergia-fogyasztását, árát, a megújuló és a konvencionális erőművek termelését, az energiahatékonysági beruházások mértékére, illetve a széndioxid-kibocsátást. A 11. táblázat összefoglalóan mutatja ezen hatásokat.

**11. táblázat: Az egyes szabályozó eszközök főbb hatásai**

	A finanszírozás külső forrásból történik/a bevételeket nem juttatják vissza a szektorba				A finanszírozás belső forrásból történik/a bevételeket visszajuttatják a szektorba			
	Megújuló támogatás	Tüzelőanyag-felhasználásra kivetett adó	Szén-dioxid kereskedelem	Energiahatékonysági beruházások támogatása	Megújuló támogatás	Tüzelőanyag-felhasználásra kivetett adó	Szén-dioxid kereskedelem	Energiahatékonysági beruházások támogatása
Megújuló termelés	Nő	Nő	Nő	Csökken	Nő	Nő	Nő	Csökken
Konvencionális erőművi termelés	Csökken	Csökken	Csökken	Csökken	Nagy valószínűséggel csökken	Nagy valószínűséggel csökken	Nagy valószínűséggel csökken	Csökken
Összes fogyasztás	Nő	Csökken	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken
Nagykereskedelmi ár	Csökken	Nő	Nő	Csökken	Csökken	Nő	Nő	Csökken
Kiskereskedelmi ár	Csökken	Nő	Nő	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is
Szén-dioxid kibocsátás	Csökken	Csökken	Csökken	Csökken	Nagy valószínűséggel csökken	Nagy valószínűséggel csökken	Nagy valószínűséggel csökken	Csökken
Energiahatékonysági beruházások	Csökken	Nő	Nő	Nő	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nő

## **VI. A MÓDSZERTAN BEMUTATÁSA**

Az előző fejezetekben részletesen bemutattuk, hogy a villamosenergia-piacon meglévő piaci kudarcokat milyen szabályozó eszközökkel lehet kezelni. Az egyes eszközök esetében mélyrehatóan ismertettük, hogy milyen hatásokkal jár ezeknek a bevezetése, majd részben szakirodalmi, részben saját kutatási eredmények alapján ezen eszközök egymásra hatását is elemeztük.

A következőkben bemutatjuk a négy vizsgált szabályozó eszköz egymásra hatását. Ezt követően részletesen ismertetjük az Európai Árampiaci Modellt, amely egy olyan villamosenergia-piacot szimuláló közgazdasági modell, ami képes a négy szabályozó eszköz egymásra hatásának vizsgálatára. Bemutatjuk a modell működését, felhasznált inputadatait és a modell korlátait.

### **VI.1. A VIZSGÁLT NÉGY SZABÁLYOZÓ ESZKÖZ EGYMÁSRA HATÁSA**

Részben az előzőekben bemutatott szakirodalmi adatok alapján, részben saját eredmények alapján a következő táblázatban foglaltuk össze, hogy a négy általunk vizsgált eszköz hogyan hat azokra a tényezőkre, amelyek fontosak a vizsgálatunk szempontjából. Ezek közé a következők tartoznak:

- megújuló erőművi termelés hosszú távon
- konvencionális erőművi termelés hosszú távon
- összes villamosenergia-fogyasztás
- nagykereskedelmi villamosenergia-ára
- kiskereskedelmi villamosenergia-ára
- széndioxid-kibocsátás alakulása
- energiahatékonysági beruházások alakulása
- emissziós kvóta ára
- megújuló támogatási igény/forgalmazható bizonyítvány ára
- energiahatékonysági beruházásokba történő befektetések támogatás igénye.

Elemeztük az összes lehetséges szabályozási portfóliót, amely előállítható az általunk vizsgált négy eszköz segítségével. Fontos szem előtt tartani, hogy ezen szabályozó eszközöknek a célja a villamosenergia-szektorban meglévő piaci kudarcok csökkentése. Korábban bemutattuk, hogy az általunk vizsgált piaci kudarcok a következők: i) konvencionális erőművek által okozott környezeti externália; ii) elégtelen energiahatékonysági beruházások, illetve iii) a széndioxid-kibocsátás negatív externáliája. Az EU-s célok is ezen piaci kudarcok

kezelésére szolgálnak: magasabb megújuló arány, primerenergia-megtakarítás, illetve ÜHG csökkentés. A 12. táblázat zöld színnel mutatja azon cellákat, amely esetben a szabályozó eszköz portfólió egyértelműen képes (legalábbis elméleti szinten) az adott cél elérésére, sárgával, ha bizonytalan, pirossal pedig, ha ellentétes a hatás, mint a cél.

Látható, hogy egyetlen olyan biztos eset van, amikor a szabályozó eszköz mix nem képes helyes irányba befolyásolni az adott cél elérését. Ha mindössze energiahatékonysági beruházás-támogatást alkalmazunk, akkor az hosszú távon csökkenti a megújuló erőművek térnyerését. Az összes többi esetben bármilyen kombináció elvezethet oda, hogy elérjük a kitűzött célokat, azonban hét ezek közül olyan, amely esetben a hatás iránya bizonytalan. Ezért fontos modellezéssel is megvizsgálni, hogy ezek ténylegesen elérhető célok-e, és ha igen, akkor milyen költségek mellett.

**12. táblázat: Az egyes szabályozási eszközkombinációk hatásai**

Alkalmazott szabályozó eszközök		Megújuló termelés	Konvencionális erőművi termelés	Összes fogyasztás	Nagykereskedelmi ár	Kiskereskedelmi ár	Szén-dioxid kibocsátás	Energiatermelési beruházások
Csak emisszió kereskedelem		Nő	Csökken	Csökken	Nő	Nő	Csökken	Nő
Emisszió kereskedelem nélkül	Megújuló támogatás	Nő	Nagy valószínűséggel csökken	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nagy valószínűséggel csökken	Nőhet és csökkenhet is
	Jövedéki adó	Nő	Csökken	Csökken	Nő	Nő	Csökken	Nő
	Energiatermelési beruházás	Csökken	Csökken	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
	Jövedéki adó + Megújuló támogatás	Nő	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nőhet és csökkenhet is
	Jövedéki adó + Energiatermelési beruházás	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
	Megújuló támogatás + Energiatermelési beruházás	Nő	Csökken	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
	Jövedéki adó + Megújuló támogatás + Energiatermelési beruházás	Nő	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
Emisszió kereskedelemmel	Megújuló támogatás	Nő	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nőhet és csökkenhet is
	Jövedéki adó	Nő	Csökken	Csökken	Nő	Nő	Csökken	Nő
	Energiatermelési beruházás	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
	Jövedéki adó + Megújuló támogatás	Nő	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nőhet és csökkenhet is
	Jövedéki adó + Energiatermelési beruházás	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
	Megújuló támogatás + Energiatermelési beruházás	Nő	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő
	Jövedéki adó + Megújuló támogatás + Energiatermelési beruházás	Nő	Csökken	Csökken	Nőhet és csökkenhet is	Nőhet és csökkenhet is	Csökken	Nő

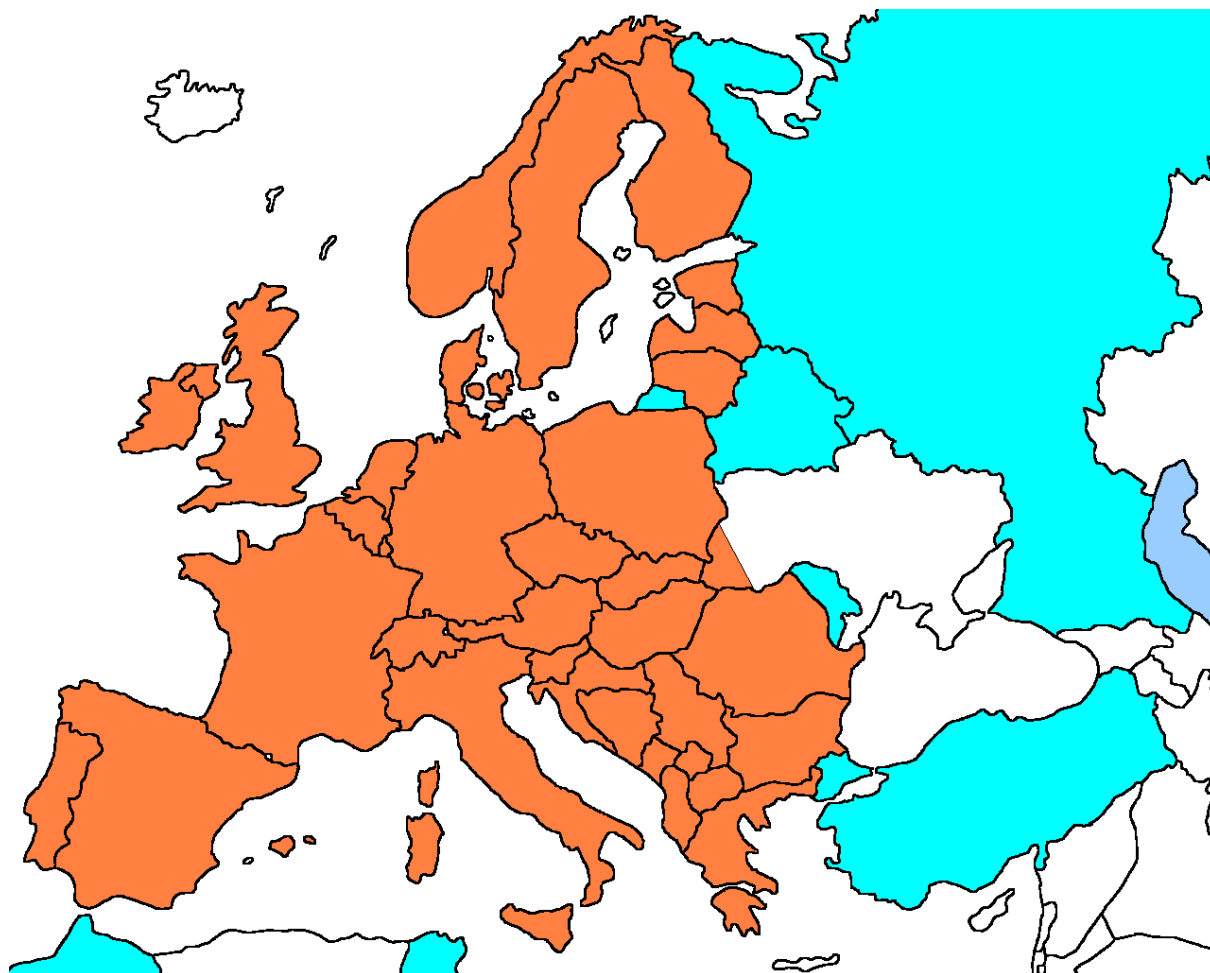
## VI.2. AZ EURÓPAI ÁRAMPIACI MODELL BEMUTATÁSA

Az Európai Árampiaci Modell (European Electricity Market Model – EEMM) 36 európai ország nagykereskedelmi villamosenergia-piacát szimulálja, tökéletes versenypiaci körülményeket feltételezve. A modellt a következő irodalmak alapján mutatjuk be: REKK (2011a); REKK (2011b), REKK (2011c), Mezősi-Szabó (2012).

### VI.2.1. Az EEMM általános bemutatása

Az EEMM 36 ország árampiacát szimulálja. A narancssárga háttérű országokban az árak a kereslet-kínálat egyensúlyából alakulnak ki, míg a világoszölddel jelölt országokban az árakat a modell adottságként kezeli, vagyis exogén módon adott árakat feltételezünk (29. ábra).

29. ábra: Az EEMM-ben szereplő országok



Az EEMM háromféle piaci szereplőt különböztet meg: termelőt, fogyasztót és kereskedőt. Mindegyikük esetében tökéletes versenyt feltételez, azaz a piaci szereplők árelfogadók.

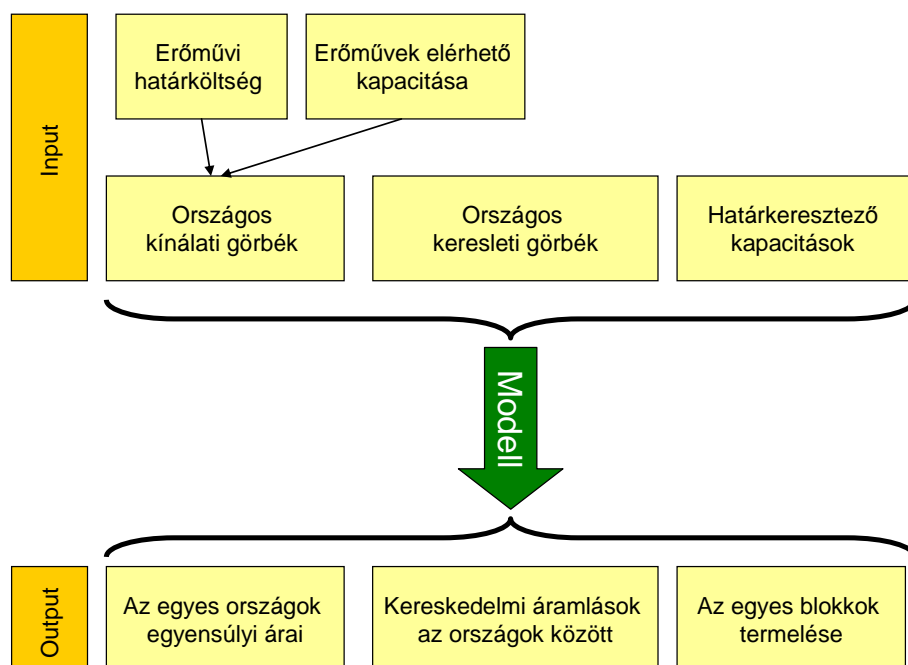
Minden egyes erőműre meghatározható annak rövid távú határköltsége. A termelésre kapacitáskorlát vonatkozik, melynek szintje az adott erőművi blokk rendelkezésre álló termelői kapacitása. Az áramtermelő szektorban 12 különböző technológiát különböztetünk meg: biomassza-tüzelésű erőművek, szén-tüzelésű erőművek, lignit-tüzelésű erőművek, geotermális erőművek, nehéz fűtőolaj-tüzelésű erőművek, könnyű fűtőolaj-tüzelésű erőművek, vízerőművek, szélenergia-erőművek, naperőművek, nukleáris erőművek, földgáz-tüzelésű erőművek, illetve árapály erőművek. A modell csak a rövidtávú változó költségeket veszi figyelembe: tüzelőanyag-költség, változó működési költségek, beleértve a jövedéki adót is,

illetve széndioxid-költségek (amennyiben felmerülnek). A fogyasztók a modellben aggregáltan jelennek meg, a keresleti görbe meredeksége minden országra azonos.

A modellben egy országot egy csomópontként értelmezhetünk, azaz az adott országon belül nincsenek hálózati korlátok, csak az országok között. Az országok közti határkeresztező kapacitások korlátosak, amelyeket a rendelkezésre álló kapacitásokkal közelítünk. A kereskedők azok, akik összekapcsolják a piac termelői és fogyasztói oldalát azáltal, hogy áramot exportálnak a drágább országokba és áramot importálnak az olcsóbbakból.

A modell órás piacokat szimulál, amely szimulációk függetlenek egymástól, azaz az indítási és leállítási költségekkel nem számoltunk. Egy adott órára vonatkozó egyensúlyt a modellben (az árak és a mennyiségek tekintetében) a termelő és az átviteli szegmens szimultán, egy időben éri el. A modell működését mutatja a 30. ábra.

30. ábra: A modell működése



Forrás: REKK (2011c)

Az egyes erőművek rövid távú határköltségeinek és elérhető kapacitásának meghatározása révén minden egyes országra felállíthatjuk az országos kínálati görbét, azaz a merit order görbét. Figyelembe véve a határkeresztező kapacitások korlátait illetve az egyes országokra jellemző keresleti görbéket kapjuk meg a modell bemenő paramétereit. A modell ezen adatokkal maximalizálja az európai jólétet, amely a termelői és a fogyasztói többletek összegéből áll. A modellszámítás eredményeképpen kapjuk meg az egyes országok adott órára vonatkozó egyensúlyi árait, az országok között az adott órára vonatkozó kereskedelmi áramlásokat, illetve az egyes erőművi blokkok termelését is. A modell technikai specifikációját, illetve a főbb inputadatokat a mellékletben közöljük.

## VI.2.2. Az EEMM fejlődése és informatikai háttere

Az EEMM modell legelső verzióját Kiss András fejlesztette a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpontban. Az első modellverzió 2006-ban született meg, amely a kelet-közép-európai országok közül hét ország árampiacait szimulálta (Kiss et al., 2006). 2011-ig kisebb fejlesztéseken ment keresztül a modell, amit részben a modell kitalálója, Kiss András, részben a REKK munkatársai és jómagam végeztek el. Ekkor egy jelentős módosítás történt, mivel a modell európai méretűvé nőtt, 15 ország helyett 36 európai ország villamosenergia-piacát szimulálja. Sor került továbbá a modell egy-két olyan moduljának a fejlesztésére, amely jelentősen javította a modell megbízhatóságát. Ezek közé tartozott a kereslet oldali reprezentáció teljes átalakítása, illetve a megújuló és kapcsolt erőművek kezelése a modellben. Ezen modell-fejlesztések a vezetésemmel valósultak meg. Fontos hangsúlyozni, hogy a modell alapegyenletei és az optimalizációs algoritmus a kezdetektől fogva változatlan. A 13. táblázat mutatja a főbb modellelemek változását a modell három fázisában: a kezdeti modell, a 2011-ig tartó időszaki modellfejlesztések, illetve a 2011-ben végrehajtott fejlesztésből adódó változások.

13. táblázat: Az árampiaci modell fejlődése

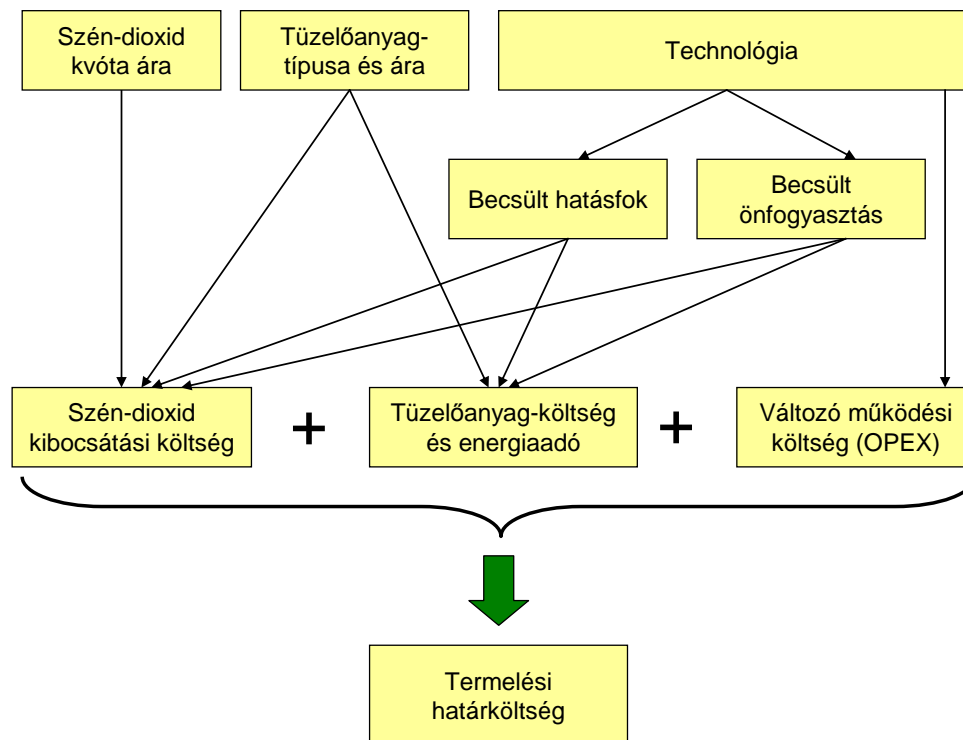
	Kezdeti modell	CSEEM	EEMM
Időszak	2006	2006-2011	2011-
Modellezett országok száma	7	15	36
Erőművek száma	pár száz	~1400	~5000
Határkeresztező kapacitások száma	20	38	84
Modellezett időszakok (órák) száma	10	24	90
Kapcsolt erőművek	Nincs megkülönböztetve a többi erőműtől	Évszakonként eltérő kihasználtság	Hónaponként és napon belül is differenciált kihasználtság
Megújuló erőművek	Átlagos kihasználtság minden órában, minden országra (kivéve vízerőmű)		Országonként és időszakonként eltérő kihasználtság

A bemenő inputokat és az eredményeket excel környezetben kezeli a modell, míg az egyensúlyi állapot megtalálása MATLAB programban történik a PATH solver segítségével.

## VI.2.3. A modell kínálati oldala

A rövid távú határkölségek becsléséhez az egységnyi villamos energia előállításához szükséges tüzelőanyag költségét, szén-dioxid kvótafelhasználásból adódó költséget, jövedéki adót, illetve a változó működési költségeket (OPEX) kell meghatároznunk. A 31. ábra mutatja, hogyan számolható ki az egyes erőművi blokkok rövid távú határkölsége.

31. ábra: Az áramtermelési határköltség becslésének módszere



Forrás: REKK (2011c)

Az adott technológia, illetve a blokk építésének ideje meghatározza az adott erőművi blokk hatásfokát, önfogyasztását, illetve a működési költségét is. A felhasznált tüzelőanyag típusának és árának ismeretében ezen hatásfokkal és önfogyasztással korrigálva meghatározhatjuk az erőmű tüzelőanyag-költségét, a szén-dioxid kvóta árának segítségével a szén-dioxid költséget, illetve a jövedéki adó mértékének ismeretében a fizetett jövedéki adót is. Ehhez hozzáadva a változó jellegű működtetési költségeket (változó OPEX), kapjuk meg az adott erőművi blokk rövid távú határköltségét.

Fontos hangsúlyozni, hogy a modellezés csak a rövid távú költségeket számszerűsíti, nem vizsgálja, hogy hosszabb távon megéri-e működtetni az adott erőművi blokkot, azaz a fix költségek megtérülnek-e.

#### VI.2.3.1. Megújuló alapú erőművek

A modell korábbi verzióiban a megújuló erőművek oly módon voltak kezelve, hogy egy adott országban a teljes várható termelési mennyiséget zsinór áram formájában termelik meg. Ez túlzott leegyszerűsítésnek bizonyult, ezért annak érdekében, hogy a disszertációban lévő kutatási kérdésekre és hipotézisre választ adhassunk, jelentős változtatásokat kellett végrehajtani. Minden megújuló erőforrás esetében a várható beépített kapacitásokat becsültük. A szél és naperőművek esetében feltételezzük, hogy amikor fúj a szél, illetve, ha süt a nap, akkor termelnek, azaz a rövid távú határköltségüket nullának vesszük, így a rendelkezésre állásuk minden órában megegyezik az éves átlagos kihasználtságukkal. A naperőművek esetében azzal a kiegészítéssel élünk, hogy csak napközben képesek termelni. Az átlagos



kihasználtságok azonban országonként jelentősen eltérnek. Az egyes országokra vonatkozó rendelkezésre állási értékeket EEA (2009) és JRC (2012) alapján határoztuk meg.

Szintén jelentős átalakításra volt szükség a vízerőművek esetében. Míg korábban a vízerőművek minden országban, minden referenciaórában a korábbi években megfigyelt átlagos éves kihasználtság mellett üzemeltek, addig a mostani modellverzióban a vízerőművek átlagos rendelkezésre állása évszakonként jelentősen eltér. A csapadékszegényebb nyári időszakban az átlagos kihasználtságuk alacsonyabb, míg télen magasabb. A vízerőművi kihasználtság országonként szintén nagyon eltérő. A múltbeli havi termelési adatokból becsültük, hogy mekkora az egyes évszakokban az átlagos kihasználtságuk az egyes országokban. Hasonlóan a szél és naperőművekhez a határkölségüket ezen erőműveknek is nullának vettük.

#### VI.2.3.2. Kapcsolt erőművi termelés

A kapcsolt erőműveket, amelyek egyszerre állítanak elő hőenergiát és villamos energiát, hővezéreltnek tekintjük, azaz nem a villamosenergia-piaci áralakulás határozza meg a termelésüket, hanem a hőigény. Azzal a feltevessel élünk, hogy ezen erőműveknek az átlagos kihasználtsága a múltban megfigyelt adatok alapján 45 %-os, de ez jelentősen eltér évszakonként és napszakonként is. A rendelkezésre állás mellett fontos azt is meghatározni, hogy az egyes erőművi blokkok kapcsolt erőműnek minősülnek-e a modellezés szempontjából. Ennek meghatározását egyedi erőművi szinten végeztük el, amelyet összehasonlítottunk az Eurostat által közölt aggregát, országos adatokkal (EEA, 2012).

#### VI.2.4. A keresleti oldal

A modellezés során alapesetben egy rövid távú, egyetlen órának megfeleltethető piacot szimulálunk. Jellemzően a modellezéssel nem egyetlen órát, hanem egy éves időszakot szeretnénk szimulálni, ezért a keresleti oldalon szükséges meghatározni adott számú referenciaórát, amely révén közelíthetjük az éves átlagos árakat. A kezdeti modellverzióban 10 keresleti órát modelleztünk, amely a későbbiekben 24-re növekedett. Ez a 24 keresleti óra úgy került meghatározásra, hogy vettük a teljes modellezett régió órák villamosenergia-fogyasztását, azt aggregáltuk. Ezt követően a régiós tartamdiagramot 24 egyenlő részre osztottuk, amely meghatározta, hogy az egyes órákban mekkora a villamosenergia-fogyasztás. Mivel a modell-fejlesztés során jelentősen megnövekedett a modellezett országok száma, ezért szükséges volt a kereslet oldali reprezentációt is felülvizsgálni. Kiterjedt elemzések után összesen 90 referencia-óra mellett döntöttünk. Nem lehetett túl sok referencia-óra, mert az jelentősen növelte volna a futtatási időt, viszont, ha túl kevés lett volna, akkor az jelentősen rontotta volna a modellezés megbízhatóságát.

Összesen tehát 90 referenciaórát képeztünk, amelynek a meghatározása a következőféleképpen történt. Három csoportot különböztettünk meg annak alapján, hogy az

adott óra a hét melyik napjára esik, öt csoportot, hogy melyik hónapban van, illetve hat csoportot, hogy az adott napon belül melyik óráról van szó. Ezek kombinációjaként ( $3 \cdot 5 \cdot 6$ ) állt elő a 90 referenciacsoport. A 14. táblázat-16. táblázat mutatja, hogy melyik esetekben milyen scenáriókba osztottuk be az órákat.

**14. táblázat: Keresleti csoportok a hét napjai alapján**

Hétfő	0
Kedd	0
Szerda	0
Csütörtök	0
Péntek	0
Szombat	1
Vasárnap	2

**15. táblázat: Keresleti csoportok a hónapok alapján**

	A hónap első 16 napja	A hónap második fele
Január	0	1
Február	0	0
Március	0	0
Április	2	2
Május	2	2
Június	3	3
Július	4	4
Augusztus	3	3
Szeptember	2	2
Október	2	0
November	0	0
December	1	0

**16. táblázat: Keresleti csoportok az adott napon belül**

0	0
1	0
2	0
3	1
4	1
5	2
6	2
7	3
8	3
9	3
10	3
11	3
12	3
13	3
14	3
15	3
16	3
17	4
18	4
19	4
20	5
21	5
22	5
23	5

Miután képeztük a referenciacsoportokat és beosztottuk az összes órát valamelyik referenciacsoportba, meghatározzuk országonként, hogy 2010-ben hogyan alakult az adott referenciacsoport átlagos villamosenergia-fogyasztása. Ezen villamosenergia-fogyasztások mellett futtatjuk le a modellt, egy évben összesen 90-szer. Miután ismert, hogy az egyes referencia-csoportokba hány óra tartozik, ezért a 90 futtatást az órák számával súlyozva kapjuk meg az éves zsinór-árakat, termeléseket, export-import pozíciókat, illetve az egyéb fontos outputokat.

Az előrejelzés során fontos azt is meghatározni, hogy az egyes években hogyan változik a referenciaórák villamosenergia-fogyasztása az egyes országokban. A jövőbeli fogyasztások meghatározása során figyelembe vesszük minden egyes országra külön-külön, hogy a múltbeli GDP és a villamosenergia-fogyasztás között milyen kapcsolat figyelhető meg. A kettő közti kapcsolatból, illetve az IMF (2013) GDP előrejelzéséből meghatározzuk az éves várható villamosenergia-fogyasztást. Feltételezzük továbbá, hogy a mindegyik keresleti pont azonos abszolút értékkel változik, azaz a becsült referenciaórákból képzett tartamdiagram párhuzamosan tolódik el.

#### **VI.2.5. Hálózati reprezentáció**

Ahogy korábban már jeleztük, az EEMM feltételezi, hogy egy adott ország egyetlen csomópontnak minősül, azaz hálózati korlátok nincsenek az egyes országokon belül. Ugyanakkor az országokat összekötő határkeresztező kapacitások jelentős korlátot jelenthetnek a villamosenergia-kereskedelmében. A szűkösséget az ún. nettó átviteli kapacitásokkal (NTC – Net Transfer Capacity) fejezzük ki, amelyet a rendszerirányítók közölnek egy-egy határ esetében. Fontos kihangsúlyozni, hogy a modell a kereskedelmi áramlásokat szimulálja, a tényleges fizikai áramlások ettől lényegesen eltérhetnek. A jelenlegi NTC értékek meghatározásának alapját az ENTSO-E (2012) jelentette, míg az új határkeresztező kapacitások esetében az ENTSO-E által publikált tízéves hálózatfejlesztési tervben (ENTSO-E TYNDP, 2012) meglévő projekttervek megvalósulásával számol a modell.

## VII. KUTATÁSI KÉRDÉSEK ÉS HIPOTÉZISEK

### VII.1. HIPOTÉZIS 1.

A disszertációban empirikusan elemezzük, hogy milyen kapcsolat figyelhető meg a különböző szabályozó eszközök között. Erre akkor nyílik lehetőségünk, ha a szabályozó eszköz által létrehozott piacon transzparens ár alakul ki: azaz ha az adott országban fehér vagy zöld bizonyítvány piac működik, illetve a szén-dioxid kvóták esetében is mód van az elemzés elvégzésére. A disszertációban két alhipotézisre keressük a választ.

*H<sub>11</sub>: Az Energiahatékonysági Direktíva tervezetének és a végleges Direktíva szövegének közzétételének hatására jelentősen csökkent a szén-dioxid kvóta árfolyama, illetve a zöld bizonyítványok ára.*

A disszertációban az ún. eseményelemzés eszközével vizsgáljuk, hogy az Energiahatékonysági Direktíva tervezet közzétételekor és a végleges Energiahatékonysági Direktíva elfogadásakor hogyan reagáltak a különböző kvóták árfolyamai.

*H<sub>12</sub>: A szén-dioxid kvóta árfolyamában bekövetkező hirtelen és tartós árcsökkenés jelentősen csökkenti a zöld bizonyítványok piaci árát.*

Ahogy a 11. ábrán is látható, a szén-dioxid kvóták árfolyama jelentősen ingadozott az elmúlt közel egy évtizedben. Ezek közül is kiemelkedő a 2006 májusában bekövetkezett hirtelen áresés, amely esetben néhány nap alatt a kvóta ára a felére csökkent. A disszertációban vizsgáljuk, hogy ezen áresés hatására a működő zöld bizonyítványok piacán is tapasztalható volt-e ekkora mértékű változás. Ennek módszertanát szintén az eseményelemzés eszköze adja.

### VII.2. KUTATÁSI KÉRDÉS 1.

*KK<sub>1</sub>: Annak a kérdésnek a számszerű vizsgálata, hogy azokban a szabályozó eszközkombinációkban, amelyek esetében elméletileg nem lehet egyértelműen azonosítani az egyes tényezőkre (megújuló alapú villamosenergia-termelés, szén-dioxid kibocsátás alakulása, illetve energiahatékonysági beruházások alakulása) való hatás irányát, ténylegesen hogyan változnak ezek a tényezők, ha növeljük a megújuló támogatást, az energiahatékonysági beruházás-támogatás nagyságát, a jövedéki adó szintjét, illetve szűkítjük a szén-dioxid kvóták mennyiségét.*

Összesen hét olyan szabályozó eszköz mixet találtunk (ld. 12. táblázat), amely esetében elméleti bizonyítás révén nem lehet megválaszolni, hogy ezek milyen irányban változtatják meg a három legfontosabb tényezőt (megújuló termelés, energiahatékonysági beruházás, illetve szén-dioxid kibocsátás). Az európai villamosenergia-piacot szimuláló versenypiaci modell segítségével adunk számszerű választ erre a kérdésre. A kutatási kérdés során egy

olyan hipotetikus esetből indulunk ki, amelyben semmiféle szabályozás nincs érvényben: azaz nem létezik európai szén-dioxid kereskedelem, egyik uniós ország sem alkalmaz megújuló támogatást vagy energiahatékonysági beruházási támogatásokat, illetve a tagállamok nem vetnek ki jövedéki adót a felhasznált tüzelőanyagra vonatkozóan. Ezt követően folyamatosan szigorítjuk az egyes szabályozó eszközök szintjét: például növeljük a jövedéki adót, vagy szűkítjük az összes kibocsátható szén-dioxidot és így tovább. A szabályozó eszközöket azonos módon alkalmazzuk minden tagországra vonatkozóan: egységes jövedéki adót feltételezünk, egységes megújuló energiatermelési támogatást, vagy egységes energiahatékonysági beruházás támogatást feltételezünk minden országra vonatkozóan.

### **VII.3. HIPOTÉZIS 2.**

*H<sub>2</sub>: Az általunk vizsgált négy szabályozó eszköz (jövedéki adó, megújuló támogatás, emisszió kereskedelem, energiahatékonysági beruházás támogatás) bármilyen kombinációjával elérhető az EU által 2020-ra kitűzött 20-20-20-as cél, kivéve, ha csak energiahatékonysági beruházás támogatási eszköz áll rendelkezésre.*

A hipotézis vizsgálatát az 1. kutatási kérdés során alkalmazott módszertan alapján végezzük el, azaz első lépésként egy olyan európai piacból indulunk ki, ahol a vizsgált négy szabályozó eszköz alkalmazását figyelmen kívül hagyjuk. Ezt követően folyamatosan, különböző mértékben bevezetjük az egyes szabályozó eszközöket. Hasonlóan az előző kutatási kérdéshez, ebben az esetben is egységesen vezetjük be ezeket.

### **VII.4. KUTATÁSI KÉRDÉS 2.**

*KK<sub>2</sub>: Magyarországnak milyen szabályozó eszköz kombináció előnyös, amely mellett teljesülnek az Európai Unióra vonatkozó 20-20-20-as célok.*

A kutatási kérdés során a modellezés segítségével azt vizsgáljuk, hogy Magyarországnak melyik a legjobb olyan szabályozó eszköz kombináció, amely teljesíti is az EU által meghatározott 20-20-20-as célt.

## VIII. KUTATÁSI EREDMÉNYEK - A SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK EGYMÁSRA HATÁSÁNAK EMPIRIKUS VIZSGÁLATA

Az egyes szabályozó eszközök egymásra hatásának empirikus elemzését két hipotézisen keresztül végezzük el. Mindkét esetben az európai adatokat elemezzük a lehető legrészletesebb adatokat felhasználva.

### VIII.1. A $H_{11}$ HIPOTÉZIS VIZSGÁLATA

*H<sub>11</sub>: Az Energiahatékonysági Direktíva tervezetének és a végleges Direktíva szövegének közzétételének hatására jelentősen csökkent a szén-dioxid kvóta árfolyama, illetve a zöld bizonyítványok ára.*

Mivel az európai zöld bizonyítvány piacok esetében napi kereskedési adatok nem kerülnek publikálásra, jellemzően csak havi átlagadatok elérhetőek, továbbá a napi likviditás sem elegendően nagy ezen piacokon, ezért csak a szennyezési jog árának változását tudjuk megvizsgálni.

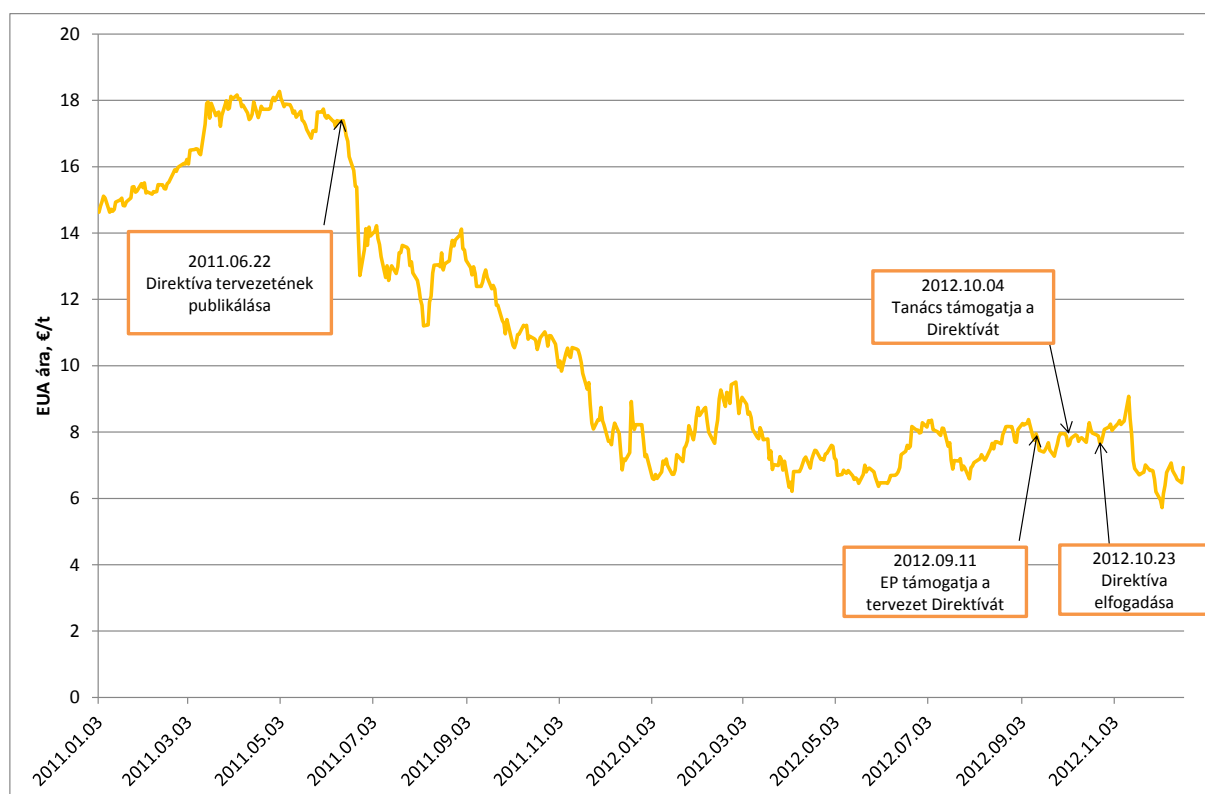
A szabályozó eszközök egymásra hatásának elméleti vizsgálata során bebizonyítottuk, hogy az energiahatékonysági beruházások növelése csökkentőleg hat a szén-dioxid kvóta árfolyamára. Ennek oka, hogy az energiahatékonyság hatására csökken a villamosenergia-fogyasztás, így a termelés is. Ez egyben kisebb szén-dioxid emissziót eredményez, amely az alacsonyabb kereslet révén mérsékli a szén-dioxid kvóták árfolyamát.

Ahhoz, hogy a fent megfogalmazott hipotézisre választ kaphassunk, szükséges bemutatni az Energiahatékonysági Direktíva elfogadásáig vezető utat (DG Energy, 2013).

- 2011. június 22.-én az Európai Bizottság publikálta javaslatát arra vonatkozóan, hogy az energiahatékonyság területén az EU által meghatározott 20-20-20-as célokat hogyan lehet elérni.
- 2012. szeptember 11.-én az Európai Parlament támogatta az új Energiahatékonysági Irányelv tervezetét, amely azonban kevésbé ambiciózus terveket határozott meg, mint az egy évvel korábbi Bizottsági javaslat.
- 2012. október 4.-i Tanácsi határozat is támogatta az Irányelv-tervezet.
- 2012. október 25.-én az EU elfogadta az Energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU Irányelvet.

A 32. ábra szemlélteti, hogy ezeken a napokon hogyan változott az európai szén-dioxid kvóta árfolyama. Látható, hogy az Európai Bizottság javaslatának publikálásakor jelentős áresés következett be az EUA árfolyamában, amelyet ráadásul árkorrekció sem követett. Ezen túlmenően az Energiahatékonysági Direktívához kapcsolódó, hasonló mértékű árváltozásokat nem tapasztalunk.

32. ábra: Az EUA áralakulása 2011-2012-ben, €/t



Forrás: EEX (2012)

Érdeemes megvizsgálni az elemzett napokon a napi hozamok változását, amelyet a 17. táblázat mutat. Látható, hogy az Európai Bizottsági javaslat hatására egy nap alatt több mint 10 %-ot esett az EUA ára. Az ezt követő napon sem lassult az áresés mértéke, és újabb 9 %-ot esett, így két nap alatt a kvóta árfolyam 19,1 %-kal csökkent. Az ezt követő napon kismértékű korrekció következett be, így a három nap alatt a változás mértéke -13%. A többi vizsgált napot követően hasonló mértékű változást nem tapasztalhatunk. Ezekben az esetekben az árváltozások minden esetben 5 % alatt maradnak és a változás irányai is különbözőek.

17. táblázat: A vizsgált napokat követő egy, két és háromnapos hozamok alakulása

	Hozam		
	1 napos	2 napos	3 napos
2011.06.22	-10,00%	-19,10%	-13,00%
2012.09.11	2,50%	0,80%	-3,90%
2012.10.04	2,20%	3,60%	3,20%
2012.10.23	-2,70%	-2,40%	0,10%

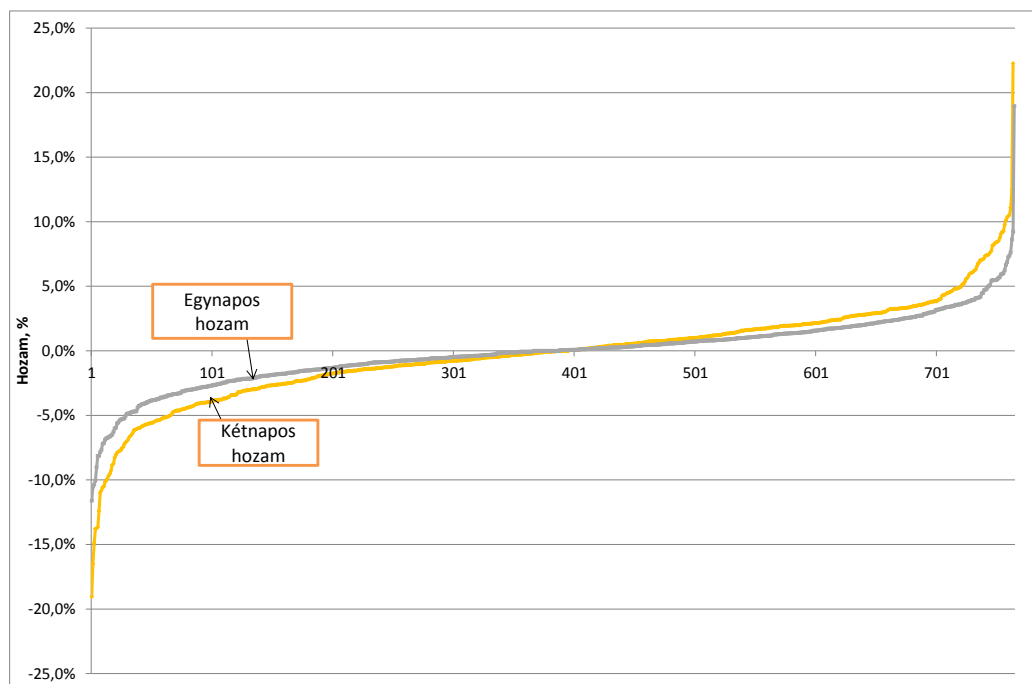
Forrás: EEX (2012) alapján saját számítás

Szükséges elemezni ezen hozamok illeszkedését az EUA átlagos áringadozásához. Megvizsgáltuk 2010. január 1. és 2012. december 18.-a között a napi EUA záró árakat, illetve az ezekből képzett napi és kétnapi hozamokat. A legnagyobb EUA árcsökkenés 2011. április 2-án következett be, amely esetben egy nap alatt közel 11,6 %-ot esett a szén-dioxid kvóta



árfolyama. A negyedik és az ötödik legnagyobb áresés ugyanakkor a 2011. június 22.-t követő két napon figyelhető meg. Ebből következően a kétnapi hozamok esetében a negatív rekordot ezen időszakban könyvelhetjük el. A többi általunk vizsgált napok hozamai nem tekinthetők kiemelkedőnek (33. ábra).

**33. ábra: Az egy és kétnapos EUA árak hozamainak eloszlása, 2010. január 1.-2012. december 18.**



*Forrás: EEX (2012) alapján saját számítás*

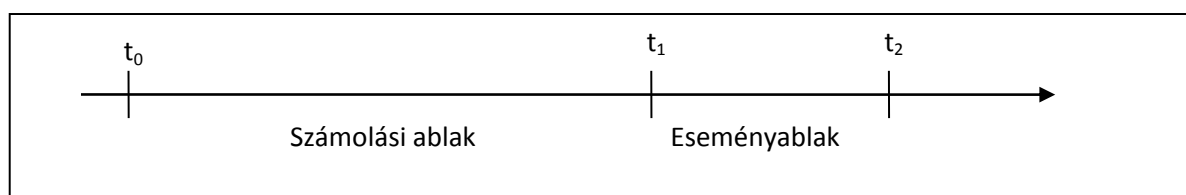
A következőkben bemutatunk egy olyan statisztikai eszközt, az ún. eseményelemzést, amellyel megállapítható, hogy egy-egy eseménynek volt-e olyan hatása, amely egyértelműen jelentős áralakító hatással bírt volna.

### **VIII.1.1. Az eseményelemzés módszertana**

Fama (1970) a piacokat hatékonyság alapján három csoportba osztja: gyengén, közepesen, és erősen hatékony piacok. Gyengén hatékonynak nevez egy piacot, ha a múltbeli információk teljesen beépültek az árakba. Közepesen hatékonynak tekinthetünk egy piacot, ha a mindenki számára elérhető információkat is beárazza a piac a termék árfolyamába, míg erősen hatékony piac esetében minden publikus és nem publikus információ is beépül az árfolyamba. Mezősi (2008a) eredményei alapján az európai szén-dioxid piac legalább közepes hatékonyságúnak tekinthető. Ebből következően, ha új és jelentős információ kerül napvilágra, akkor ezen információ a kvóta árfolyamába igen gyorsan beépül. Ez lehetőséget teremt arra, hogy választ adhassunk a kutatási hipotézisünkre, nevezetesen, hogy az Energiahatékonysági Direktívához köthető bejelentések, információk jelentős hatással bírtak-e a szén-dioxid kvóta árfolyamára. Ennek egyik módszere az ún. eseményelemzés (event studies).

Az eseményelemzés során azt vizsgáljuk, hogy egy adott időszak hozamai (vagy esetleg más statisztikai jellemzői) jelentősen eltérnek-e a referencia időszak hozamaitól, illetve szórásától.

**34. ábra: Az eseményelemzés két időszaka**



*Forrás: MacKinley (1997), p.: 20*

Az eseményelemzés első lépéseként létre kell hozni egy ún. számolási ablakot, amelyben mérjük az árfolyam napi hozamait, illetve szórását. A  $t_1$  időpontban egy olyan esemény történik, aminek az árfolyam alakító hatására vagyunk kíváncsiak. Statisztikai módszerekkel megvizsgáljuk, hogy az eseményablakban lévő hozamok lényegesen eltérnek-e a számolási ablakban lévőktől. Ha szignifikáns különbséget tapasztalunk, akkor azt mondhatjuk, hogy olyan új információ épült be ezzel az árfolyamba, amely még nem tükröződött az árakban. Ellenben, ha nem találunk statisztikailag kimutatható különbséget, akkor kijelenthetjük, hogy az esemény nem tartalmazott új információt (Brown-Warner, 1985).

Az eseményelemzésnek számos modellfajtája létezik, amelyeket Bedő (2007) részletesen tárgyal. Ezek közül mi az átlagos hozam modellt használjuk.

Az átlagos hozam módszerénél az eseményablakban kiszámoljuk az ún. abnormális hozamot, amely megegyezik az eseményablakban lévő átlagos hozam és a számolási ablakban lévő átlagos hozamok különbségével. Képletszerűen a következőképpen számolható ki:

$$CAR = \frac{\sum_{t_1}^{t_2} (R_t - r_{atl})}{N} = \frac{\sum_{t_1}^{t_2} AR_t}{N}, \text{ ahol}$$

- CAR: kumulált abnormális hozam
- $r_t$ : a t-edik napi hozam
- $r_{atl}$ : a számolási ablakban lévő hozamok átlaga
- N: az eseményablak hossza ( $N=t_2-t_1$ )

A vizsgált nullhipotézis, hogy a kumulált abnormális hozamok nulla várható értékkel bírnak, aminek vizsgálata t-próbával történik. A t statisztika értéke:

$$\theta = \frac{CAR}{s}, \text{ ahol}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t_0}^{t_1} AR_t^2}{T-1}}, \text{ ahol } T \text{ a számolási ablak hossza } (T=t_1-t_0).$$

Ha  $t$  értéke nagyobb, mint a próba kritikus értéke, akkor elvetjük a nullhipotézist, azaz ebben az esetben egy olyan esemény következett be, amely jelentős hatással bírt az árfolyamokra.

### VIII.1.2. Az eseményelemzés alkalmazása a vizsgált hipotézisre

Az előzőekben bemutattuk az eseményelemzés során általunk alkalmazott modellt. Emellett azonban további két fontos paraméterről kell döntést hoznunk: milyen hosszú legyen a számolási, azaz a referencia időszak, amelyből az átlagos hozamot, illetve a szórást meghatározzuk. A másik tényező pedig az eseményablak hosszúsága. Mivel a szakirodalom nem foglal egyértelműen állást egyik kérdésben sem, ezért három-három különböző hosszúságú ablakkal számolunk: a számolási ablak hosszának 50, 100, illetve 150 napot veszünk, míg az eseményablaknál a vizsgált eseményt követő egy, kettő és három nap hosszúságú intervallumot elemzünk. A 18. táblázat mutatja a leírt feltételek mellett a  $p$  értékeket.

**18. táblázat: Különböző hosszúságú számolási és eseményablak mellett a  $p$  értéke**

	Számolási ablak hossza								
	50			100			150		
	Eseményablak hossza			Eseményablak hossza			Eseményablak hossza		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2011.06.22	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
2012.09.11	17,4%	42,7%	35,4%	18,9%	45,3%	33,4%	18,0%	43,9%	34,4%
2012.10.04	20,8%	27,2%	38,7%	19,9%	26,2%	37,8%	17,5%	23,6%	35,1%
2012.10.23	11,7%	30,5%	49,2%	10,8%	29,1%	47,8%	11,7%	30,7%	49,5%

Látható, hogy 2011. június 22.-ét vizsgálva minden esemény és számolási ablak hossz mellett elvetjük a nullhipotézist, azaz kijelenthetjük, hogy egy olyan új információ látott napvilágot, amelynek jelentős hatása volt annak árfolyamára. A többi vizsgált időszak esetében nem találtunk olyan eseményablak-számítási ablak kombinációt, amely esetében legalább 10 %-os szignifikancia mellett el tudnánk vetni a nullhipotézist, azaz nem következett be olyan esemény, amely jelentős áralakító hatással bírt volna.

A fenti elemzés alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- A 2011. június 22-én bejelentett energiahatékonysággal kapcsolatos Bizottsági javaslatnak jelentős hatása volt a szén-dioxid kvóták árfolyamára.
- A fenti kijelentésből következően megállja a helyét azon hipotézisünk, amely szerint az Energhatékonsági Direktíva tervezetének jelentős hatása volt a szén-dioxid kvóta árfolyamára, ugyanakkor elvetjük azon hipotézist, amely szerint a végleges

Energiahatékonysági Direktíva elfogadásakor jelentősen változott volna a szén-dioxid árfolyama.

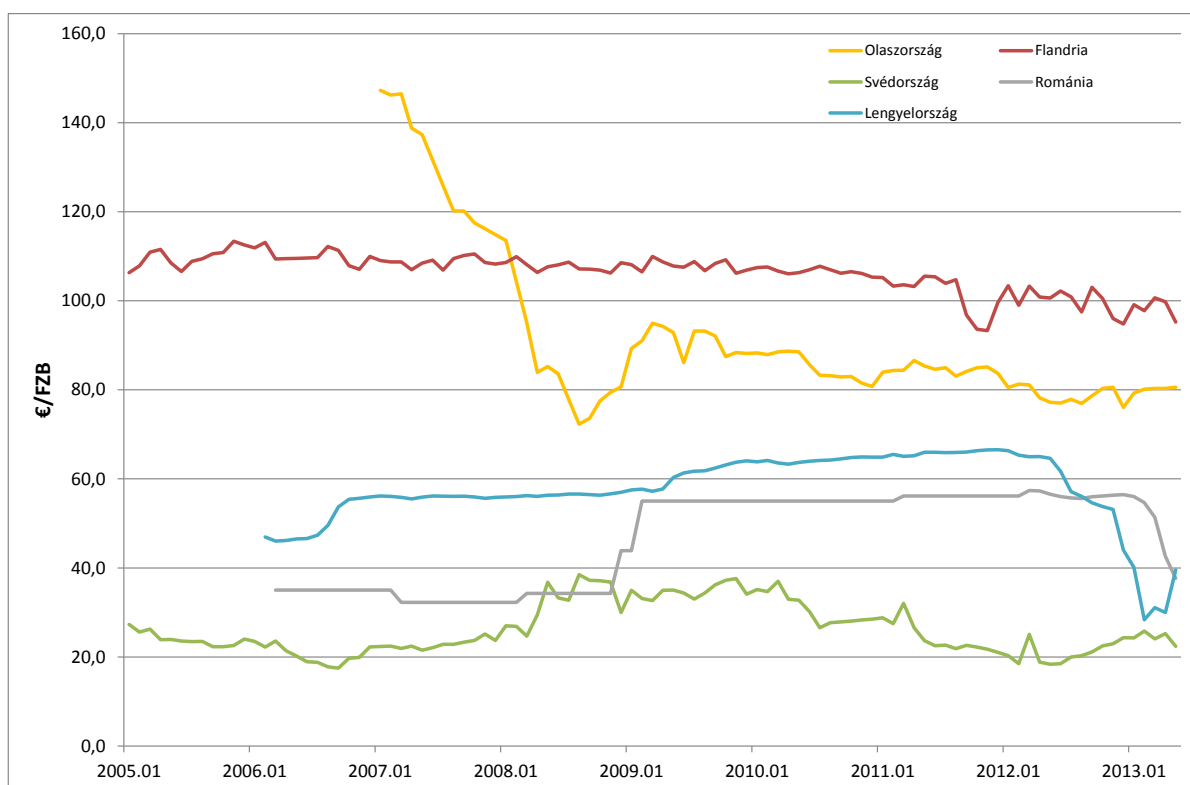
- Ebből következően jelentős hatás mutatható ki a két szabályozott terület (energiahatékonysági és szén-dioxid kvótakereskedelem) között, és annak iránya megegyezik a várttal.

## **VIII.2. A $H_{12}$ HIPOTÉZIS VIZSGÁLATA**

*H<sub>12</sub>: A szén-dioxid kvóta árfolyamában bekövetkező hirtelen és tartós árcsökkenés jelentősen csökkenti a zöld bizonyítványok piaci árát.*

Ahogy az korábban bemutattuk, Európában a zöld bizonyítvány mindössze öt országban a domináns megújuló támogatási forma: Olaszországban, Lengyelországban, Belgium Flandria tartományában, Svédországban, illetve Romániában. Ezekben az országokban a zöld bizonyítvánnyal tőzsdén, illetve valamifajta központi platformon keresztül lehet kereskedni. Olaszországban (GME, 2013), Romániában (OPCOM, 2013) és Lengyelországban (POLPX, 2013) az energiatőzsde közöl árinformációkat, Flandriában a regulátor (VREG, 2013), míg Svédországban a zöld bizonyítványokat nyilvántartó szervezet (CESAR, 2013) publikál nyilvánosan elérhető, transzparens árakat. Olaszország és Lengyelország esetében heti egy ár közzétevése történik, míg a többi esetben havi adatok kerülnek publikálásra. Ugyanakkor az előbbieket esetében nem igazán volatilisak az árak, így nem veszünk információt azzal, ha a havi átlagokkal számolunk. Minden árat a 2013-as átlagos árfolyammal euróra váltottunk át. Az öt piacon működő zöld bizonyítványokat mutatja a 35. ábra.

**35. ábra: A vizsgált öt országban a zöld bizonyítvány árának alakulása, €/zöld bizonyítvány, 2005-2013**



*Forrás: GME (2013), OPCOM (2013), POLPX (2013), VREG (2013) és CESAR (2013)*

Lengyelország és Románia esetében azt tapasztaljuk, hogy viszonylag hosszabb időszak, akár egy év alatt sem változik a zöld bizonyítvány ára. Ennek oka, hogy mindkét országban a támogatás maximális árat határoz meg a zöld bizonyítványokra vonatkozóan. Mivel 2013-ig nem sikerült elérni a kijelölt célokat, ezért minden esetben a maximális ár alakult ki. A belga zöld bizonyítvány esetében sem figyelhetünk meg jelentősebb mozgásokat. Mindössze két olyan zöld bizonyítvány piac van Európában, ahol az áringadozás jelentősnek mondható. Olaszországban 2007-2008-ban jelentős áresés következett be, köszönhetően annak, hogy az olasz zöld bizonyítvány piac ezen időszakban egy új, kevésbé likvid piacként jellemezhető. 2009-től kezdve azonban már egy viszonylag szűk sávban mozgott ezen termék ára. Így az egyetlen olyan forgalmazható zöld bizonyítvány (FZB) piac, amelyen jelentősebb áringadozásokat tapasztalhatunk és nem effektív sem egy minimális, sem egy maximális ár, amelyet a szabályozó határoz meg, a svéd piac. Ezért a következőkben azt vizsgáljuk, hogy a svéd zöld bizonyítvány, illetve az európai szén-dioxid árfolyama között milyen összefüggés figyelhető meg.

A vizsgálat során elemezzük, hogy az EUA árat meghatározó események milyen hatással járnak a svéd zöld bizonyítvány piacra. Fontos kihangsúlyozni, hogy mivel a svéd piacon is havi árak kerülnek publikálásra, ezért mély statisztikai elemzésre nem nyílik mód. Mielőtt az adatok elemzésére kerülne sor, bemutatjuk, hogy elméletileg milyen kapcsolatnak kellene lennie a két termék áralakulása között.

Tegyük fel, hogy egy olyan esemény következik be, amely csak az EUA árára van hatással. Ilyen lehet egy kínálati oldali szabályváltoztatás vagy egy olyan információ, amely kizárólag ezt a piacot érinti. Ha ennek az eseménynek hatására csökken a szén-dioxid kvóta ára, akkor a fosszilis erőművek határkölsége is csökken, amely azt eredményezi, hogy alacsonyabb lesz a kialakuló villamosenergia-ára. Ugyanakkor ennek hatására a megújulók kínálati görbéje nem változik, a zöld bizonyítványok piacán nem módosulnak a kereslet-kínálati viszonyok<sup>12</sup>. A termelt megújuló alapú villamosenergia-mennyisége nem változik<sup>13</sup>, így a megújulók összebevétele sem változik. Mivel azonban a villamosenergia-ára csökken, ezért a zöld bizonyítvány árának nőnie kell, hogy a megújulók árbevétele ne változzon, azaz a megújulók piacán a kialakuló egyensúlyi pont változatlan legyen. Ha tehát csökken az EUA<sup>14</sup> ára, akkor a zöld bizonyítvány árának növekednie kell.

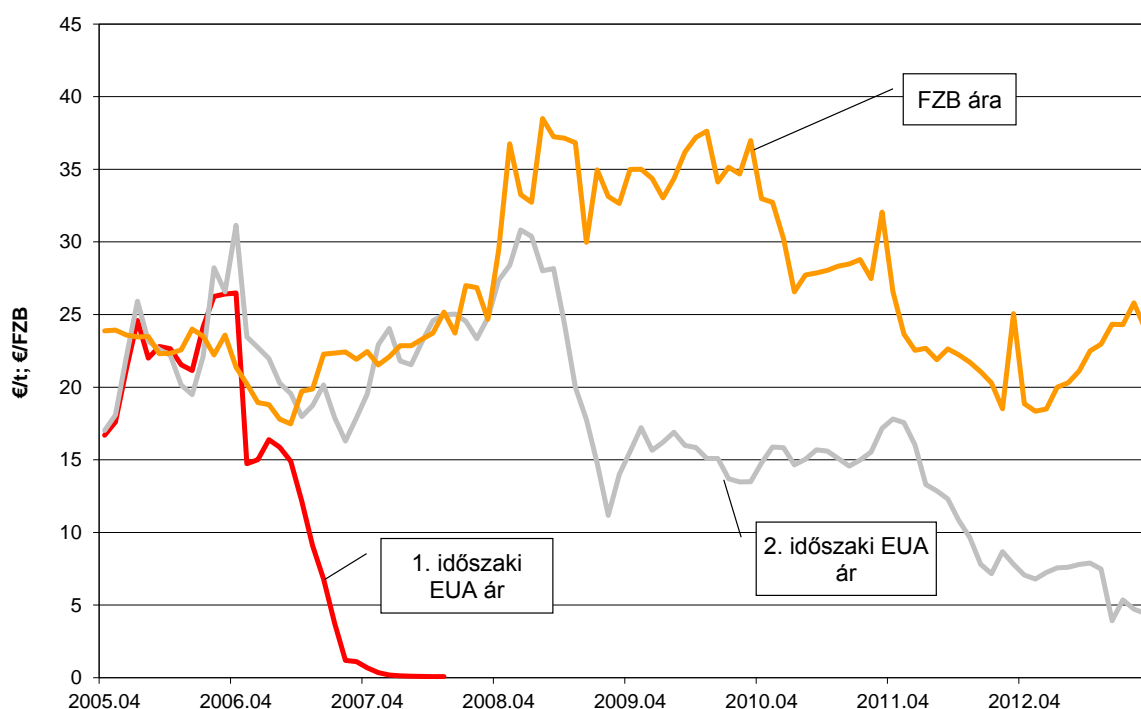
Nézzük meg, hogy a fenti elméleti következtetés igazolható-e a historikus áralakulásokkal. A 36. ábra mutatja a szén-dioxid kvóták első és második időszakai árait, illetve a svéd forgalmazható zöldbizonyítvány árának alakulását. Látható, hogy negatív kapcsolat nem igazán érzékelhető. Az EUA legnagyobb árváltozásakor (2006 április-június) az FZB ára is csökken, így pont az ellentétes hatással szembesülünk, mint amit vártunk.

<sup>12</sup> Fontos feltétel, hogy a zöld bizonyítványoknak ne legyen meghatározva minimális vagy maximális ára, vagy legalábbis az ne legyen effektív.

<sup>13</sup> Ha a megújuló cél a villamosenergia-fogyasztás arányában kerül meghatározásra, akkor ez a kijelentés nem teljesen állja meg a helyét. A csökkenő nagykereskedelmi villamosenergia-ár hatására nő a villamosenergia-fogyasztás, amelynek hatására nő a kereslet a zöld bizonyítványok piacán is. Mivel azonban a villamosenergia-piacon a keresleti görbe rövidtávon igen rugalmatlan, ezért ez a hatás nem tekinthető erősnek.

<sup>14</sup> Feltételezve, hogy az EUA áralakulását csak a villamosenergia-termelő létesítmények határozzák meg.

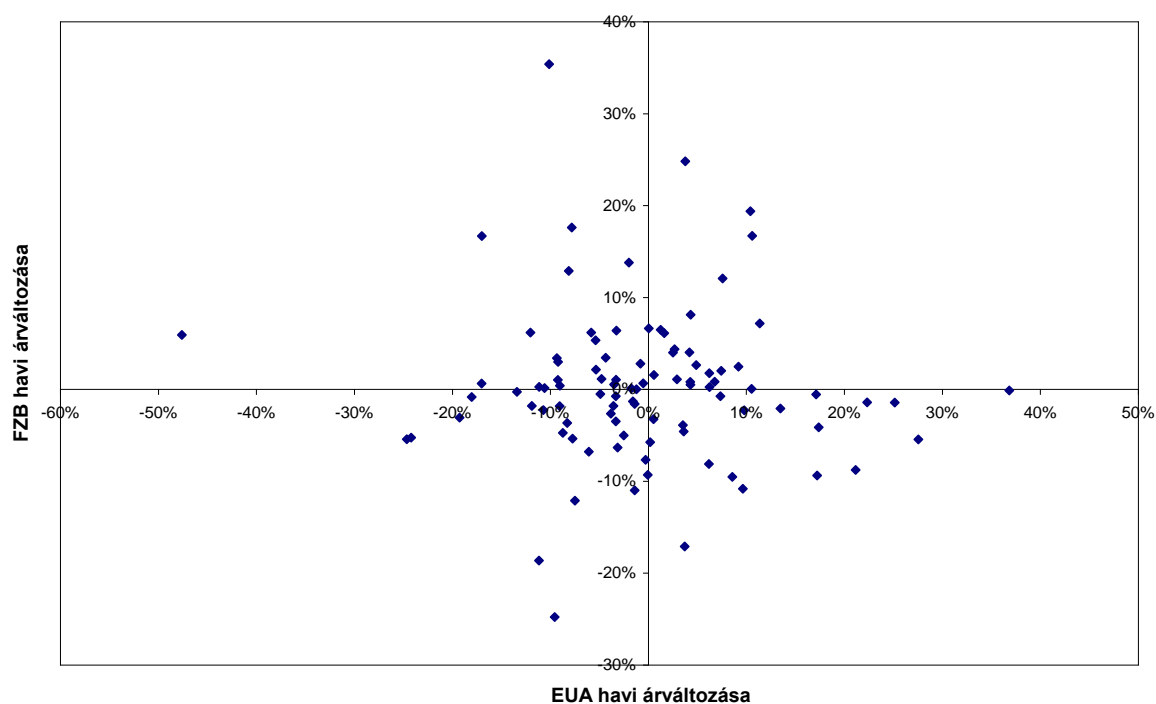
36. ábra: Az első és második időszaki EUA és a svéd FZB áralakulása, 2005. április – 2013. április



Forrás: CESAR (2013), EEX (2012), ICE (2012)

Megvizsgáltuk továbbá a havi árváltozásokat, amely esetben egy negatív kapcsolatot várnánk. Ezt azonban a kapott eredmények nem igazolják. A 37. ábra mutatja az EUA havi árváltozását az FZB havi árváltozásának függvényében. Ha negatív kapcsolat lenne, akkor a pontoknak egy negatív meredekségű egyenes mentén kellene szóródnia. Ez azonban nem látszódik. Így azt mondhatjuk, hogy nem látszódik a két termék között negatív kapcsolat.

**37. ábra: A havi EUA és FZB árának változása**



Összefoglalva elmondható, hogy elméletileg az EUA és a forgalmazható zöld bizonyítvány ára között negatív kapcsolatnak kellene lennie. Megvizsgáltuk az Európában működő FZB piacokat, amelyek közül csak a svéd piac megfelelő a kívánt elemzés elvégzésére. A havi adatok elemzéséből nem tudjuk sem igazolni, sem elvetni azt a hipotézist, hogy az FZB és az EUA ármozgása között negatív kapcsolat létezik.



## **IX. A SZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK KÖLCSÖNHATÁSÁNAK MODELLEZÉSI VIZSGÁLATA**

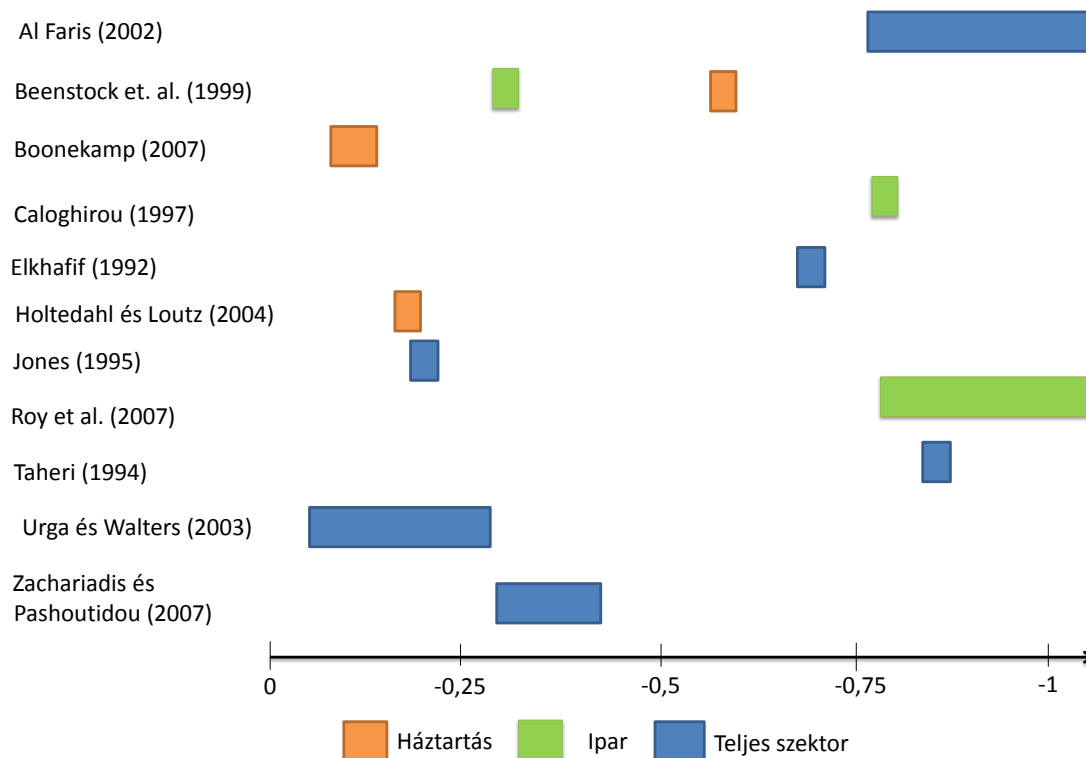
Az egyes szabályozó eszközök egymásra hatását modellezés segítségével is vizsgáljuk. A szimuláció során a korábban bemutatott EEMM modellt használjuk, amelyen azonban kisebb fejlesztést kell végrehajtani annak érdekében, hogy a korábban megfogalmazott hipotézisekre és kutatási kérdésekre választ adhassunk. Összesen négy elemmel egészítjük ki a modellt: beépítünk egy hosszú távú ár rugalmassági tényezőt; a megújuló áramtermelő kapacitások beruházása korábban a modellben exogén változóként jelent meg, amelyet a fejlesztés során endogénné tesszük; bemutatjuk továbbá az energiahatékonysági beruházások hatását a villamosenergia-fogyasztásra, azzal mekkora fogyasztás-csökkenést lehet elérni. Végül a szén-dioxid kvóta ára és a kibocsátott mennyiség közötti viszonyt is részletesen elemezzük.

### **IX.1. AZ EEMM MODELL FEJLESZTÉSE**

#### **IX.1.1. A villamosenergia-kereslet ár rugalmasságának meghatározása**

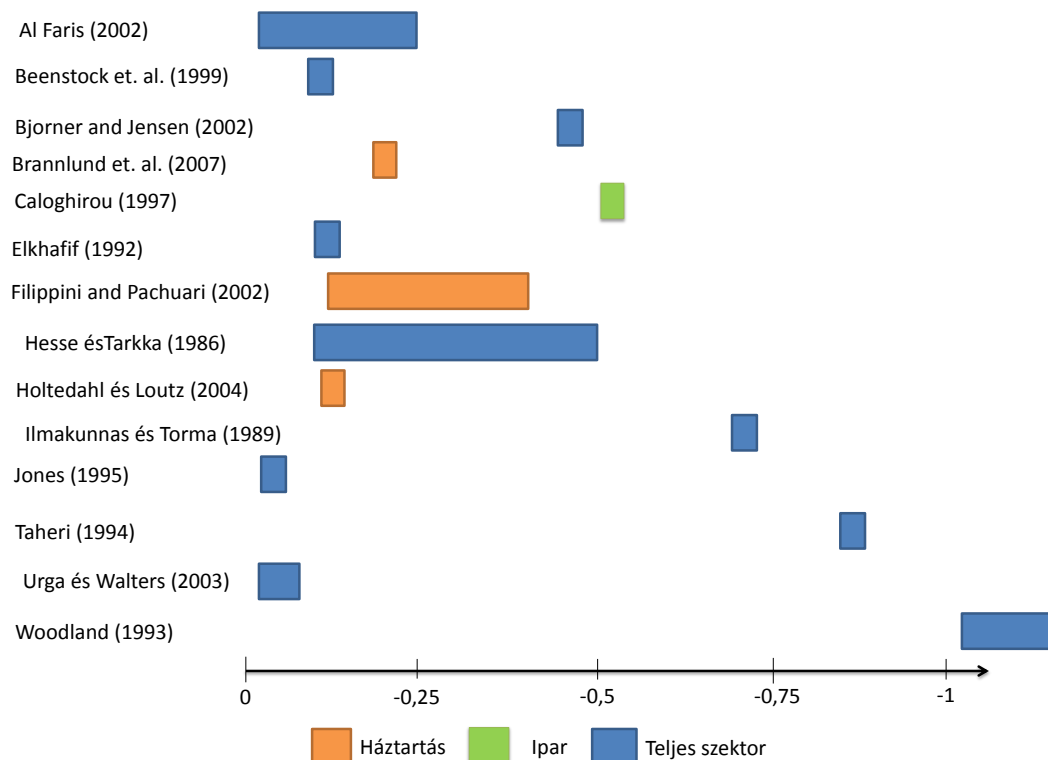
A modellezés során az egyik lényeges kérdés az ár rugalmassági együttható értéke. A legtöbb tanulmány, amely részletesen vizsgálta a villamosenergia-piacon az ár rugalmassági tényezőt, két dologban egyetért. Egyrészt a villamosenergia-fogyasztás ár rugalmassága mind rövid, mind hosszútávon rugalmatlannak tekinthető. Másrészt minél rövidebb az időtáv, annál kisebb az ár rugalmassági együttható értéke. Ugyanakkor a konkrét értékek között nagyon jelentős eltéréseket tapasztalunk. Lijesen (2007) összefoglaló tanulmányában számos kutatás eredményeit foglalta össze, amelynek eredményeit a 38. ábra és 39. ábra mutatja.

**38. ábra: A villamosenergia-fogyasztás hosszú távú (>1 év) árrugalmasság értéke különböző tanulmányok alapján**



*Forrás: Lijesen (2007) alapján saját szerkesztés*

**39. ábra: A villamosenergia-fogyasztás rövid távú (<1 év) árrugalmasság értéke különböző tanulmányok alapján**



*Forrás: Lijesen (2007) alapján saját szerkesztés*

A villamosenergia-piac modellezése során órás piacokat szimulálunk, amely órás futtatások eredményeiből kapjuk meg a megfelelő súlyozással az éves adatokat. Az órás piacok esetében alacsony árrugalmassági együttható értéket használunk. A szakirodalmi kutatások alapján ennek értékét -0,2-nek vesszük. Ugyanakkor hosszabb távon ennél nagyobb árrugalmassággal kell számolni, a szakirodalmak alapján -0,5-el kalkulálunk. Fontos észrevenni, hogy a fenti irodalmi adatok a teljes villamosenergia-költségre vonatkoznak. A modellezés során azonban csak a nagykereskedelmi árak kerülnek modellezésre (illetve a megújuló támogatás fajlagos költsége), miközben a végső villamosenergia-költség megközelítőleg felét adja az energiadíj. Mivel a rendszerhasználati díjak, illetve egyéb költségelemek jellemzően időben állandónak tekinthetők (illetve csak az inflációval nőnek), ezért feltételezzük, hogy a modellezés során a nagykereskedelmi villamosenergia-árára (illetve a nagykereskedelmi árak kiegészítve a megújuló támogatási igénnyel) vonatkozó árrugalmasság együtthatója -0,1, illetve hosszú távon -0,25.

A modellezés során a rövid távú árrugalmassági értékeket az órás szimuláció során alkalmazzuk. Ebben az esetben csak a nagykereskedelmi árakra vonatkoztatjuk, míg a hosszabb távú árrugalmasságot a következő módszerrel építjük be a modellbe.

Első lépésként két egymást követő évre lefuttatjuk a modellt a referenciafogyasztás mellett. A kialakult zsinór áram árak változása, a megújulók fajlagos támogatási igénye, illetve a hosszú távú árrugalmasság értéke megadja, hogy az előrejelzett referenciafogyasztástól mennyire tér el az árrugalmassággal kiigazított villamosenergia-fogyasztás. Képletszerűen a következőképpen adható meg egy adott évi, adott országra vonatkozó villamosenergia-fogyasztás:

$$Q_t = Q_t^{REF} \times \left( \frac{P_{t-1} - P_{2013}}{P_{t-1}} \times \varepsilon \right), \text{ ahol}$$

- $Q_t$ : A t-edik évi villamosenergia-fogyasztás
- $Q^{REF}$ : az előrejelzett referencia villamosenergia-fogyasztás
- $P_t$ : A t-edik évben az adott országra jellemző nagykereskedelmi ár, hozzáadva a megújulók támogatási igényét
- $\varepsilon$ : Hosszú távú árrugalmassági együttható értéke

### **IX.1.2. A szél és naperőművek kezelése az árampiaci modellben**

A jelenlegi árampiaci modellben minden egyes országra és technológiára külön-külön szükséges meghatározni a jelenlegi és a várható jövőbeli beépített kapacitást. Az egyes keresleti időszakokban a rendelkezésre állás technológiánként és országonként jelentősen eltér. Az adott technológiára és országra jellemző rendelkezésre állás és a beépített kapacitás

szorzataként áll elő az adott órában a termelt villamosenergia-mennyisége. A jövőbeli megújuló kapacitások esetében azzal a feltételezéssel él az árampiaci modell, hogy a beépített kapacitások a Nemzeti Megújuló Cselekvési Terveiben (NCsT) rögzítettek szerint valósulnak meg. Ezen feltételezés mentén azonban nem lennének képesek vizsgálni a megújuló támogatás hatását a különböző tényezőkre, ezért jelentős fejlesztést igényel az árampiaci modell ezen blokkja, annak érdekében hogy megfelelő eszköz legyen a kutatási kérdések és hipotézisek megválaszolására.

Az utóbbi években az újonnan épült megújuló erőművek döntő részét a szél, illetve naperőművek tették ki. Az EWEA (2013) adatai alapján 2000 és 2012 között Európában 97 GW-al nőtt a szélerőművi kapacitás, 69 GW-al pedig a fotovoltaius kapacitás. A biomassza, illetve vízerőművi kapacitások növekménye 4-4 GW. Ebből is látható, hogy az elmúlt években a megújulók közül a szél és a naperőművek dominanciája rajzolódik ki. Hasonló képet kapunk, ha megvizsgáljuk a Nemzeti Megújuló Cselekvési Terveket. A leadott NCsT-k alapján 2010 és 2020 között az új megújuló kapacitások 55 %-a lenne szélerőmű (129 GW), 28 %-a pedig naperőmű (65 GW), míg a maradék új, megújuló alapú kapacitások döntő része biomassza tüzelésű erőmű (9%) és vízerőmű (7%). (ECN, 2011). Mivel az utóbbi években pont a szélerőművek és a naperőművek esetében szembesülhetünk jelentős mértékű átlagköltség csökkenéssel, ezért ezen két technológia kínálati görbét határozzuk meg minden egyes országra és évre vonatkozóan. A többi technológia esetében a beépített kapacitásokat továbbra is exogénnek tekintjük, elfogadva az NCsT-kben lévő értékeket. A szél és naperőművek kínálati görbéjének meghatározása a következő lépésekben történik:

- a két technológia jelenlegi termelési átlagköltsége
- a várható jövőbeni átlagköltségek alakulása
- a rendszerintegrációs költségek számszerűsítése.

#### IX.1.2.1. A jelenlegi termelési átlagköltségek meghatározása

Az átlagköltségek meghatározására a szakirodalomban általánosan használt LCOE (Levelized Cost of Energy) képletet használjuk (IEA, 2010). Ez megmutatja, hogy legalább mekkora átlagos villamos energia értékesítési ár mellett gazdaságos az adott erőmű üzemeltetése. Képletszerűen a következőképpen számolható ki ennek a mutatónak az értéke:

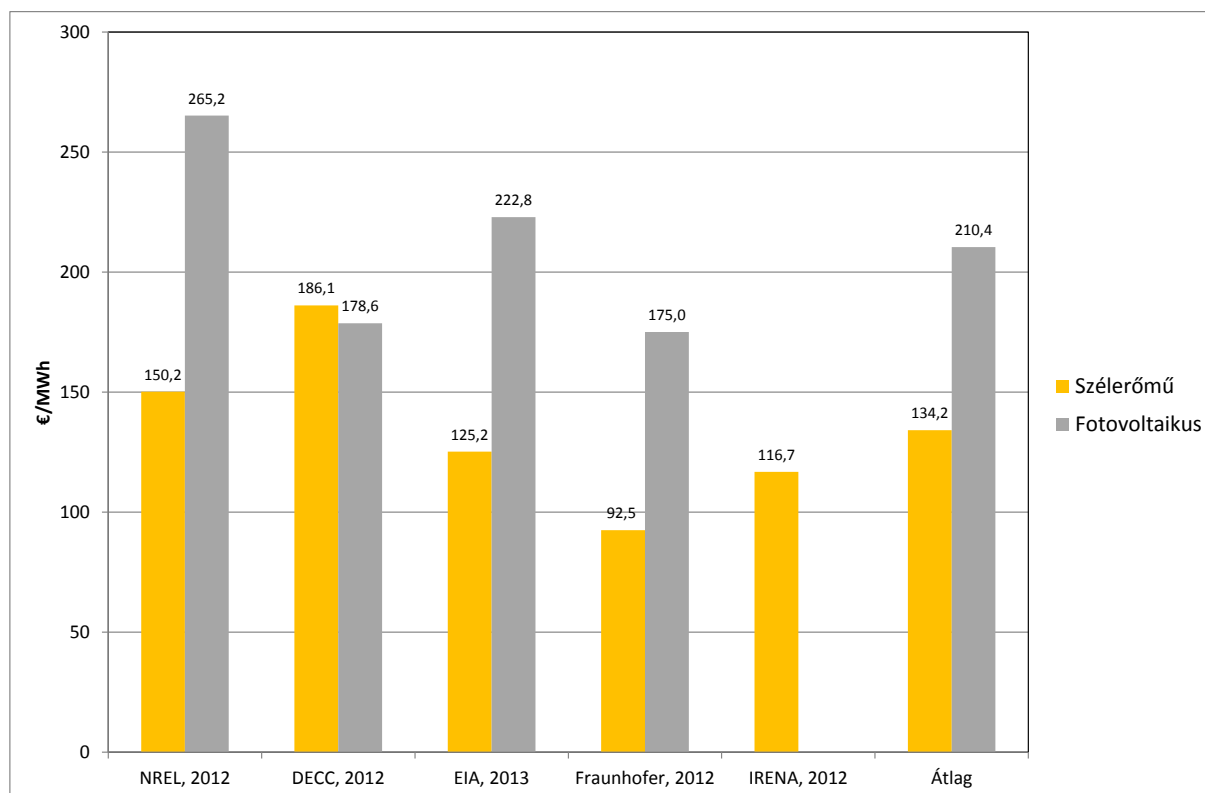
$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{BER_t + T\ddot{U}Z_t + M\ddot{U}K_t}{(1+r_t)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r_t)^t}}, \text{ ahol}$$

- n: a projekt teljes élettartama
- $BER_t$ : A t-edik évben a beruházás költsége

- $TÜZ_t$ : A t-edik évi tüzelőanyag-költség
- $MÜK_t$ : A t-edik évi teljes működési költség leszámítva a tüzelőanyag-költséget
- $r_t$ : A t-edik évre vonatkozó diszkontráta
- $E_t$ : a t-edik évben termelt villamos energia mennyisége

Számos tanulmány becsülte meg a szélerőművek és a fotovoltaikus erőművek átlagköltségét, amelyek közül négy eredményeit mutatjuk be. Ahhoz, hogy összehasonlíthatóvá váljanak ezen irodalmak, az összes költséget euróra váltottuk át és a hazai éves átlagos kihasználtságok mellett (a szélerőművek esetében 18,3 %-os, a naperőművek esetében 12,6 %-os) mutatjuk be az eredményeket. A diszkontrátát 10 %-osnak vesszük. Ezen feltevések mellett a 40. ábra mutatja a különböző tanulmányból számolt LCOE értékeket.

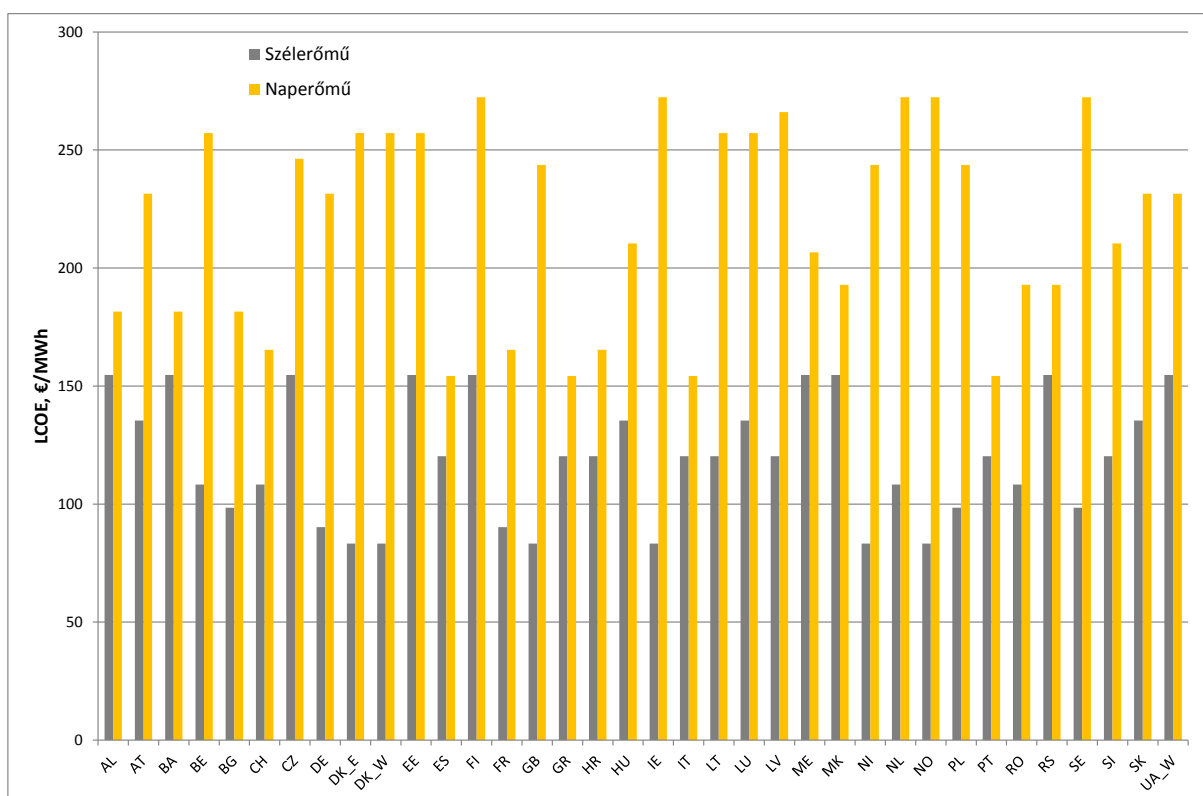
**40. ábra: Különböző tanulmányok alapján a szélerőművek és fotovoltaikus erőművek LCOE értékei a hazai viszonyokhoz adaptálva, €/MWh**



*Forrás: NREL (2012), DECC (2012), EIA (2013), Fraunhofer (2012a), IRENA (2012) alapján saját számítás*

A 40. ábra mutatja, hogy mindkét technológia esetében jelentős sávban mozog az LCOE értéke. Ha az idézett öt tanulmány egyszerű számtani átlagát vesszük, akkor a szélerőművek átlagosan 134,2 €/MWh-ás értékesítési ár mellett képesek gazdaságosan üzemelni, míg a fotovoltaikus erőművek esetében ez az érték 210 €/MWh. Mivel minden országban eltérő éves kihasználtsági értékeket használunk, ezért természetesen az LCOE értékek is eltérnek, ahogyan azt a 41. ábra is mutatja.

41. ábra: A nap és szélenergia LCOE értékei a modellezett országokban, 2013, €/MWh

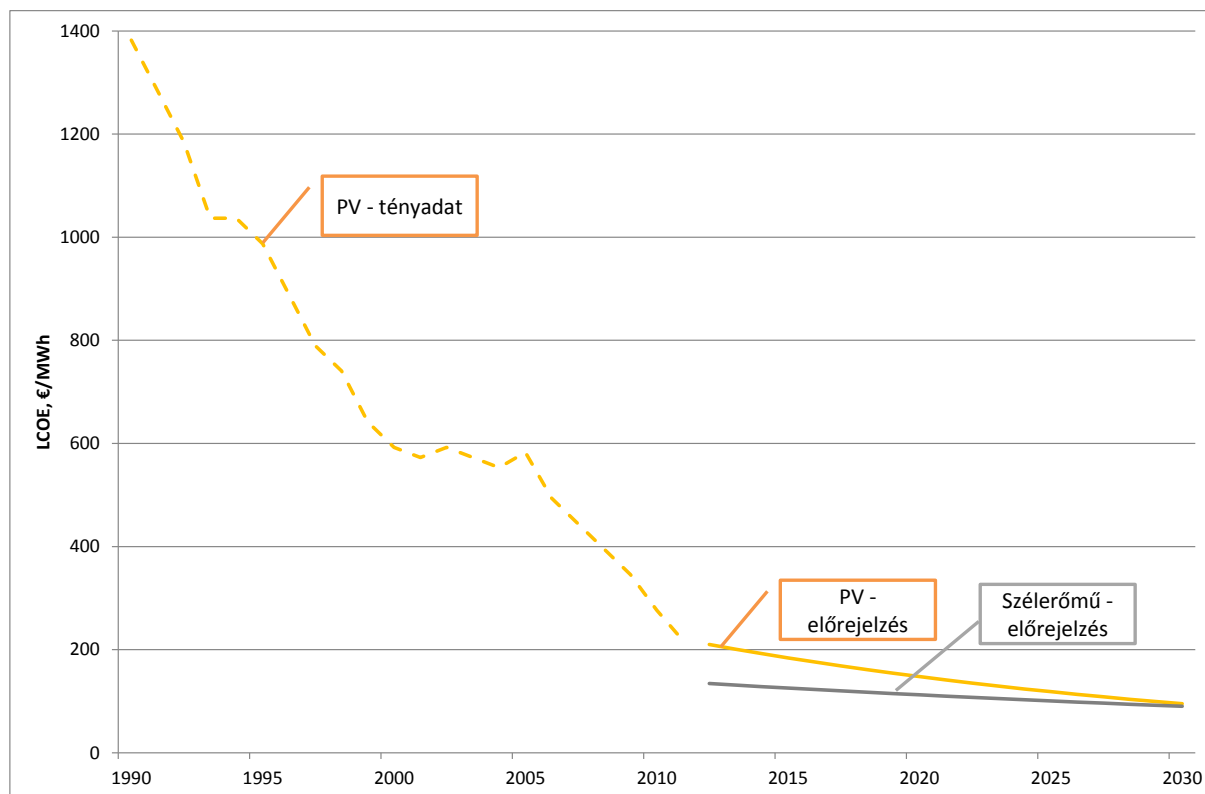


#### IX.1.2.2. A jövőbeli átlagköltségek alakulása

A modellezés során nem csak a jelenlegi költségeket kell számszerűsíteni, hanem azt is szükséges meghatározni, hogy egy olyan fotovoltaiikus vagy szélenergiai beruházás, amely például 2018-ban épül meg, várhatóan milyen átlagköltséggel képes üzemelni. Mivel mindkét technológia esetében az utóbbi években, évtizedben jelentős árcsökkenés következett be, ezért mindenképpen szükséges ennek részletes vizsgálata.

A DECC (2012), illetve Fraunhofer (2012a) készített 2030-ra vonatkozóan előrejelzést ezen technológiák várható átlagköltség alakulásáról. A két tanulmány között jelentős eltérést nem tapasztalhatunk, így azok egyszerű átlagát vesszük, amelynek eredményét a 42. ábra mutatja. Feltüntettük továbbá 1990-től kezdve a fotovoltaiikus erőművek átlagköltségének alakulását is. Látható, hogy egy drasztikus csökkenésnek vagyunk szemtanúi, de mindkét idézett tanulmány (annak ellenére, hogy mindkettő friss adatokon alapul) trendtöréssel számol és a csökkenés üteme a fotovoltaiikus erőművek esetében jelentősen lecsökken.

**42. ábra: A nap és szélenergia LCOE értékei a múltban és a várható alakulása a jövőben magyarországi kihasználtságok mellett, 1990-2030, 2012-es reálárakon**



*Forrás: Fraunhofer (2012a), Fraunhofer (2012b) és DECC (2012)*

#### IX.1.2.3. Az időjárásfüggő megújuló termelők rendszerintegrációs költsége

Ahhoz, hogy egy adott évre meghatározzuk a megújuló kínálati görbét, szükséges még azok rendszerintegrációs költségeit is figyelembe venni. Ezeket a költségeket Holtinnen et al. (2009) három csoportba osztja: hálózati költségek, rendszer megfelelőség vagy profil költség, illetve a kiegyenlítés költsége. Habár a jelenlegi szabályozás alapján ezek részben nem közvetlenül a termelőknél jelentkeznek, ugyanakkor a modellezés során feltételezzük, hogy mégis ott kerülnek elszámolásra. Ezen feltételezés oka, hogy a legjobb szabályozás, ha az fizeti meg, akinél felmerül/okozza ezen költség(eket).

Az időjárásfüggő termelők rendszerintegrációs költségének becslésére számos tanulmány született, amelyből mi két olyan átfogó munkára támaszkodunk (Holtinnen et al., 2011; Hirth, 2012), amelyek a korábbi tanulmányokat összegyűjtötték és azokat összehasonlítva lényeges következtetéseket vontak le.

##### IX.1.2.3.1 Profil költségek

A profil költségeket további két részre lehet osztani: a flexibilitás növekedés okozta költségekre, illetve az alacsonyabb kihasználtságból adódó költségekre. A villamosenergia-fogyasztás órára-órára jelentős mértékű ingadozásokkal terhelt. Számos tanulmány rámutatott arra (pl. Nicolosi, 2011), hogy minél nagyobb az időjárásfüggő megújuló termelők aránya, az

egyes órák közötti ún. maradék-fogyasztás (a tényleges fogyasztás csökkenve az időjárásfüggő-termeléssel) magasabb fluktuációt eredményez. Minél nagyobb és gyorsabb teljesítményváltozásra van szüksége a rendszernek, annál magasabb költségek mellett valósítható ez meg.

Másrészt a megújuló termelés növekedése kiszorítja a hagyományos erőművek termelését, amely alacsonyabb kihasználtsághoz vezet. Az alacsony kihasználtság pedig azt eredményezi, hogy ezen termelők esetében az átlagköltségek jelentősen emelkedhetnek. Ez megdrágíthatja mind a villamos energia nagykereskedelmi árát, mind pedig a szabályozói tartaléktartás költségét.

#### *IX.1.2.3.2 Kiegyenlítés költsége*

Az időjárásfüggő-termelők villamosenergia-termelése a szélerősség és a napsütés sztochasztikus jellegű változása miatt nem jelezhető előre teljes biztonsággal. Ebből következően minél nagyobb a szél, illetve naperőművi termelés aránya, annál nagyobb lehet a tényleges és a menetrendezett termelés közti különbség. Ez pedig egyrészt megnöveli a szabályozói kapacitások lekötését, másrészt pedig a szükséges kiegyenlítő energia mennyisége is megnövekedhet, megnövelve így a kiegyenlítés és szabályozás összes költségét.

#### *IX.1.2.3.3 Hálózathoz kapcsolódó költségek*

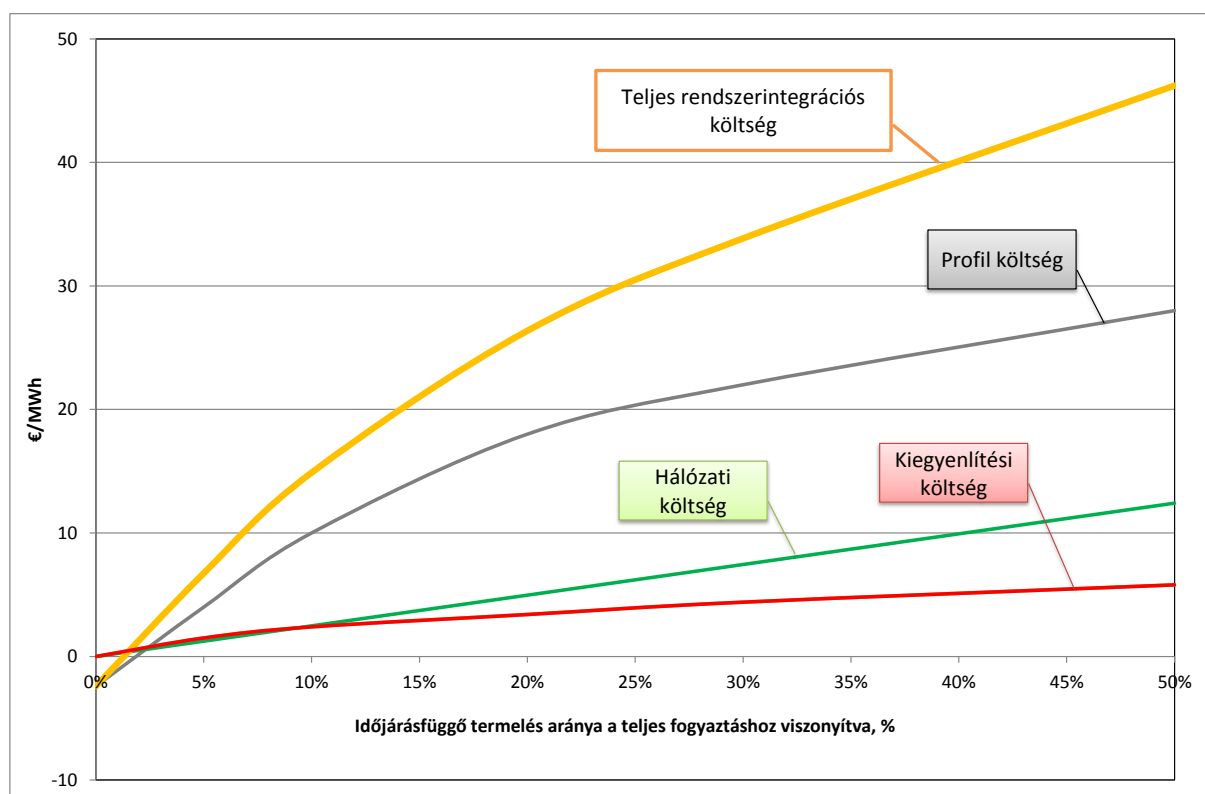
A legnehezebben becsülhető rendszerintegrációs költségek közé tartoznak a hálózathoz kapcsolódó költségek. Mivel ennek becslése igen összetett, ezért a szakirodalomban is csak korlátozottan születtek ezzel a témával foglalkozó tudományos cikkek.

#### *IX.1.2.3.4 A rendszerintegrációs költségek számszerűsítése*

A 43. ábra mutatja a rendszerintegrációs költségek összetételét. Látható, hogy a legnagyobb részt a profilköltség adja, amely 50 %-os megújuló termelési arány mellett megközelíti a 30 €/MWh-át. Ennek valamivel kisebb, mint a fele a hálózatfejlesztéshez szükséges költség, míg a kiegyenlítés költsége nem éri el 6 €/MWh-át sem.



43. ábra: Az időjárásfüggő-termelés rendszerintegrációs költségei, €/MWh



*Forrás: Hirth (2012) és Holtinnen et al. (2009) alapján saját szerkesztés*

#### IX.1.2.4. A két megújuló technológia kezelése az árampiaci modellben

Az előzőekben bemutattuk a vizsgált két technológia átlagköltség meghatározásának általunk alkalmazott módszertanát. Az árampiaci modellben ezen átlagköltségek kerülnek be, mint inputváltozók. Ha az adott országban az adott évben alacsonyabb ez az átlagérték, mint vagy a modellszámítás során alkalmazott támogatási ár, vagy támogatás nélküli esetben az egy évvel korábbi modellezett nagykereskedelmi ár (szélenergia esetében zsinór, fotovoltaikus esetében csúcs ár), akkor megépül az adott típusú erőmű, ellenkező esetben nem. Azaz az új építésnél mindig az előző évi modellfuttatási eredményekből (vagy támogatási árból) kerül meghatározásra az új megújuló termelői kapacitás. Fontos észrevenni, hogy az új kapacitások kínálati görbéje nem vízszintes, hanem emelkedő átlagköltség-görbével szembesülünk (a rendszerintegrációs költségek miatt). A modellezés során éves kapacitáskorlátot alkalmazunk. Feltételezzük, hogy egy adott évben az új megújuló erőművi termelés nem haladhatja meg a teljes országos fogyasztás 5 %-át (technológiánként külön-külön). Emellett az adott típusú időjárásfüggő termelés felső korlátja a teljes országos fogyasztás fele.

#### IX.1.3. Energiahatékonysági beruházási potenciál

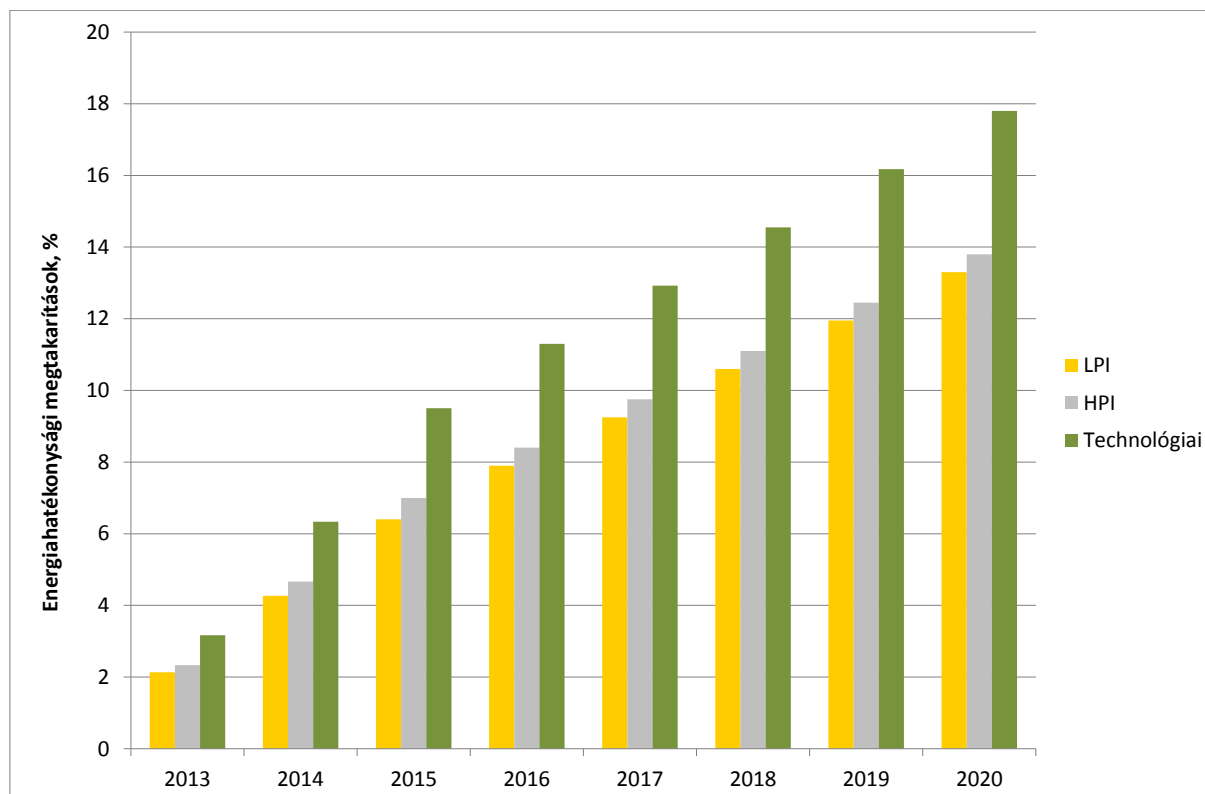
Annak érdekében, hogy elemezhessük az energiahatékonysági beruházások hatását a vizsgált változókra (megújulók elterjedése, szén-dioxid kibocsátás, villamosenergia-fogyasztás) szükséges országonként meghatározni a villamosenergia-szektor energiahatékonysági

potenciálját. A potenciál számítás során az 2009-ben a Fraunhofer (Fraunhofer, 2009) intézet által, az Európai Bizottság megrendelésére készített tanulmányt használjuk. Ez a kutatás az összes Európai Unió ország esetében azonos módszertan alapján meghatározta a négy legjelentősebb szektorban (lakosság, közlekedés, ipar, illetve tercier szektor) az energiahatékonysági potenciált. Mindegyik esetében további bontásokat képeztek. Például a kutatás során számszerűsítették az egyes országokban mekkora a hűtőszekrények összes energiafogyasztása, amiből meghatározták az energiamegtakarítási potenciált. Összesen háromféle potenciált definiált az idézett tanulmány: az ún. alacsony állami részvétel melletti gazdasági potenciál (economic potential - low-policy intensity - LPI), a magas állami részvétel melletti gazdasági potenciál (economic potential - high-policy intensity - HPI), illetve a technológiai potenciál. Az első esetben csak azon beruházásokból eredő energiamegtakarítások kerülnek számszerűsítésre, amelyek a jellemzően alkalmazott diszkontráta (8-15 %-os reál diszkontráta szektoroktól függően) mellett is megtérülők. A magas állami részvétel melletti gazdasági potenciál esetében csak azon beruházások valósulnak meg, amelyek a társadalmi diszkontráta (3 %-os reál diszkontráta) mellett is megtérülők. Végül a technológiai potenciál esetében azzal a feltevéssel éltek, hogy a megtérüléstől függetlenül minden energiahatékonysági beruházás megvalósul.

Fontos hangsúlyozni, hogy a potenciál egy adott évre vonatkozik. Két oka van annak, hogy a potenciál időben változik. Egyrészt a legjobb elérhető technológia ára csökkenhet, illetve új technológiák is beléphetnek. Másrészt pedig van egy ún. BAU pálya, amely önmagában tartalmaz egy energiahatékonysági javulást.

A tanulmányban a szerzők százalékosan, illetve abszolút értékben is meghatározták az energiahatékonysági potenciálokat. Mivel ezen elemzés a gazdasági válság előtt készült, ezért egy igen erőteljes fogyasztás-növekedéssel számol. Ezért mi célszerűnek tartjuk, hogy a százalékos értékeket használjuk az általunk becsült villamosenergia-fogyasztáshoz viszonyítva. A 44. ábra mutatja Magyarország esetében a három különböző potenciál százalékos értékeit. Hangsúlyozandó, hogy az itt bemutatott potenciálok csak a villamosenergia-fogyasztásra vonatkoznak, az egyéb tüzelőanyagokra nem. Az összes modellezett országra az idézett tanulmányban szereplő százalékos értékeket használjuk.

**44. ábra: A magyarországi energiahatékonysági beruházások által elérhető villamosenergia-megtakarítás, %**



*Forrás: Fraunhofer (2009) alapján saját szerkesztés*

#### **IX.1.4. A szén-dioxid árának endogénné tétele**

Az árampiaci modell jelenlegi állapotában a szén-dioxid kvóta mennyisége nem jelenik meg a modellben, a modellezés során inputként kerül meghatározásra a szén-dioxid kvóta ára. Ugyanakkor annak érdekében, hogy a kvótaszűkítés/kvótabővítés hatását becsülni lehessen, szükséges a modell fejlesztése, amelynek során az árampiaci modellt képessé tesszük arra, hogy ne a kvóta ára legyen a modell inputja, hanem a kvóták mennyisége.

A 2005-2012 közötti éves verifikált kibocsátási adatok alapján a kötelezett létesítmények 71-73%-át a villamosenergia-termelő és hőtermelő létesítmények adják, míg a maradékot a nagy, pontszerű kibocsátással bíró ipari ágazatok (EEA, 2013). Ahogy azt korábban említettük a kvóta kínálatát az Európai Bizottság határozza meg azáltal, hogy éves szinten maximalizálja a kiosztható kvóták mennyiségét. A keresletet pedig a kötelezett létesítmények CO<sub>2</sub> elhárítási határköltség-görbéje határozza meg.

Az ETS kibocsátás három fő szegmensre bontható: az ipari szektorok, a távhőtermelők, illetve a villamosenergia-termelők kibocsátására. Az ipari szektor létesítményei további két alszegmensre tagolhatóak: azon létesítményekre, amelyek már 2008-2012 között is az ETS alá tartoztak, illetve az újonnan bekerültekre. Az előbbi esetben feltételeztük, hogy a 2013-as kibocsátása megegyezik a 2008-2012-es évek átlagával, míg az újonnan bekerült

létesítmények emissziójára vonatkozóan a Bizottság becslését (EU, 2012) fogadtuk el. Mindkét szegmens esetében feltételeztük, hogy a BAU pálya esetén, tehát ha nem lenne szén-dioxid kereskedelem, a szektor kibocsátása az európai átlagos reál GDP-vel arányosan változik.

A távhőtermelés esetében megvizsgáltuk a 2003-2011-es EU27-re vonatkozó távhőtermelési adatokat (Eurostat, 2013). A felhasznált tüzelőanyag, illetve a fajlagos szén-dioxid kibocsátási tényezők alapján számszerűsítettük ezen szektor szén-dioxid emisszióját. Továbbá azzal a feltevéssel éltünk, hogy a vizsgált időtávon a távhőtermelők szén-dioxid kibocsátása nem változik (19. táblázat).

**19. táblázat: A tervezett kiosztott EUA mennyisége, illetve az egyes szektorok BAU forgatókönyv szerinti szén-dioxid kibocsátás, millió tonna**

	Tervezett kiosztott mennyiség	Korábban is ETS ipari létesítmények BAU kibocsátása	Újonnan belépő ipari létesítmények BAU kibocsátása	Összes ipari szektor BAU kibocsátása	Távhőtermelés szén-dioxid kibocsátása
2013	2 039	512	113	625	145
2014	2 004	516	114	630	145
2015	1 968	524	116	640	145
2016	1 933	535	118	653	145
2017	1 897	546	121	667	145
2018	1 862	558	123	681	145
2019	1 826	567	125	692	145
2020	1 791	577	127	704	145

*Forrás: EU (2012), Eurostat (2013), IMF (2013) alapján saját számítás*

Az európai árampiaci modell segítségével lehetőség nyílik arra, hogy a villamosenergia-szektor CO<sub>2</sub> kibocsátásának elhárítási görbét becsüljük. Alapvetően háromféle elhárítást különböztethetünk meg ezen szektor esetében:

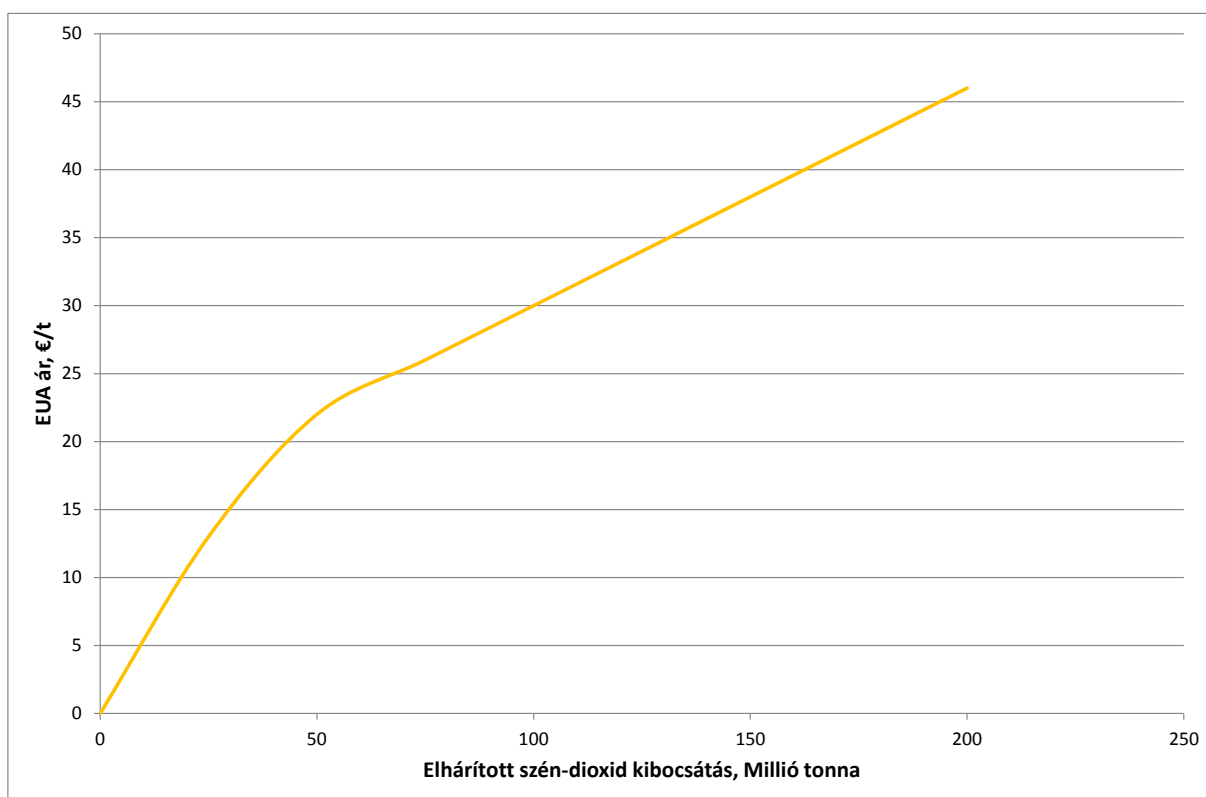
- technológia alapú elhárítás (pl.: Széndioxid leválasztás és tárolás - CCS, szénelgázosító gáz/gőz körfolyamat - IGCC, stb.).
- hatásfokjavítás az egyes erőművekben
- tüzelőanyag-váltás.

Az első opció technológia szempontjából elég kiforratlan, 2020 előtt tömeges megjelenése nem valószínűsíthető. Másrészt ezen opció gyakorlatilag egy ársapkaként működhet, azaz egy bizonyos CO<sub>2</sub> ár mellett valósulnak meg tömegesen ezek a beruházások. A második opció hatása kismértékű, és jellemzően ezen erőműfejlesztéseket csak kis mértékben a szén-dioxid kibocsátás csökkentése ösztönzi. A legfontosabb elhárítási lehetőség a harmadik, azaz a tüzelőanyag-váltás. Ebben az esetben nem arról van szó, hogy egy adott erőmű vált tüzelőanyagot, hanem például a szenes erőművek többet/kevesebbet termelnek és a gázos erőművek villamosenergia-termelése pedig csökken/növekszik.

Mivel a modellezés során csak a villamosenergia-szektor kibocsátását modellezzük, ezért szükséges valamifajta feltételezéssel élnünk az ipari szektor szén-dioxid elhárítási görbéjére

vonatkozóan. Trotignon (2012) egy Zephyr nevezetű modell segítségével megbecsülte az ipari szektor elhárítási görbáját, amelyet a 45. ábra mutat.

**45. ábra: Az ipari szektor szén-dioxid elhárítási határköltség görbéje**



*Forrás: Trotignon (2012)*

A modellezés során tehát exogénnek tekintjük az ipari szektor BAU kibocsátását, illetve a távhőtermelés szén-dioxid kibocsátását. Ezek után azt vizsgáljuk, hogy milyen szén-dioxid kvóta ár mellett lesz egyenlő a tervezett kiosztott mennyiség és a kibocsátott mennyiség. Amely mellett ez a két érték megegyezik, az lesz a kialakuló egyensúlyi szén-dioxid kvóta ára. Fontos észrevenni, hogy az EUA árát befolyásolja egyrészt a villamosenergia-szektor kibocsátása, másrészt pedig az ipari szektor szén-dioxid elhárítása is.

## **IX.2. AZ ELSŐ, KK<sub>1</sub> KUTATÁSI KÉRDÉS VIZSGÁLATA**

*KK<sub>1</sub>: Annak a kérdésnek a számszerű vizsgálata, hogy azokban a szabályozó eszköz kombinációkban, amelyek esetében elméletileg nem lehet egyértelműen azonosítani az egyes tényezőkre (megújuló alapú villamosenergia-termelés, szén-dioxid kibocsátás alakulása, illetve energiahatékonysági beruházások alakulása) való hatás irányát, ténylegesen hogyan változnak ezek a tényezők, ha növeljük a megújuló támogatást, energiahatékonysági beruházás támogatás nagyságát, jövedéki adó szintjét, illetve szűkítjük a szén-dioxid kvóták mennyiségét.*

Összesen hét olyan szabályozó eszközkombinációt azonosítottunk (12. táblázat), amely esetekben elméleti bizonyítás révén nem lehet megválaszolni azt a kérdést, hogy ezek milyen irányban változtatják meg az általunk vizsgált három legfontosabb tényezőt: a megújuló termelést, a villamosenergia-fogyasztást, illetve a szén-dioxid kibocsátást. Az európai villamosenergia-piacot szimuláló versenypiaci modell segítségével adunk számszerű választ erre a kérdésre.

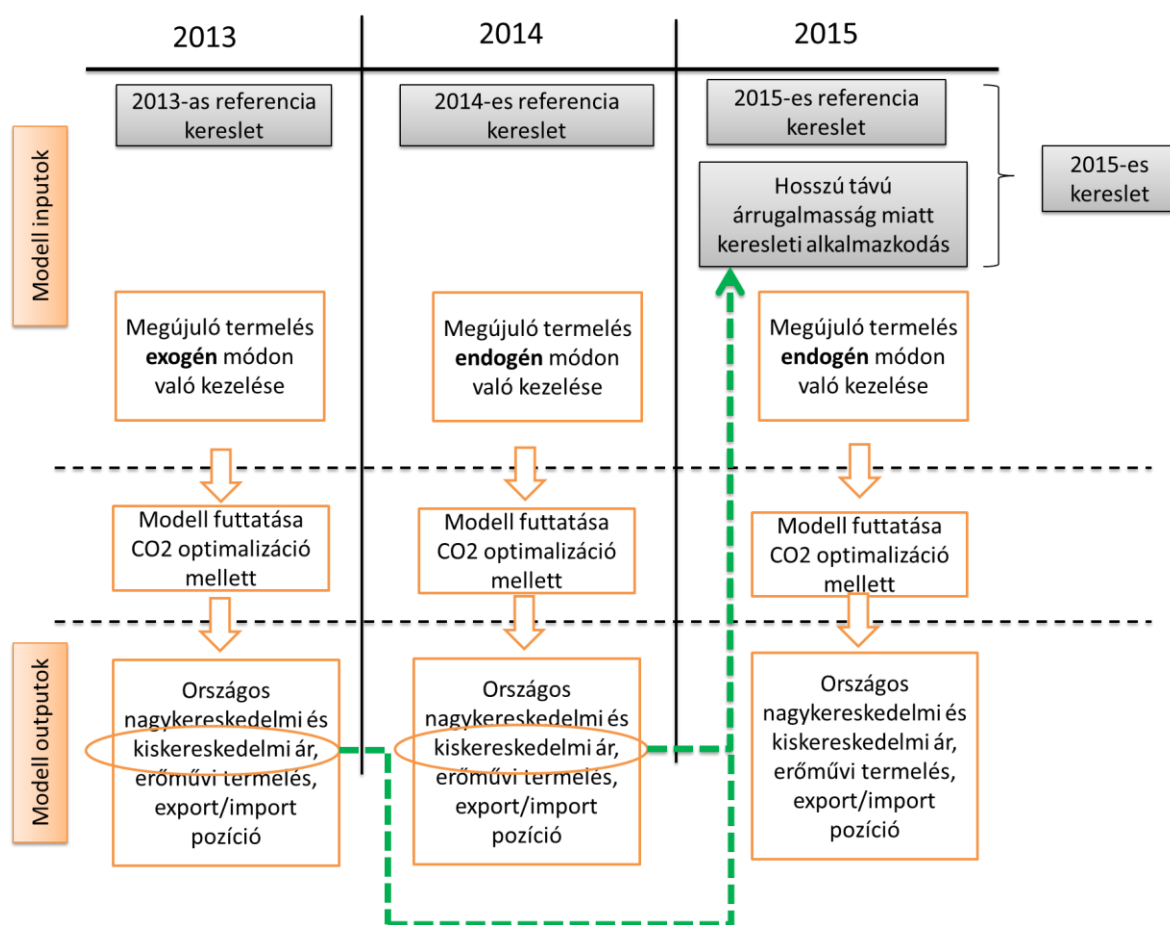
A kutatási kérdés elemzése során egy olyan hipotetikus esetből indulunk ki, amelyben semmiféle szabályozó eszközt nem alkalmazunk: nem létezik európai szén-dioxid kereskedelem, megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházási támogatások egyik modellezett országban sem működnek, illetve a felhasznált tüzelőanyagra nem vetnek ki ezen országok jövedéki adót. A továbbiakban ezt nevezzük referencia esetnek.

A referencia esethez képest folyamatosan szigorítjuk az egyes szabályozó eszközöket: például növeljük a jövedéki adót, szűkítjük az összes kibocsátható szén-dioxidot és így tovább. Ezeknek olyan kombinációit vizsgáljuk, amelyek esetében a három legfontosabb tényezőre (megújuló termelés, szén-dioxid kibocsátás, energiahatékonysági beruházások alakulása) gyakorolt hatás iránya nem egyértelmű.

Ezen kutatási kérdés során a vizsgált országok körét nem szűkítjük le az Európai Unió tagországaira, hanem az összes modellezett, 36 országra kapott eredményeket vesszük figyelembe. Továbbá minden modellezett országra vonatkozóan a szabályozó eszközöket azonos módon alkalmazzuk: egységes jövedéki adót feltételezünk, egységes megújuló támogatást, illetve egységes energiahatékonysági beruházásokat feltételezünk.

Minden egyes szabályozó eszköz kombinációban három évre futtatjuk le a modellt: 2013-ra, 2014-re, illetve 2015-re. A 46. ábra mutatja, hogy miért van szükség egy-egy eset vizsgálatánál három évre is szimulálni a villamosenergia-piacot.

46. ábra: A kutatási kérdés modellezésének sematikus ábrázolása



A három futtatási év jelentősen különbözik egymástól. Az első, 2013-as évben a megújuló termelést a modell teljesen exogénnek tekinti. Ekkor feltételezzük, hogy a Nemzeti Megújuló Cselekvési Tervekben szereplő, 2013-ban építendő új erőművi kapacitás épül ki. Ezt követően a szén-dioxid emisszió korlát<sup>15</sup> mellett a modell többek között országonként számszerűsíti a nagykereskedelmi, kiskereskedelmi villamosenergia-árakat, a különböző típusú erőművi termeléseket, illetve a nettó villamosenergia-exportot. A 2014-es év futtatása során az időjárásfüggő megújulókat (szél, illetve naperőművek) már endogén módon kezeljük, míg a többi megújuló erőforrás esetében továbbra is a Nemzeti Cselekvési tervekben szereplő kapacitásértékeket használjuk. Ha olyan szabályozó eszköz mixet vizsgálunk, amely esetben megújuló támogatás van érvényben, akkor annyi megújuló kapacitás épül az adott országban, adott típusú erőforrásból, amely mellett az átlagköltségük megegyezik a támogatási árral. Ha nincs megújuló támogatás, akkor az egy évvel korábbi nagykereskedelmi ár lesz az irányadó. A 2014-ben kialakuló kiskereskedelmi ár megegyezik a 2014-es nagykereskedelmi ár és a megújulók fajlagos támogatási költségével. 2015-ben hasonló módon határozható meg a szél és naperőművi kapacitás.

<sup>15</sup> Ezen kutatási kérdés vizsgálata során az emisszió kereskedelmet az összes modellezett országra kiterjesztettük.

Míg 2013-ban és 2014-ben is minden egyes ország esetében az általunk becsült fogyasztást vesszük alapul, addig 2015-re ez a helyzet némiképp változik. Ebben az esetben szintén a referenciafogyasztásból indulunk ki, de ezt minden ország esetében módosítjuk a hosszú távú árrugalmasságból származó fogyasztásváltozással. Ennek számítása esetében a 2013-ról, 2014-re módosuló kiskereskedelmi árat vesszük alapul, ezáltal a keresleti alkalmazkodást is figyelembe vesszük a modellezés során.

A kutatási kérdés vizsgálatakor csak a 2015-ös értékeket elemezzük, és az outputokat a könnyebb értelmezhetőség és elemezhetőség kedvéért aggregáljuk. A villamosenergia-fogyasztást, a különböző típusú erőművek villamosenergia-termelését, illetve az országos szén-dioxid kibocsátásokat összegezzük, míg a nagykereskedelmi és kiskereskedelmi árakat súlyozottan adjuk össze, ahol a súlyok az adott ország 2015-ös évi fogyasztási arányával egyeznek meg.

A következőkben részletesen bemutatjuk, hogy a vizsgált hét szabályozó eszköz mix esetében a modellezési eredmények alapján milyen következtetéseket vonhatunk le.

#### **IX.2.1. Megújuló támogatás emisszió kereskedelmi rendszer nélkül**

A megújuló támogatás révén növekszik a megújulók aránya. Feltételezzük, hogy a megújulók nagyon alacsony határköltségen állítanak elő villamos energiát (egyes támogatási formák esetében ráadásul nem is a versenypiacra értékesítik a megtermelt áramot), ezért a megújulók elterjedésével csökken a nagykereskedelmi ár. A megújulók támogatása szektoron belüli finanszírozás esetében növeli a kiskereskedelmi villamosenergia-árat. Ugyanakkor modellezés nélkül nem lehet megmondani, hogy melyik hatás erősebb: a nagykereskedelmi ár csökkenése vagy a megújulók fajlagos támogatásának mértéke. Mivel a kiskereskedelmi ár változása a megújuló támogatás nélküli esethez képest bizonytalan, ezért bizonytalan az energiahatékonysági beruházásokra való hatás is. Ráadásul az esetleges kiskereskedelmi ár csökkenése révén még az összes fogyasztás is növekedhet.

A modellezési eredmények főbb outputjait mutatja az 47. ábra. A vízszintes tengelyen a szélerőműben termelt villamos energia kötelező átvételi árát<sup>16</sup> mutatjuk. Feltételezzük, hogy a fotovoltai átvételi ár minden esetben az 1,7-szerese a szélerőművinek. Ezen érték megegyezik a két technológiai jelenlegi átlagos LCOE értékének hányadosával. Így például a 80 €/MWh-ás szélerőművi átvételi árhoz, 136 €/MWh-ás fotovoltai átvételi ár tartozik.

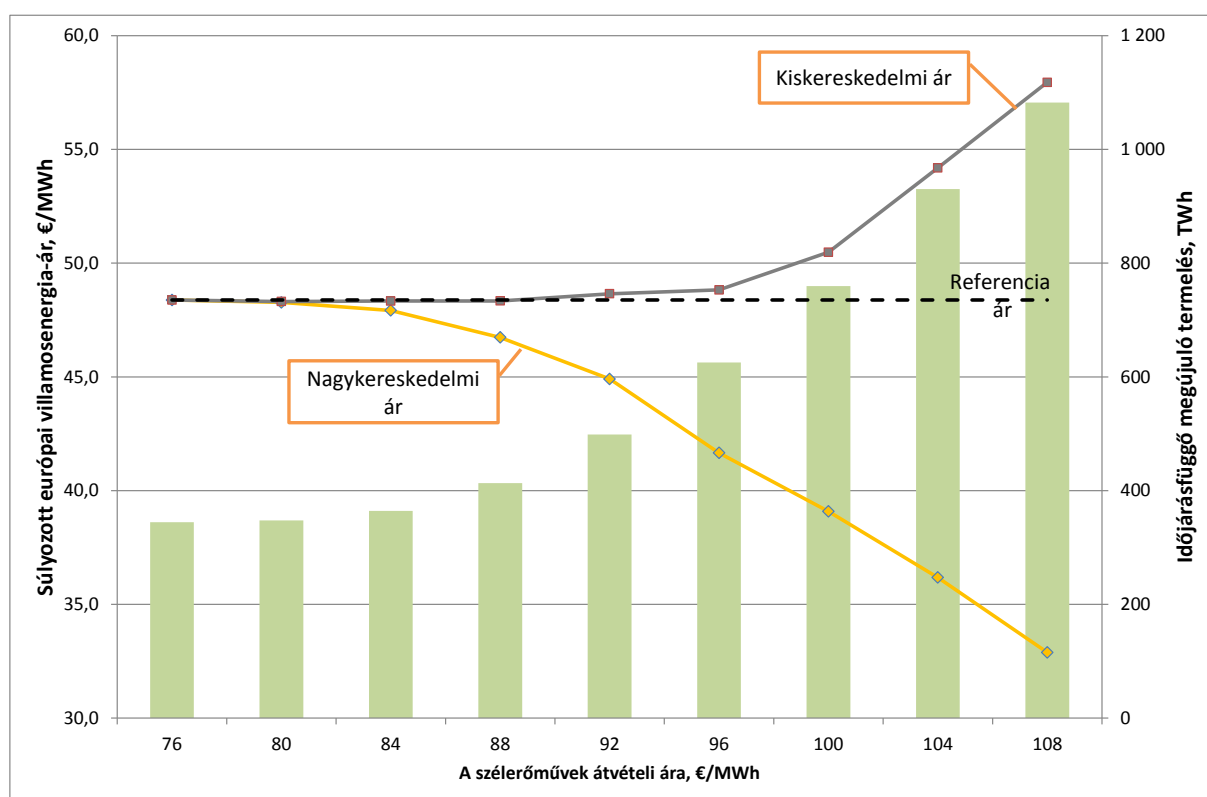
Ha nő a megújuló támogatás szintje, akkor egy bizonyos szintig stagnál a kiskereskedelmi ár, míg a nagykereskedelmi ár folyamatosan csökken a megújuló termeléssel párhuzamosan. A nagykereskedelmi ár 88 €/MWh-ás szélerőművi (=150 €/MWh-ás fotovoltai átvételi ár) támogatási szint felett jelentősen csökken. A kiskereskedelmi árakban 100 €/MWh-ás

<sup>16</sup> Zöld bizonyítvány esetében a nagykereskedelmi ár és a forgalmazható zöld bizonyítvány árának összege.



szélerőművi átvételi tarifa mellett már meredek emelkedés tapasztalható. Mivel a villamosenergia-fogyasztás mértéke a kiskereskedelmi ár függvénye, ezért azt mondhatjuk, hogy a megújuló támogatás növekedésével egy bizonyos szintig stagnál a fogyasztás, illetve az energiahatékonysági beruházások ösztönzése sem változik meg, míg egy bizonyos szint felett csökken a fogyasztás, viszont nő az energiahatékonysági beruházások megtérülése. A szén-dioxid emisszió folyamatosan, monoton csökken a támogatás emelkedésével: míg a referencia esetben a villamosenergia-szektor és az ETS alá tartozó ipari szektorok kibocsátása 2,2 milliárd tonna, addig a legmagasabb vizsgált megújuló támogatási szint mellett ez 1,8 milliárdra csökken.

**47. ábra: A villamos energia kiskereskedelmi ára, nagykereskedelmi ára, illetve a megújuló termelés alakulása különböző megújuló támogatási szint mellett**



## IX.2.2. Megújuló támogatás és jövedéki adó együttes alkalmazása emisszió kereskedelmi rendszer nélkül

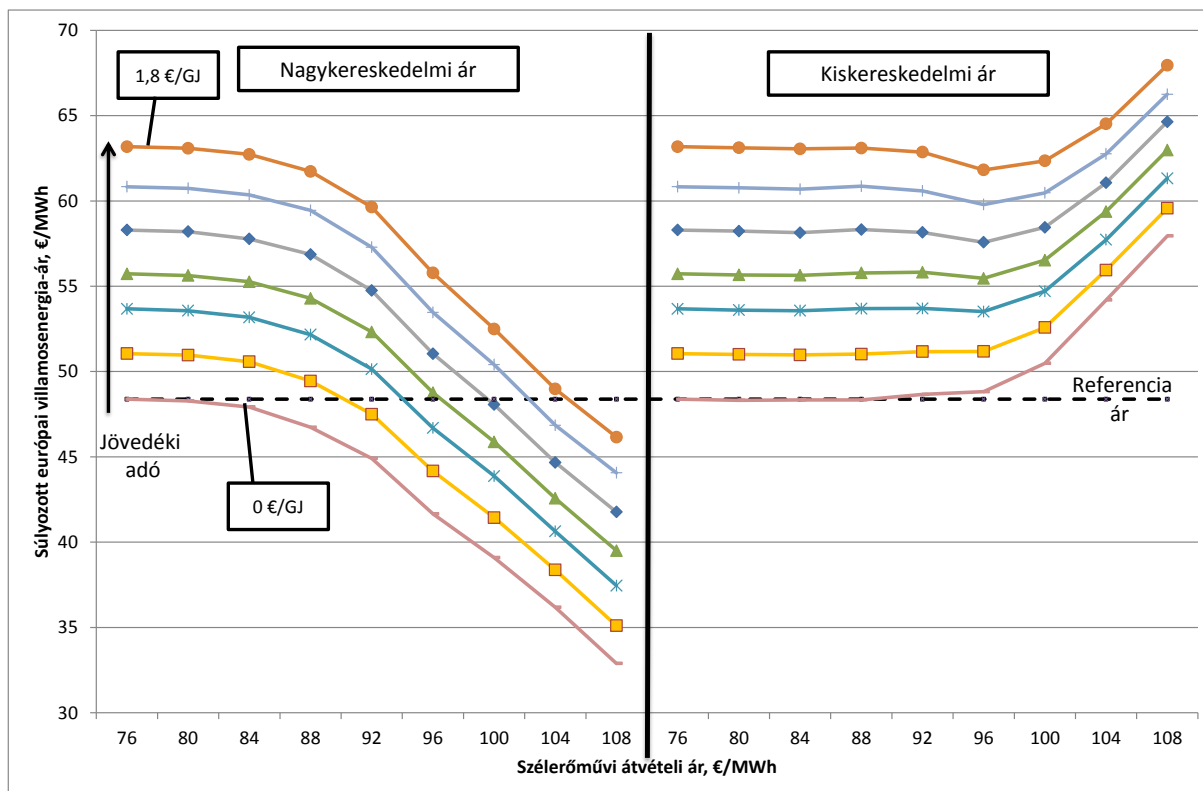
Ahogy az előzőekben is bemutattuk a megújuló támogatás szintjének emelkedésével csökken a nagykereskedelmi ár, illetve egy bizonyos támogatási szint felett nő a kiskereskedelmi ár. Ezzel szemben a jövedéki adó növeli a fosszilis erőművek határköltségét, amely növeli a nagykereskedelmi árakat (és a kiskereskedelmi árakat is), azaz két ellentétes hatással szembesülünk.

A jövedéki adó esetében azzal a feltevéssel éltünk, hogy annak mértéke mindegyik országban és fosszilis tüzelőanyagra vonatkozóan is megegyezik. A 48. ábra ábra különböző megújuló

támogatási szint, illetve különböző jövedéki adó szint mellett mutatja a nagykereskedelmi és kiskereskedelmi árak alakulását. A jövedéki adó szintjét 0,3 €/GJ-onként emeltük, így a 0-1,8 €/GJ adószint mellett ábrázoltuk a kapott eredményeket. Ez utóbbi érték 15-30 €/MWh-al növeli meg a fosszilis erőművek határkölségét.

Ahogy a modellezési eredmények mutatják (48. ábra), a megújuló támogatás önmagában sem képes csökkenteni a kiskereskedelmi árakat, ezért természetesen a jövedéki adóval kiegészített szabályozói eszközmix sem képes erre. A nagykereskedelmi ár azonban jelentősen csökkenhet egy olyan világállapothoz képest, amikor nincsen semmiféle szabályozó eszköz. Továbbá minél magasabb a jövedéki adó, illetve a megújuló támogatás szintje, annál kisebb lesz a szén-dioxid kibocsátás, így minden jövedéki adó, illetve megújuló támogatási szint kombináció mellett alacsonyabb lesz a szén-dioxid kibocsátás, mint a referencia esetben.

**48. ábra: A villamos energia kiskereskedelmi árának és nagykereskedelmi árának alakulása különböző megújuló támogatási és jövedéki adószintek mellett**

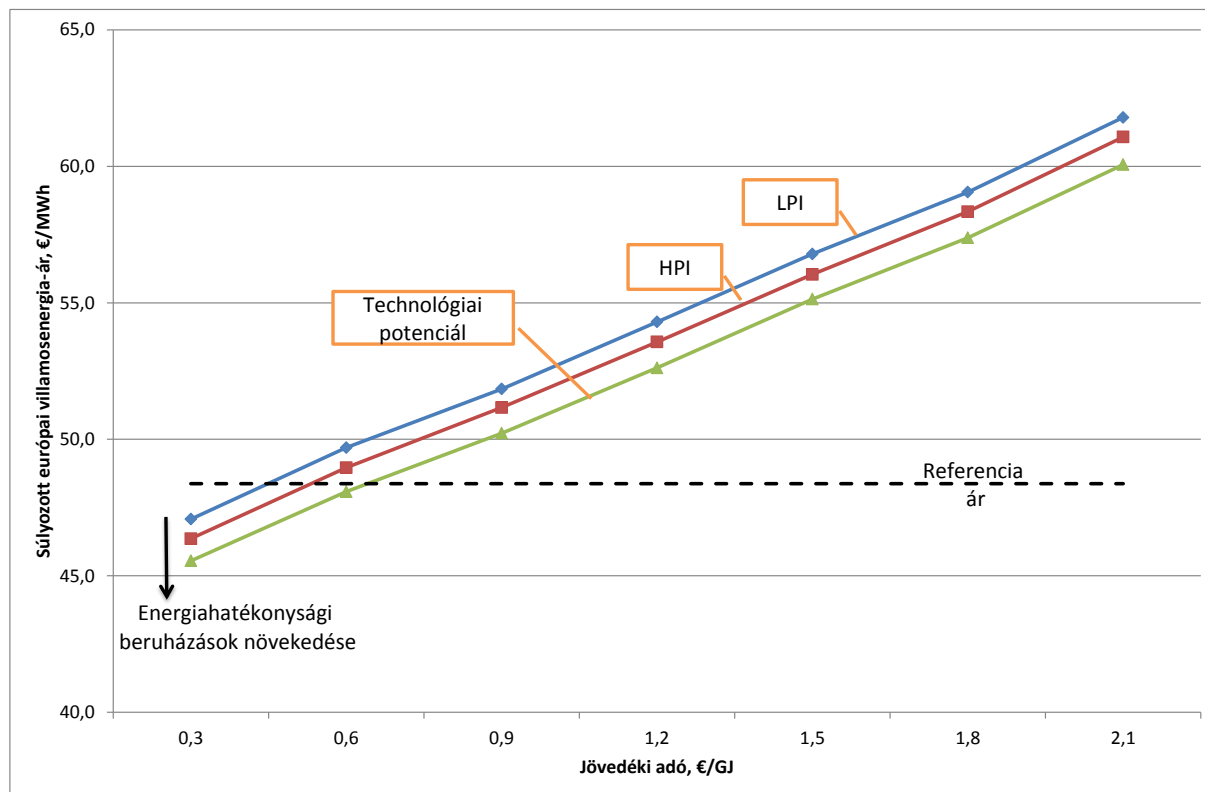


### IX.2.3. Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházások támogatása emisszió kereskedelmi rendszer nélkül

A jövedéki adó növeli a határkölséget, azaz a merit order görbét felfelé tolja, míg az energiahatékonysági beruházások a keresleti görbére hatnak, azt balra elmozdítva. Mivel csökken a kereslet, de a kínálati görbe felfelé tolódik, ezért a két görbe meredeksége határozza meg a nagykereskedelmi villamosenergia-árakra gyakorolt hatást. Mivel a

nagykereskedelmi árak alakulásának iránya nem egyértelmű, ezért a megújuló kapacitások építésének ösztönzésére való hatás sem triviális.

**49. ábra: Jövedéki adó, illetve energiahatékonysági beruházási támogatás mellett a nagykereskedelmi árak alakulása**



*\*HPI: magas állami részvétel melletti gazdasági potenciál; LPI: alacsony állami részvétel melletti gazdasági potenciál*

Az 49. ábra szemlélteti, hogy a modellezés eredménye alapján a jövedéki adó növekedésével emelkedik a villamosenergia-ára, míg az energiahatékonysági beruházások hatására csökken az ár. Tehát minél alacsonyabb a jövedéki adó és minél nagyobb az energiamegtakarítás, annál olcsóbb lesz a nagykereskedelmi ár. A fosszilis tüzelőanyagokra 0,6 €/GJ-os kivetett jövedéki adó esetében az energiahatékonyság már nem képes ellensúlyozni a termelési határköltség emelkedését. E szint felett magasabb lesz a kialakuló nagykereskedelmi ár, mint a referencia esetben, amikor sem energiahatékonysági beruházás támogatás nem létezik, sem jövedéki adót nem alkalmazunk. Az alacsonyabb villamosenergia-ár megújuló támogatási rendszer nélkül alacsonyabb megújuló elterjedtséghez vezet (vagy legalábbis nem magasabb), így ha magas a jövedéki adó, akkor az kedvez a megújulók elterjedésének.

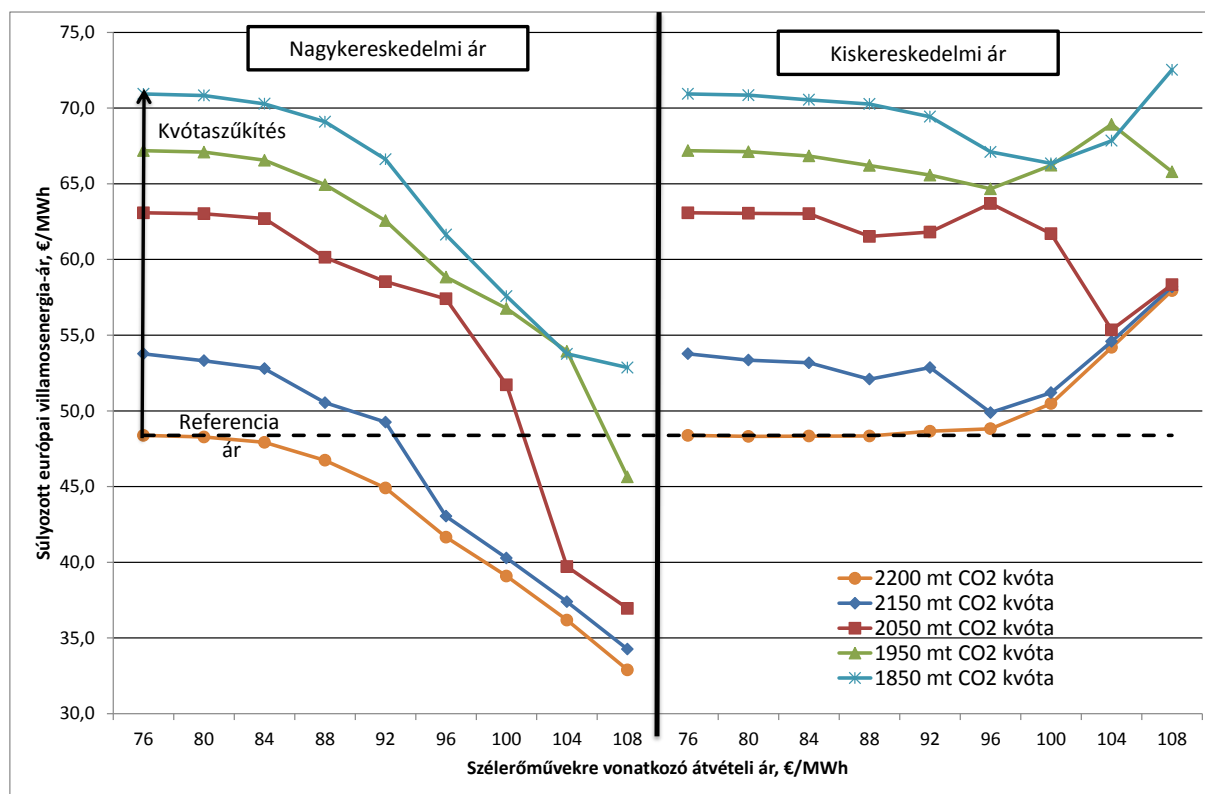
A vizsgált energiahatékonysági beruházások hatására minden esetben csökken a fogyasztás, azaz az alacsonyabb villamosenergia-árból következő fogyasztásnövekedés nem képes ellensúlyozni ezt a hatást. Ez egyben a szén-dioxid kibocsátás mérséklődéséhez is vezet, hiszen kisebb lesz a kereslet a fosszilis erőművek által termelt villamos energiára.

#### IX.2.4. Megújuló támogatás emisszió kereskedelem mellett

Az emisszió kereskedelmi rendszer bevezetése megdrágítja a fosszilis erőművek termelésének határköltségét: minél szűkebb az emissziós sapka, annál magasabb lesz a határköltségük. A megújulók támogatása kizorít fosszilis termelést, amely csökkenti a nagykereskedelmi árat, de önmagában bizonytalan hatással bír a kiskereskedelmi árakra vonatkozóan. Így a két szabályozó eszköz hatásának iránya ellentétes a nagykereskedelmi villamosenergia-árakra.

Az 50. ábra különböző emissziós sapkák, illetve megújuló támogatási szint mellett ábrázolja a súlyozott európai nagykereskedelmi, illetve kiskereskedelmi árakat. Az ábrán a legalsó (narancssárga) vonal mutatja azt az esetet, ha nincsen emisszió kereskedelem. Ebben az esetben 2,2 milliárd tonna a villamosenergia-szektor és az ipari szektor által kibocsátott szén-dioxid emisszió.

50. ábra: Különböző megújuló támogatás és emissziós sapka mellett a nagykereskedelmi és kiskereskedelmi árak alakulása



Látható, hogy minél magasabb a megújuló támogatás és minél kevésbé szűk a sapka, annál alacsonyabb lesz a nagykereskedelmi ár, amely bizonyos szint esetén még a referencia esethez képest is alacsonyabb lehet. Habár hasonló összefüggés figyelhető meg a kiskereskedelmi árak esetében is, azzal a különbséggel, hogy nincs olyan emissziós sapka-megújuló támogatási szint kombináció, amely mellett alacsonyabb a kiskereskedelmi ár, mint a referencia esetben.

Az ábrán nem minden esetben figyelhetőek meg egyértelmű trendek. Ennek oka a hatások összetettségében keresendőek: ha növekszik a megújuló termelés, az önmagában kiszorítja a legdrágább fosszilis erőművi termelést, így csökken a nagykereskedelmi ár. Ugyanakkor a kiszoruló termelés miatt csökken a szén-dioxid kvóta ára, amely tovább csökkenti a villamos energia nagykereskedelmi árát. A csökkenő nagykereskedelmi ár viszont adott támogatási szint mellett növeli a fajlagos megújuló támogatást, így növelő hatást gyakorolva a kiskereskedelmi árra.

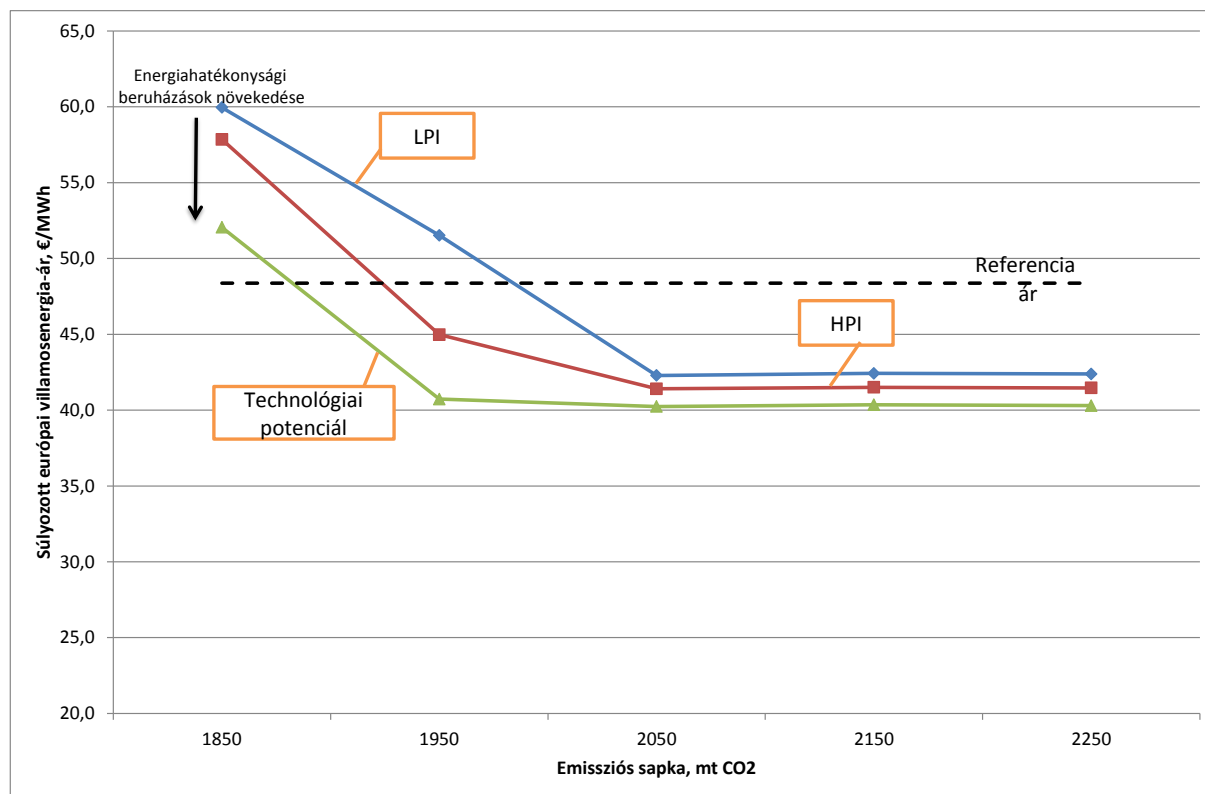
#### **IX.2.5. Energiahatékonysági beruházási támogatás emisszió kereskedelmi rendszer mellett**

Ahogy az korábban is bemutattuk az emisszió kereskedelem bevezetése megnöveli a fosszilis erőművek határköltségét, amely a villamosenergia-árak emelkedéséhez vezet. Az energiahatékonysági beruházások viszont pont ellentétes hatással bírnak. A keresleti görbe balra tolódásával csökken a kialakuló egyensúlyi ár.

Az emisszió kereskedelem-energiahatékonysági beruházások támogatása eszközkombináció teljesen hasonlóan működik, mint a jövedéki adó-energiahatékonysági beruházás támogatás: magas szén-dioxid kvóta mennyiség (=kevésbé szűk sapka) és magas energiahatékonysági beruházási támogatás esetén a kialakuló villamosenergia-ára alacsonyabb lehet, mint a referencia esetben.

Hasonlóan a jövedéki adó-energiahatékonysági beruházás eszközkombinációhoz a villamosenergia-fogyasztás csökken, a szén-dioxid emisszió mértéke pedig maximum a kiosztott emissziós kvóta mennyiségével egyenlő. A megújuló erőforrások elterjedtsége attól függ hogyan alakul a nagykereskedelmi ár: ha az alacsonyabb, mint a referencia esetben, akkor ez kedvezőtlenül hat ezen erőforrások elterjedtségére, fordított esetben viszont ösztönzőleg hat a megújuló alapú áramtermelői kapacitások építésére (51. ábra).

**51. ábra: Különböző emissziós kvóta szintek és energiahatékonysági beruházások mellett a nagykereskedelmi árak alakulása**



*\*HPI: magas állami részvétel melletti gazdasági potenciál; LPI: alacsony állami részvétel melletti gazdasági potenciál*

#### **IX.2.6. Energiahatékonysági beruházási támogatás, jövedéki adó és emisszió kereskedelmi rendszer mellett**

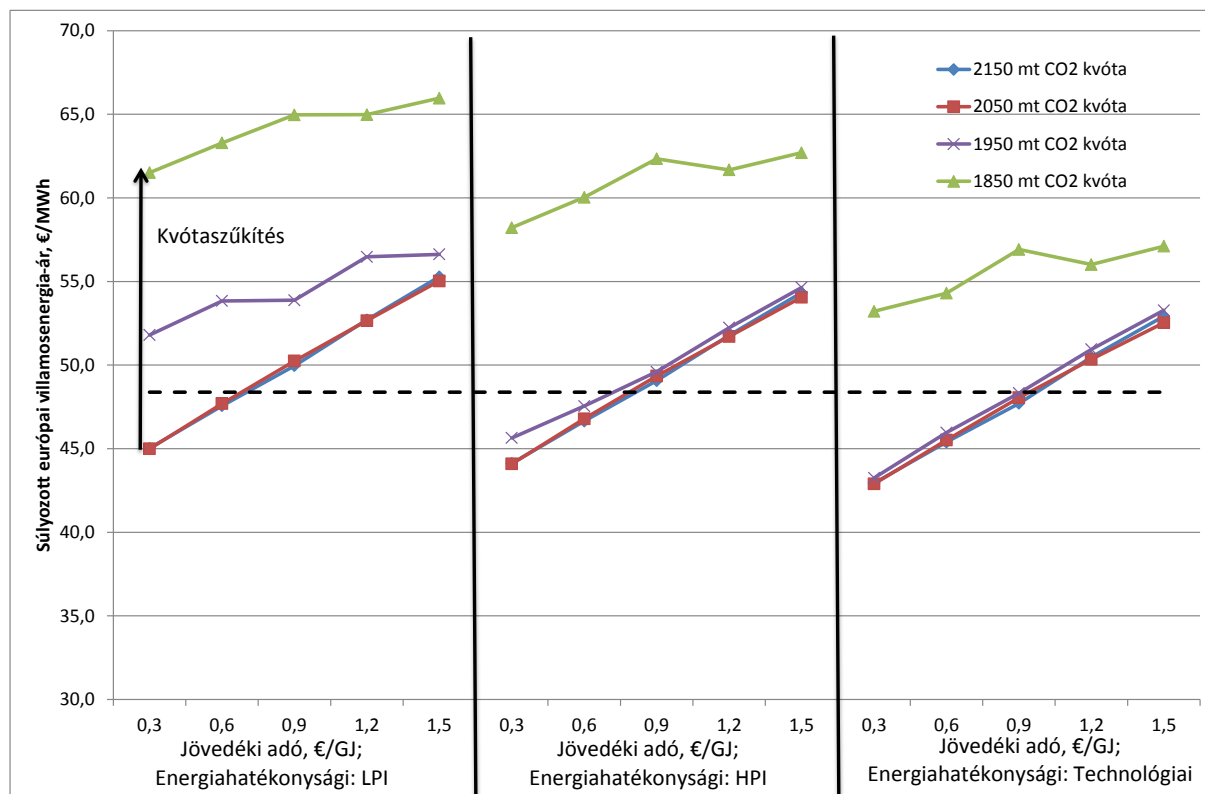
A jövedéki adó és az emisszió kereskedelmi rendszer hasonló módon fejti ki hatását: mindkét szabályozó eszköz bevezetésével megnövekszik a fosszilis erőművek határkölsége, így a kínálati görbe feljebb tolódik. Ugyanakkor a két szabályozó eszköz másképpen hat a gáztüzelésű és a széntüzelésű erőművekre.

A modellezés során egységes jövedéki adót feltételeztünk minden tüzelőanyagra vonatkozóan. Mivel azonban a gáztüzelésű erőművek magasabb hatásfokkal bírnak, mint a széntüzelésűek, ezért a határkölség emelkedése mérsékeltebb a földgáz használó létesítmények esetében. Ezzel szemben az emisszió kereskedelem ennél még nagyobb versenyelőnyt jelent a gáztüzelésű erőműveknek, mert nem csak a magasabb hatásfok miatt bocsátanak ki fajlagosan kisebb szén-dioxid, hanem az emissziós faktora is lényegesen alacsonyabb a földgáznak, mint a szénnek.

Az 52. ábra mutatja a kapott modellezési eredményt. Két dolog világosan kirajzolódik: egyrészt csak nagyon magas energiahatékonysági beruházási szint, alacsony jövedéki adó és magas emissziós kvóta szint mellett lesz a kialakuló villamosenergia-ár alacsonyabb, mint a

referencia esetben. A másik fontos modellezési eredmény, hogy a villamosenergia-fogyasztás és a szén-dioxid kibocsátás is minden esetben alacsonyabb a szabályozás nélküli esethez viszonyítva.

**52. ábra: Különböző emissziós kvóta szintek, jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás mellett a nagykereskedelmi árak alakulása**

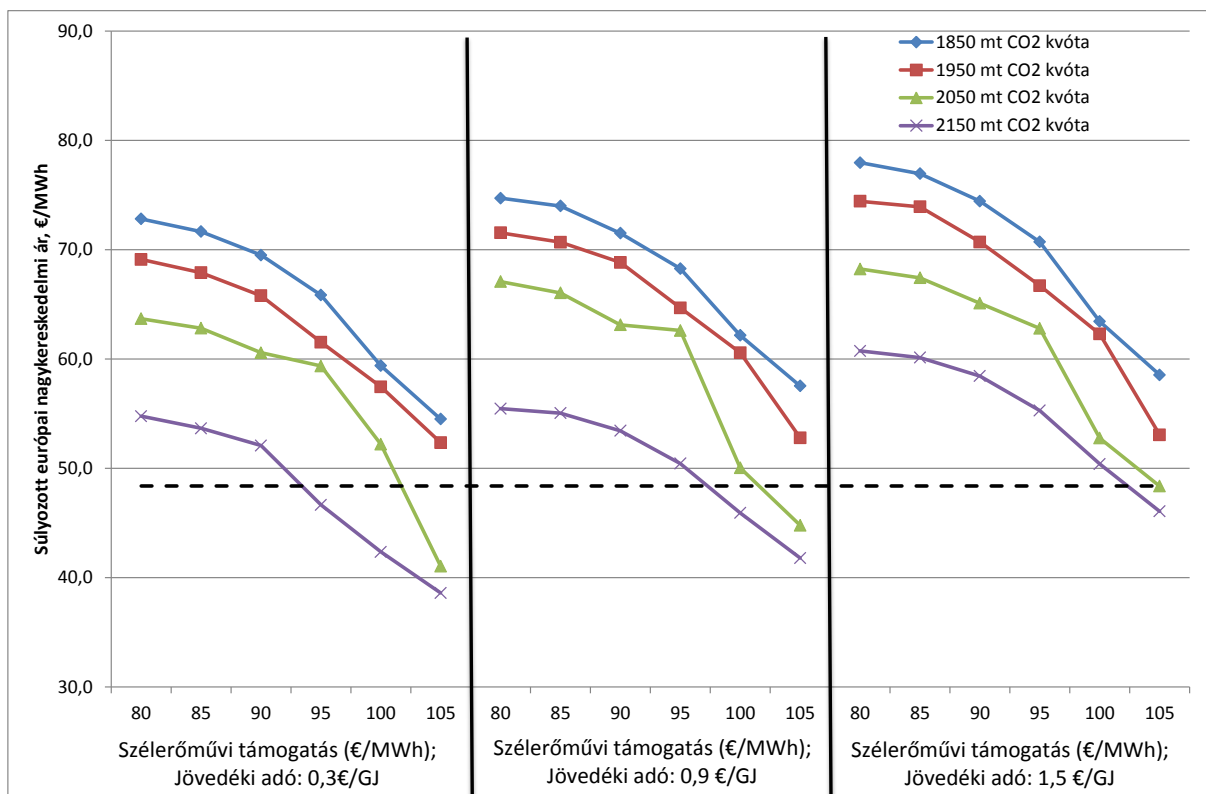


### IX.2.7. Megújuló támogatás jövedéki adó és emisszió kereskedelmi rendszer mellett

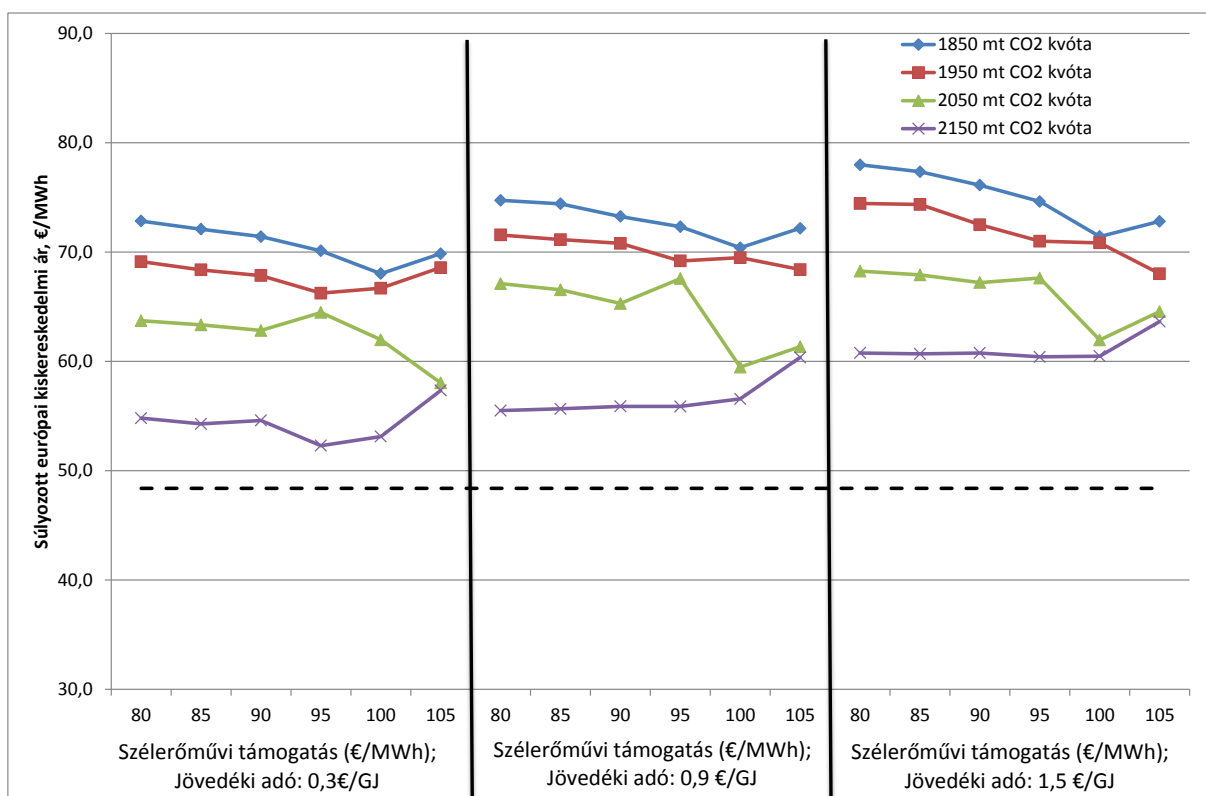
Ahogy az előző esetben bemutattuk a jövedéki adó és az emisszió kereskedelem is megnöveli a fosszilis erőművek határköltségét, de máshogyan hat a gáztüzelésű, illetve a széntüzelésű erőművekre. A megújuló támogatás ugyanakkor csökkenti a nagykereskedelmi árat, de ahogyan korábban rámutattunk, növelheti a kiskereskedelmi árat.

A modellezési eredmények alapján magas megújuló támogatás és alacsony jövedéki adó mellett, illetve kevésbé szűk kvótamennyiség esetén a nagykereskedelmi ár alacsonyabb, mint a referencia ár. Ahogyan az várható a magasabb jövedéki adó, illetve a szűkebb emissziós sapka növeli a nagykereskedelmi árat, míg a megújuló támogatás szintjének növelése csökkentőleg hat rá. A kiskereskedelmi árak ugyanakkor minden kombináció mellett meghaladják a referencia árat (53. ábra, 54. ábra).

**53. ábra: Különböző emissziós kvóta szintek, jövedéki adó és megújuló támogatás mellett a nagykereskedelmi árak alakulása**



**54. ábra: Különböző emissziós kvóta szintek, jövedéki adó és megújuló támogatás mellett a kiskereskedelmi árak alakulása**





### IX.2.8. Érzékenységvizsgálat

Annak érdekében, hogy a kapott eredmények robosztusabbak, megbízhatóbbak legyenek, szükséges a legfontosabb tényezőkre érzékenységvizsgálatot lefolytatni. Összesen három tényezőre vonatkozóan végzünk parciális érzékenységvizsgálatot:

- Hosszú távú árrugalmasság értéke: Alapesetben feltételeztük, hogy a hosszú távú árrugalmasság értéke 0,25. Az érzékenységvizsgálat során ezen értéke helyett 0,1-et használunk.
- Szén ára: A parciális érzékenységvizsgálat alkalmával feltételezzük, hogy mind a feketeszen, mind pedig a lignit 50 %-kal drágábban érhető el.
- Földgáz ára: Ebben az esetben azt feltételeztük, hogy a földgáz ára 50 %-kal olcsóbb az alapesethez képest.

#### IX.2.8.1. Hosszú távú árrugalmasság

Az alapesetnél alacsonyabb hosszú távú árrugalmassági együttható értékkel is elvégeztük a fenti modellszámításokat. A következőkben azonban csak azokat az eseteket mutatjuk be, ahol lényeges eltérést tapasztalhatunk az alapesethez képest:

- Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás támogatás eszközkombináció esetében magasabb jövedéki adó, illetve alacsonyabb energiahatékonysági beruházási támogatás esetében is alacsonyabb lehet a kialakuló ár, mint a referencia esetben.
- Megújuló támogatás és emisszió kereskedelmi rendszer együttes alkalmazása esetében az alacsonyabb hosszú távú árrugalmassági érték azt eredményezi, hogy a nagykereskedelmi ár már alacsonyabb megújuló támogatás szint, illetve szűkebb széndioxid kvótasapka mellett is alacsonyabb lehet a referencia esethez képest. Ugyanakkor ilyen árrugalmassági érték esetében sincs olyan megújuló támogatás-emissziós sapka szint kombináció, amely mellett a kiskereskedelmi ár alacsonyabb lenne a referencia esethez viszonyítva.
- Energiahatékonysági beruházás - emisszió kereskedelmi rendszer kombináció mellett az árrugalmasság igen fontos tényezővé válik és a kapott eredmények ebben az eszközkombinációban igen érzékenyek erre a tényezőre. Sokkal szűkebb sapka, illetve energiahatékonysági beruházási szint mellett is már alacsonyabb lesz a kialakuló villamosenergia-ára, mint a referencia esetben.
- Hasonló eredményre jutunk, ha az előbbi eszközkombinációt kiegészítjük jövedéki adóval is.

Összességében elmondhatjuk, hogy az alacsonyabb árrugalmassági tényező hatására nagyobb valószínűséggel alakulhatnak ki a vizsgált eszközkombinációkban a referencia esethez képesti alacsonyabb villamosenergia-árak.

#### IX.2.8.2. Szén ára

A szén árára vonatkozóan szintén elvégeztük az összes számítást. Összességében megállapíthatjuk, hogy a kapott eredmények ezen inputadatra sokkal kevésbé érzékenyek, mint a hosszú távú árrugalmassági értékére. A következő főbb változásokat tapasztaljuk:

- Energiahatékonysági beruházás támogatás és emisszió kereskedelmi rendszer együttes alkalmazása esetében magasabb szén ár mellett már alacsonyabb kvótamennyiség, illetve kisebb energiahatékonysági intézkedések mellett is a referencia (szabályozás nélküli) esethez képest alacsonyabb villamosenergia-ár alakulhat ki.
- Jövedéki adó, magas megújuló támogatás szint, illetve emisszió kereskedelmi rendszer mellett magas szén ár esetében szűkebb emissziós sapka, illetve alacsonyabb jövedéki adó mellett is már alacsonyabb lesz a kialakuló villamosenergia-ára a referencia esethez képest.

#### IX.2.8.3. A földgáz ára

A parciális érzékenységvizsgálatot során a földgáz árát 50 %-kal csökkentettük az alapesethez képest. Ilyen alacsony gázár mellett a merit orderben helyett cserélnek a gáztüzelésű és a széntüzelésű erőművek. Ennek hatására mindenféle szabályozó eszköz alkalmazása nélkül is jelentősen mérséklődik a szén-dioxid kibocsátás. Mivel a modellfuttatásokat ugyanolyan emissziós sapka esetében végeztük el, mint a referencia földgáz ár mellett, ezért azokban az esetekben, amikor emissziós szabályozást is alkalmazunk a kialakuló kvóta ára igen alacsony. Összességében a következő változásokat tapasztalhatjuk:

- Jövedéki adó és megújuló támogatás alkalmazás esetében alacsonyabb jövedéki szint és magasabb megújuló támogatás mellett lesz alacsonyabb a nagykereskedelmi ár a referenciaárhoz képest.
- Bármilyen jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás kombináció esetében is magasabb a kialakuló ár a szabályozás nélküli esethez képest.
- Csak nagyon alacsony emissziós sapka és alacsony energiahatékonysági beruházási szint mellett lesz magasabb a villamos energia ára ezen eszközkombináció esetében a szabályozás nélküli esethez képest.

#### IX.2.9. A KK1 vizsgálat összefoglalása

A 20. táblázat foglalja össze a főbb modellezési eredményeinket.

**20. táblázat: A KK1 kérdésre vonatkozó modellezési eredmények**

Vizsgált szabályozó eszközök kombinációk	Megújuló termelés	Konvencionális erőművi termelés	Összes fogyasztás	Nagykereskedelmi ár	Kiskereskedelmi ár	Szén-dioxid kibocsátás	Energiahatékonysági beruházások
Megújuló támogatás emisszió kereskedelem nélkül	Nő	Csökken	Közepes támogatási szint mellett nagyon kismértékben magasabb, mint a referencia, egyébként nem tér el szignifikánsan	Csökken	Közepes támogatási szintig stagnál, azt követően nő	Csökken	Közepes támogatási szintig stagnál, azt követően nő
Jövedéki adó és megújuló támogatás emisszió kereskedelem nélkül	Nő	Csökken	Csökken	Alacsony jövedéki és magas támogatási szint mellett csökken, egyébként nő	Nő	Csökken	Nő
Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházási támogatás emisszió kereskedelem nélkül	Nő	Csökken	Csökken	Nagyon alacsony jövedéki adó és magas energiahatékonysági beruházás mellett csökken, jellemzően nő	Nagyon alacsony jövedéki adó és magas energiahatékonysági beruházás mellett is alacsonyabb a kialakuló ár a referencia árhoz képest	Csökken	Nő
Megújuló támogatás emisszió kereskedelem mellett	Nő	Csökken	Csökken	Magas megújuló támogatás és magas kvóta mennyiség mellett csökken, egyébként nő	Nő	Csökken	Nő
Energiahatékonysági beruházási támogatás emisszió kereskedelem mellett	Nő	Csökken	Csökken	Magas energiahatékonysági beruházási támogatási szint és magas kvótamennyiség esetében csökken, jellemzően növekszik	Magas energiahatékonysági támogatási szint és magas kvótamennyiség esetében csökken, jellemzően növekszik	Csökken	Nő
Jövedéki adó és megújuló támogatás emisszió kereskedelem mellett	Nő	Csökken	Csökken	Alacsony jövedéki adó, magas emissziós kvóta és magas megújuló támogatási szint mellett csökken	Nő	Csökken	Nő
Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházási támogatás emisszió kereskedelem mellett	Nő	Csökken	Csökken	Nő	Nő	Csökken	Nő

Ahhoz, hogy az eredmények megbízhatóak legyenek három tényezőre parciális érzékenységvizsgálatot végeztünk. Ahogyan azt korábban bemutattuk ezek kisebb mértékben megváltoztatják ugyan a kapott modellezési eredményeket, azonban nem módosítják a KK<sub>1</sub> kutatási kérdésre vonatkozó megállapításainkat, így az eredményeink robosztusnak tekinthetők.

### IX.3. A H2 HIPOTÉZIS VIZSGÁLATA

*H<sub>2</sub>: Az általunk vizsgált négy szabályozó eszköz (jövedéki adó, megújuló támogatás, emisszió kereskedelem, energiahatékonysági beruházási támogatás) bármilyen kombinációjával elérhető az EU által 2020-ra kitűzött 20-20-20-as cél, kivéve, ha csak energiahatékonysági beruházási támogatási eszköz áll rendelkezésre.*

A hipotézis során hasonló módon járunk el, mint az 1. kutatási kérdés folyamán, azaz első lépésként egy olyan európai piacból indulunk ki, ahol a vizsgált négy szabályozó eszköz alkalmazását figyelmen kívül hagyjuk. Ezt követően folyamatosan, különböző mértékben bevezetjük az egyes szabályozó eszközöket, minden tagországban egységes módon.

Fontos hangsúlyozni, hogy a 20-20-20-as célok esetében csak a végső célok elérését vizsgáljuk, azaz, hogy összeurópai szinten sikerüljön elérni a meghatározott három célt. Az elemzés esetében nem lényeges kérdés, hogy az adott tagország is teljesíti-e a 20-20-20-as célokban az adott országra vonatkozó, kötelező érvényű célkitűzéseket.

#### IX.3.1. A 2020-as 20-20-20-as célok definiálása

2009-ben az Unió elfogadta az új Klíma és Energia Csomagot, amely 2020-ra 20 %-os ÜHG csökkentést, 20 %-os primerenergia-felhasználás csökkentést és 20 %-os megújuló

energiafelhasználás elérését tűzte ki célul. Ezen célok lebontása a villamosenergia-szektorra azonban nem teljesen triviális módon határozható meg. Vizsgáljuk meg külön-külön a három területet.

#### IX.3.1.1. Megújuló cél

Az EU céljai alapján 2020-ban a megújuló energiaforrásokból termelt energiának a végső energiafelhasználáshoz viszonyítva legalább 20 %-osnak kell lennie. Az EU Direktívák nem határoznak meg külön megújuló alcélt a villamosenergia-szektorra, ugyanakkor a Nemzeti Megújuló Cselekvési Tervek (NCsT) indirekt célokat kijelölnek a villamosenergia-szektorra vonatkozóan is, így számszerűsíthető, hogy a 20 %-os EU-s megújuló cél hogyan fordítható le megújuló villamosenergia-célra. Ezen dokumentumok alapján az EU27-ben 2020-ban a teljes villamosenergia-fogyasztás 3535 TWh-át tehet ki, amelyből 1199 TWh megújuló alapú villamosenergia-termelés, azaz a megújuló arány 2020-ban a villamosenergia-szektorban 34 %-os (Beurskens et al., 2011). A hipotézis vizsgálata során a százalékos célkitűzést tekintjük irányadónak.

#### IX.3.1.2. Primerenergia-felhasználás csökkentés

Az EU 2020-ra 20 %-kal kívánja csökkenteni a primerenergia-felhasználását az ún. alapvonalai forgatókönyvhöz képest. A DG Energy (2011) számításai alapján 2020-ra vonatkozóan az alapvonalai érték 1842 Mtoe körül alakulhat, amely alapján az elérendő energiafelhasználási cél 1474 Mtoe. Elsősorban a gazdasági válság hatására azonban jelentősen változott a BAU pálya. A Bizottság számítási szerint a jelenlegi primerenergia-felhasználási pálya további beavatkozások hiányában 2020-ra 1678 Mtoe mérséklődhet. Annak érdekében tehát, hogy elérjük a 2020-as célokat 204 Mtoe (1678-1474) primerenergia-felhasználást kell megtakarítani. A célok tekintetében a Bizottság nem határozta meg számszerűen, hogy az egyes szektorokban mekkora csökkentést kellene végrehajtani. Ugyanakkor ahhoz, hogy a kutatási kérdésre választ adhassunk, szükséges valamilyen feltételezéssel élnünk arra vonatkozóan, hogy a villamosenergia-szektorban mekkora csökkentést kellene elérni, hogy teljesüljön a primerenergia-felhasználás csökkentési cél.

A Fraunhofer (2009) tanulmány szerint 2020-ra vonatkozóan az EU27 országaiban az energiahatékonysági beruházások technológiai potenciálja 310,8 Mtoe, amelyből 109,1 Mtoe a villamosenergia-szektorban takarítható meg. A cél elérése érdekében azonban „mindössze” 204 Mtoe energiát szükséges megtakarítani az évtized végére, ezért ezzel arányosítottuk a villamosenergia-szektor esetében szükséges csökkentési célt is. A számítás eredményeképpen a villamosenergia-szektor esetében 71,6 Mtoe ( $204,4/310,8 \cdot 109,1$ ), azaz 3000 PJ-nyi primerenergiát kell megtakarítani. Ha ezt a Fraunhofer (2009) által használt konverziós faktorokkal (40 %-os átlagos bruttó hatásfok) átszámítjuk kiadott villamos energiára, akkor 333 TWh-át kapunk eredményül. A 21. táblázat mutatja a számítás menetét.

**21. táblázat: A primerenergia-csökkentési cél „lefordítása” a villamosenergia-szektorra**

BAU pálya	1842 Mtoe
20 %-os cél 2020-ra vonatkozóan	$1842 \text{ Mtoe} \cdot 0,8 = 1473,6 \text{ Mtoe}$
Jelenlegi pálya alapján 2020-as várható primerenergia-felhasználás	1678 Mtoe
Szükséges további primerenergia-csökkentés	204,4 Mtoe
Primerenergia-csökkentési technológiai potenciál 2020-ban az összes szektorban	310,8 Mtoe
Primerenergia-csökkentési technológiai potenciál 2020-ban a villamosenergia-szektorban	109,1 Mtoe
Villamosenergia-szektorban a szükséges primerenergia-megtakarítás	$(204,4 \text{ Mtoe} / 310,8 \text{ Mtoe}) \cdot 109,1 \text{ Mtoe}$
Villamosenergia-szektorban a szükséges primerenergia-megtakarítás	3000 PJ
Feltételezett bruttó átalakítási hatások	40%
Szükséges megtakarítás kaidott villamos energiára vonatkozóan	$3000 \cdot 0,4 / 3,6 = 333 \text{ TWh}$

#### IX.3.1.3. ÜHG csökkentés

A 20-20-20-as célok értelmében az EU 20 %-kal kívánja csökkenteni az ÜHG kibocsátását az 1990-es bázisévhez képest, ami 2005-höz viszonyítva 14 %-os csökkentést jelent. A célok elérése érdekében külön alcélt határoztak meg az ETS és a nem ETS ágazatokra vonatkozóan. A Bizottság a nem ETS szektorokban 10 %-os csökkentést vár el, míg az ETS szektorokban 21 %-osat a 2005-ös évhez képest. A Bizottság számítása szerint így elérhető a 2020-as cél. Az ETS szektorban 2013-ban a 2008-2012-es átlagos kibocsátásnak megfelelő kvótamennyiséget osztanak ki, ám ezt 2013-tól évente 1,74 %-al csökkentik. (EU, 2012). Az ennek megfelelő kiosztandó kvóta mennyiségét korábban, a 19. táblázatban már bemutattuk.

#### IX.3.2. A modellezés folyamata

A  $H_2$  hipotézis során hasonlóan járunk el, mint a  $KK_1$  kutatási kérdés elemzésénél, azaz évente lefuttatjuk a modellt 2013 és 2020 között. Az egyes évek futtatásai azonban nem függetlenek az előző évitől, mivel a korábbi évek futtatási eredményei a hosszú távú árrugalmasságon keresztül hatással vannak az adott évi fogyasztásra. Ebből viszont az következik, hogy az árak „ugrálnak” a vizsgált időintervallumon. Tegyük fel, hogy 2016-ban a kialakuló ár 100 €/MWh, míg egy évvel korábban csak 80 €/MWh volt. Ebben az esetben a 2017-es fogyasztás a referencia esethez képest alacsonyabb lesz köszönhetően az árrugalmasságból fakadó fogyasztáscsökkenésnek. A mérsékeltbb fogyasztás viszont alacsonyabb kialakuló árhoz vezethet, azaz például lecsökken 90 €/MWh-ra. Ebben az esetben viszont a 2018-as fogyasztási érték nagyobb lesz, mint a referencia esetben, így várhatóan ismét emelkedik a villamosenergia-ára. Annak érdekében, hogy ezt a hatást

kiszűrjük a hipotézis elemzése során minden tényezőre vonatkozóan a 2019-es és 2020-as év eredményeinek egyszerű átlagát vesszük.

### **IX.3.3. A szabályozó eszköz nélküli eset**

A szabályozó eszköz nélküli esetben a kialakuló, fogyasztással súlyozott átlagos európai villamosenergia-ára 2019-2020 átlagában 47,5 €/MWh. Ez az érték mintegy 6-8 €/MWh-val haladja meg a jelenlegi szintet. Az összes villamosenergia-fogyasztás az Európai Unió országaiban 3399 TWh, amelyből az energiahatékonysági célkitűzés alapján 333 TWh-át kell megtakarítani 2020-ra vonatkozóan. A megújuló alapú villamosenergia-termelés a teljes fogyasztáshoz viszonyítva 30,68 %, azaz összesen 1042 TWh energiát állítanak elő a megújuló bázisú erőművek. Ez 3,2 százalékponttal marad el a kitűzött 34 %-os céltól. A harmadik, EU által megfogalmazott cél, hogy a szén-dioxid kibocsátás a 2014-2020-as évek átlagában ne haladja meg az 1915 millió tonnát. Az alapesetben a teljes, ETS alá tartozó kibocsátás 2124 millió tonna. Látható tehát, hogy mindenképpen szükséges egy, vagy több szabályozó eszköz bevezetésére annak érdekében, hogy elérhessük az EU által kitűzött 20-20-20-as célokat.

### **IX.3.4. Egyféle szabályozó eszköz bevezetése**

A következőkben a modellezés segítségével vizsgáljuk, hogy egyetlen szabályozó eszköz bevezetésével elérhetőek-e az EU által kijelölt célok. Minden szabályozó eszköz esetében kerestük azt a szabályozási szintet (kiosztott kvóták mennyisége; megújuló támogatás szintje; jövedéki adó szintje; illetve az energiahatékonysági beruházások alakulása), amely mellett elérhetővé válnak a kitűzött célok. A 22. táblázat ezen szabályozási szintek mellett tünteti fel a legfontosabb modellezési eredményeket.

**22. táblázat: A legfontosabb modellezési eredmények 2019-2020 átlagára vonatkozóan egyféle szabályozó eszköz bevezetése esetén, olyan szabályozási szintek mellett, amely mellett teljesülnek a 20-20-20-as célok**

Szabályozó eszköz	Nincs szabályozó eszköz	Emisszió kereskedelem	Megújuló támogatás	Jövedéki adó	Energiahatékonysági beruházások támogatása
Szabályozási szint	-	Összes kiosztott kvóta: 1560 Mt	114 €/MWh-os szélerőművi, 193 €/MWh-os naperőművi támogatás	2,4 €/GJ-os egységes jövedéki adó	Társadalmi és gazdasági diszkontráta között megtérülő energiahatékonysági beruházások megvalósulása
Európai súlyozott átlagos nagykereskedelmi ár, €/MWh	47.5	61.9	19.5	63.2	41.8
Európai súlyozott átlagos kiskereskedelmi ár, €/MWh	47.5	61.9	85.1	63.2	41.8
Európai összes fogyasztás, TWh	3 399	3 066	3 066	3 066	3 066
Európai összes szén alapú termelés, TWh	1 079	507	261	739	872
Európai összes földgáz alapú termelés, TWh	380	615	198	382	260
Európai összes megújuló termelés, TWh	1 043	1 044	2 120	1 043	1 042
Megújuló arány, %	30.7%	34.1%	69.1%	34.0%	34.0%
Szén-dioxid kibocsátás	2 124	1 603	1 200	1 769	1 867
CO2 kvóta ára, €/t	0.0	29.8	0.0	0.0	0.0

Ha csak emisszió kereskedelmi rendszert alkalmazunk, amely során 1560 millió tonna szén-dioxid kvótát osztunk ki (a jelenlegi szabályozás szerint ez 1915 millió tonna), akkor elérhetőek a 20-20-20-as célok. Ebben az esetben a szűkülő kvótakinálatnak köszönhetően a szén-dioxid árfolyama megközelíti a tonnánkénti 30 eurót. A magas kvótaár hatására az európai súlyozott átlagos nagykereskedelmi ár a referenciaesethez képest megawattóránként közel 15 euróval növekszik. A magas szén-dioxid ár ugyanakkor rontja a szenes erőművek versenyképességet, így a termelésük mintegy felére esik, amelyet részben a gázos erőművek többlettermelése, részben a magasabb ár miatt a csökkenő fogyasztás ellensúlyoz. A megújuló erőművek termelése csak minimális mértékben növekszik, de mivel a megújuló célok százalékosan kerültek meghatározásra, ezért a csökkenő fogyasztás miatt, azonos megújuló alapú termelés mellett is teljesül a megújuló cél.

Csak megújuló támogatás esetében a szélerőművek 114 €/MWh-ás, míg a naperőművek esetében 193 €/MWh-ás kötelező átvételi ár (vagy zöld bizonyítvány és nagykereskedelmi ár összege) mellett teljesül mindhárom cél. A támogatás hatására jelentősen nő a megújuló alapú villamosenergia-termelés, 2019-2020 átlagában meghaladja a 2120 TWh-át, amely így a teljes fogyasztás közel 70 %-át adja. Ezáltal kiszorulnak a konvencionális erőművek, amely a szén-dioxid kibocsátás drasztikus csökkentését eredményezi, a kívánt cél közel felére csökkentve azt. Mivel a megújuló erőforrások jellemzően nulla határkölség mellett működnek, ezért a nagykereskedelmi árak is jelentősen csökkennek. Ugyanakkor a megújuló támogatás hatására a kiskereskedelmi ár közel 80 €/MWh-ára nő, amely a fogyasztás mérséklődéséhez vezet. Ugyanakkor erősen kérdéses, hogy az európai villamosenergia-szektor ilyen körülmények között képes-e igazi versenypiacként működni, mivel a termelés kétharmadát olyan erőművek adják, amelyek egy szeparált, védett piacon működnek.

A jövedéki adó hasonló mechanizmus alapján működik, mint az emisszió kereskedelmi rendszer. A fosszilis erőművek megnövekedett termelési költsége miatt emelkedik a villamosenergia-ára is, amely a kereslet mérséklődéséhez vezet. Ahhoz, hogy a 20-20-20-as célok pusztán jövedéki adó bevezetésével elérhetővé váljanak számításaink szerint 2,4 €/GJ-os jövedéki adót kell kivetni a fosszilis tüzelőanyagokra. Ez a jelenleginek több mint tízszerese. A megújulók elterjedése nem változik a referencia esethez viszonyítva, de a csökkenő kereslet miatt a megújuló cél így is teljesül.

Végül, ha csak energiahatékonyság támogatást alkalmazunk, akkor az energiahatékonysági beruházások hatására csökken a felhasznált villamos energia, amely mérsékli a fosszilis erőművi termelést. Ez egyben a kitűzött szén-dioxid csökkentési célt is teljesíti. Habár a referencia esethez képest új, megújuló energiaforrásokra épülő kapacitások nem épülnek ki, de a csökkenő fogyasztás hatására így is elérhetővé válik a kitűzött megújulás cél.

Látható tehát, hogy mind a négy szabályozó eszköz esetében lehet olyan szabályzási szintet megállapítani, amely mellett teljesülnek az EU által kitűzött 20-20-20-as célok. Ugyanakkor ezek torz piacokat hozhatnak létre és csak a konkrét célokat teljesítik, de hosszabb távon erősen kérdéses, hogy fenntartható villamosenergia-piac felé vezetnek-e. Ha csak megújuló szabályozást vezetünk be, akkor olyan alacsonyok lesz a nagykereskedelmi árak és olyan magas a megújulók aránya, hogy az már komoly ellátásbiztonsági kérdéseket vethet fel. Az összes többi esetben a megújuló cél elérése csak annak köszönhető, hogy csökken a fogyasztás, de közben új, megújuló alapú termelő kapacitások nem épülnek ki.

### **IX.3.5. Két szabályozó eszköz együttes alkalmazása**

A vizsgálatunk arra is kiterjedt, hogy a két szabályozó eszköz kombinációjával miként érhetőek el a megfogalmazott EU-s célok.

#### **IX.3.5.1. Jövedéki adó és megújuló támogatás**

A 23. táblázat azon jövedéki adó-megújuló támogatási szint párokat tünteti fel, amelyek mellett mindhárom cél teljesül. Látható, hogy mindegyik esetben a “szűk keresztmetszet” az energiahatékonysági cél elérése. Ha növekszik a jövedéki adó, akkor alacsonyabb megújuló támogatási szint is eredményre vezet. Ezzel párhuzamosan csökken a kiskereskedelmi ár, de a nagykereskedelmi ár növekszik. Az alacsonyabb támogatás hatására –kismértékben ugyan csökken a megújuló alapú termelés, de még 2 €/GJ-os jövedéki adó esetében is a megújuló arány meghaladja a 60 %-ot. A szén-dioxid kibocsátás minden esetben lényegesen alacsonyabb, mint a kitűzött cél.

Ha a két eszköz egyszerre alkalmazzuk, akkor a kapott eredmények sokkal kevésbé lesznek szélsőségesek: magasabb nagykereskedelmi árral és alacsonyabb kiskereskedelmi árral lehet kalkulálni, ugyanakkor jelentős új megújuló kapacitások kiépülésével is lehet számolni.



**23. táblázat: A főbb modellezési eredmények különböző jövedéki adó és megújuló átvételi ár mellett, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

Jövedéki adó, €/GJ	0	1	2	3
Szélerőművi támogatás, €/MWh	114	112	109	94
Naperőművi támogatás, €/MWh	194	191	186	160
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	19,5	24,8	31,7	50,2
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	85,1	80,5	75,1	68,0
Megújuló termelés, TWh	2 120	2 061	1 976	1 582
Megújuló arány, %	69,1%	67,2%	64,4%	51,6%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	3 066	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 200	1 208	1 223	1 433

#### IX.3.5.2. Jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás-támogatás

Ha csak azon energiahatékonysági beruházások valósulnak meg, amelyek magas diszkontráta mellett is megtérülők (low policy impact scenárió), akkor az önmagában nem biztosítja az energiahatékonysági, valamint a megújuló cél elérését, míg a szén-dioxid kibocsátási cél a mérséklődő fosszilis alapú termelésnek köszönhetően teljesül. Ha azonban ezt kiegészítjük egy viszonylag kismértékű, 0,13 €/GJ-os jövedéki adóval, akkor már mindhárom célkitűzés teljesül. A megemelkedett jövedéki adó hatására kismértékben növekszik a villamos energia nagykereskedelmi ára, amely alacsonyabb fogyasztáshoz vezet, amely révén csökken a fosszilis erőművi termelés, így a szén-dioxid kibocsátás is.

#### IX.3.5.3. Megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházási támogatás

A magas diszkontráta mellett megtérülő beruházások megvalósulása esetén (LPI) egy viszonylag mérsékelt, 90 €/MWh-os szélerőművi és 153 €/MWh-os naperőművi, támogatás mellett már teljesül mindhárom kitűzött cél. Ezen két eszközkombináció mellett a nagykereskedelmi ár lecsökken 31,5 €/MWh-ra, míg a kiskereskedelmi ár megnő 49,2 €/MWh-ra. A megújuló arány ilyen szabályozási körülmények között eléri a 48 %-ot, míg a szén-dioxid emisszió 842 millió tonnára csökken, amely a kitűzött cél kevesebb, mint fele.

#### IX.3.5.4. Emisszió kereskedelem és megújuló támogatás

Emisszió kereskedelmi rendszer és megújuló támogatási rezsim együttes alkalmazása esetén viszonylag szűk emissziós sapkát kell alkalmazni annak érdekében, hogy ezen eszköz effektívvé váljon. Ha 1,4 milliárd tonna szén-dioxid kvótát osztunk ki, akkor vagy nagyon magas átvételi ár, vagy nagyon alacsony átvételi ár kell annak érdekében, hogy teljesíthetővé váljon mindhárom célkitűzés. Ez az elsőre furcsának tűnő eredmény abból következik, hogy a megújulók elterjedése jelentősen csökkenti a szén-dioxid kibocsátást, így a szén-dioxid kvóta ára egyre jobban közelít a nullához. Ugyanakkor a köztes esetekben (mérsékelt megújuló támogatás) a kiskereskedelmi ár nem növekszik olyan szintre, hogy az elegendő villamosenergia-fogyasztás megtakarítást eredményezzen (24. táblázat).

**24. táblázat: A főbb modellezési eredmények különböző emissziós kvótaszint és megújuló átvételi ár mellett, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

Szén-dioxid kvóta mennyisége, mt	1500	1400	1300	1440
Szélerőművi támogatás, €/MWh	113	112	104	80
Naperőművi támogatás, €/MWh	192	190	177	136
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	20,3	21,0	36,1	58,5
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	79,5	75,3	70,7	62,7
Megújuló termelés, TWh	2 093	2 060	1 827	1 213
Megújuló arány, %	68,3%	67,2%	59,6%	39,6%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	3 066	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 204	1 219	1 294	1 488

#### IX.3.5.5. Emisszió kereskedelem és jövedéki adó

Az emisszió kereskedelmi rendszer és a jövedéki adó nagyon hasonló módon működik, így a két szabályozó eszköz helyettesíthető egymással. A 25. táblázat számszerűleg mutatja a főbb modellezési értékeket, amelyek mellett teljesülnek a kitűzött 20-20-20-as célok. Látható, hogy alacsonyabb jövedéki adó (és szűkebb kvótamennyiség) felé elmozdulva növekszik a szén-dioxid kibocsátás és a villamosenergia-ára is. Ugyanakkor kismértékben alkalmazva a jövedéki adót alacsonyabb villamosenergia-árat kapunk, összehasonlítva azzal az esettel, ha pusztán emisszió kereskedelmi rendszert vezetnénk be.

**25. táblázat: A főbb modellezési eredmények különböző jövedéki adó és emissziós kvóta szint mellett, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

Jövedéki adó, €/GJ	2,36	1,26	0,32	0,00
Szén-dioxid kvóta mennyisége, mt	3 000	1 700	1 600	1 560
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	63,2	62,0	61,6	61,9
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	63,2	62,0	61,6	61,9
Megújuló termelés, TWh	1 043	1 043	1 043	1 044
Megújuló arány, %	34,0%	34,0%	34,0%	34,1%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	3 066	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 769	1 716	1 631	1 603

#### IX.3.5.6. Emisszió kereskedelem és energiahatékonysági beruházás-támogatás

A magas diszkontráta esetén megvalósuló energiahatékonysági beruházások (LPI) esetében egy viszonylag bő szén-dioxid kvótakiosztás esetében is tarthatóak a 20-20-20-as célok. A modellezési eredmény alapján, ha 1,87 milliárd tonna szén-dioxid kvótát osztunk ki a 2013-2020-as évek átlagában, akkor elérhetővé válik mindhárom cél. Ebben az esetben a kialakuló nagykereskedelmi ár 42,8 €/MWh. A megújuló elterjedés ugyanakkor nem változik a szabályozó eszköz nélküli esethez képest, ezért a megújuló cél csak az alacsonyabb fogyasztás miatt válik elérhetővé.

### IX.3.6. Három szabályozó eszköz együttes alkalmazása

#### IX.3.6.1. Megújuló támogatás, jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás együttes alkalmazása

Ha minden olyan energiahatékonysági beruházás megvalósul, amely magas diszkontráta mellett is megtérülő (LPI), továbbá a fosszilis tüzelőanyag-felhasználásra 1 €/GJ-os jövedéki adót alkalmazunk, illetve a 80 és 136 €/MWh-ás kötelező átvétel keretében támogatjuk a szél, és naperőműveket, akkor mindhárom kijelölt cél elérhetővé válik. A kialakuló nagykereskedelmi ár 43,5 €/MWh, a kiskereskedelmi ár pedig 48,4 €/MWh-a körül alakul. A megújuló termelés mintegy 15 %-kal nő a szabályozás nélküli esethez viszonyítva, így a megújuló arány meghaladja a 40 %-ot. A szén-dioxid kibocsátás 1650 millió tonnával egyenlő, azaz több mint 250 millió tonnával kisebb, mint a kijelölt cél. A 26. táblázat mutatja a legfontosabb modellezési eredményeket, illetve a vizsgált három eszközből egyet elhagyva milyen modellezési eredményekhez jutunk. Látható, hogy a három eszköz használata esetében sokkal kevésbé szélsőségesek a kapott eredmények: a megújuló termelés abszolút értékben is nő, de nem oly mértékben, mintha a megújuló támogatáson kívül csak egy eszközt alkalmaznánk. Hasonlóan a villamosenergia-árak alakulása sem túl szélsőséges.

**26. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (megújuló támogatás; jövedéki adó és energiahatékonysági beruházási támogatás) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

	Három szabályozó eszköz	Két szabályozó eszköz			
Szélerőművi támogatás, €/MWh	80	90	112	100	Nincs szabályozás
Naperőművi támogatás, €/MWh	136	153	191	170	Nincs szabályozás
Jövedéki adó, €/GJ	1,0	Nincs	1,0	2,6	0,1
Energhiahatékonysági beruházás	LPI	LPI	Nincs szabályozás	Nincs szabályozás	LPI
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	43,5	31,5	24,8	44,6	43,0
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	48,4	49,2	80,5	69,4	43,0
Megújuló termelés, TWh	1 198	1 475	2 061	1 696	1 042
Megújuló arány, %	40,3%	48,1%	67,2%	55,3%	34,0%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	2 972	3 066	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 651	1 619	1 208	1 403	1 866

#### IX.3.6.2. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer, jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás együttes alkalmazása

Ha 2013-2020 között átlagosan 1,8 milliárd tonna szén-dioxidban maximalizáljuk a kiosztandó kvóták mennyiségét, 0,5 €/GJ-os jövedéki adót vetünk ki a fosszilis erőművek tüzelőanyag-felhasználására, illetve ha azon energiahatékonysági beruházások is megvalósulnak, amelyek magas diszkontráta mellett megtérülők, akkor mindhárom EU-s célkitűzés megvalósítható. Ebben az esetben a megújulók elterjedtsége nem növekszik abszolút értelemben, de a csökkenő villamosenergia-fogyasztás révén a megújuló arány növekszik. A kiskereskedelmi és a nagykereskedelmi ár is 46 €/MWh körül alakul. Ha az

energiahatékonysági beruházások nem valósulnak meg, akkor csak magasabb villamosenergia-árak mellett lennének teljesíthetőek a kitűzött célok (27. táblázat).

**27. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (emisszió kereskedelmi rendszer; jövedéki adó és energiahatékonysági beruházás-támogatás) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

	Három szabályozó eszköz	Két szabályozó eszköz			
Szén-dioxid kvóta mennyisége, mt	1800	Nincs szabályozás	1868	1700	1600
Jövedéki adó, €/GJ	0,5	0,1	Nincs	1,3	0,3
Energiahatékonysági beruházás	LPI	LPI	LPI	Nincs szabályozás	Nincs szabályozás
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	46,1	43,0	42,8	62,0	61,6
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	46,1	43,0	42,8	62,0	61,6
Megújuló termelés, TWh	1 042	1 042	1 042	1 043	1 043
Megújuló arány, %	35,2%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	2 961	3 066	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 768	1 866	1 861	1 716	1 631

#### IX.3.6.3. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer, megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházás együttes alkalmazása

Ha jövedéki adó helyett megújuló támogatást alkalmazunk, akkor növekszik a megújulók elterjedtsége, amely révén kismértékben emelkedik a kiskereskedelmi ár, de csökken a nagykereskedelmi ár. Látható, hogy ilyen körülmények között az emisszió kereskedelmi rendszer hatástalanná válik, azaz a szén-dioxid kvóta ára nulla közelébe csökken (28. táblázat).

**28. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (emisszió kereskedelmi rendszer; megújuló támogatás és energiahatékonysági beruházási támogatás) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

	Három szabályozó eszköz	Két szabályozó eszköz		
Szélerőművi támogatás, €/MWh	90	90	Nincs	114
Naperőművi támogatás, €/MWh	153	153	szabályozás	194
Szén-dioxid kvóta mennyisége, mt	1 800	Nincs szabályozás	1 868	1 800
Energiahatékonysági beruházás	LPI	LPI	LPI	Nincs szabályozás
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	31,3	31,5	42,8	19,5
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	49,1	49,2	42,8	85,0
Megújuló termelés, TWh	1 479	1 475	1 042	2 119
Megújuló arány, %	48,3%	48,1%	34,0%	69,1%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	3 061	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 614	1 619	1 861	1 200

#### IX.3.6.4. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer, megújuló támogatás és jövedéki adó együttes alkalmazása

Ha 2 €/GJ-os jövedéki adót alkalmazva, 103, illetve 175 €/MWh-ás megújuló támogatás és emisszió kereskedelmi rendszert bevezetve, amely során a sapka nagysága 1,5 milliárd tonna, akkor a kialakuló kiskereskedelmi ár meghaladja a 70 €/MWh-át, míg a nagykereskedelmi ár

valamivel 40 €/MWh alá csökken. A megújuló támogatásnak köszönhetően a megújulók aránya megközelíti a 60 %-ot (29. táblázat).

**29. táblázat: A főbb modellezési eredmények kettő, illetve három szabályozó eszköz (emisszió kereskedelmi rendszer; megújuló támogatás és jövedéki adó) alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

	Három szabályozó eszköz	Két szabályozó eszköz		
Szélerőművi támogatás, €/MWh	103	109	Nincs szabályozás	104
Naperőművi támogatás, €/MWh	175	186		177
Szén-dioxid kvóta mennyisége, mt	1 500	Nincs szabályozás	1 700	1 300
Jövedéki adó, €/GJ	2,0	2,0	1,26	Nincs szabályozás
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	38,4	31,7	62,0	36,1
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	70,3	75,1	62,0	70,7
Megújuló termelés, TWh	1 795	1 976	1 043	1 827
Megújuló arány, %	58,5%	64,4%	34,0%	59,6%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	3 066	3 066	3 066	3 066
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 351	1 223	1 716	1 294

### IX.3.7. Mind a négy szabályozó eszköz együttes alkalmazása

Végül megvizsgáltuk, hogy milyen főbb modellezési eredmények születnek, ha mind a négy, általunk vizsgált szabályozó eszközt alkalmazzuk. A 30. táblázat mutatja, hogy már 80, illetve 136 €/MWh-os szél és naperőművi átvételi ár, 0,5 €/GJ-os jövedéki adó, 1,8 milliárd tonna emissziós jogot kiosztva, illetve feltételezve, hogy minden olyan energiahatékonysági beruházás megvalósul, amely magas diszkontráta mellett is megtérül (LPI). Ilyen körülmények között a kialakuló európai súlyozott nagykereskedelmi áram ára 40,3 €/MWh, míg a kiskereskedelmi ár 45,5 €/MWh. Köszönhetően a megújuló támogatásnak a referencia esethez képest több megújuló kapacitás épül meg. Az alacsonyabb villamosenergia-fogyasztás, és a megújuló támogatás révén a megújuló arány 40 %-osra növekszik.

**30. táblázat: A főbb modellezési eredmények három, illetve négy szabályozó eszköz alkalmazása esetén, amelyek teljesítik a 20-20-20-as célokat**

	Négy szabályozó eszköz	Három szabályozó eszköz			
Energiahatékonysági beruházás	LPI	Nincs szabályozás	LPI	LPI	LPI
Szélerőművi támogatás, €/MWh	80	103	90	80	Nincs szabályozás
Naperőművi támogatás, €/MWh	136	175	153	136	
Szén-dioxid kvóta mennyisége, mt	1 800	1 500	1 800	Nincs szabályozás	1800
Jövedéki adó, €/GJ	0,5	2	Nincs szabályozás	1,0	0,5
Súlyozott európai nagykereskedelmi ár, €/MWh	40,3	38,4	31,3	43,5	46,1
Súlyozott európai kiskereskedelmi ár, €/MWh	45,5	70,3	49,1	48,4	46,1
Megújuló termelés, TWh	1 204	1 795	1 479	1 198	1 042
Megújuló arány, %	40,0%	58,5%	48,3%	40,3%	35,2%
Villamosenergia-fogyasztás, TWh	3 014	3 066	3 061	2 972	2 961
Szén-dioxid kibocsátás, mt	1 686	1 351	1 614	1 651	1 768

Érdemes megvizsgálni, hogy mennyivel jár más eredménnyel, ha nem négy, hanem csak három szabályozó eszközt alkalmazunk. Ha elhagyjuk az energiahatékonysági beruházás támogatást, akkor magasabb jövedéki adó, szűkebb emissziós sapka, és magasabb megújuló támogatás szükséges, hogy mindhárom EU-s célt elérjük. Ezáltal további megújuló kapacitások épülnek ki, megközelítve a 60 %-os megújuló arányt, illetve a szén-dioxid kibocsátás is mérséklődik. Ugyanakkor a kiskereskedelmi ár meghaladja a 70 €/MWh-át, míg a nagykereskedelmi ár kisebb, mintha négy szabályozó eszközt alkalmaznánk.

Jövedéki adó alkalmazása nélkül a megújuló támogatást kell növelni annak érdekében, hogy elérhetővé váljanak a kitűzött célok. Ez magasabb megújuló termeléshez vezet, amely csökkenti a nagykereskedelmi árat, ugyanakkor növeli a kiskereskedelmi árat. Szén-dioxid kereskedelmi rendszer hiányában növelni kell a jövedéki adó mértékét, amely összességében nagyon hasonló eredményekhez vezet, mintha négy szabályozó eszközt alkalmaznánk.

Végül megújuló támogatási rezsim hiányában hasonló jövedéki adó, szén-dioxid sapka, illetve energiahatékonysági beruházás-támogatás szint mellett is elérhetővé válnak a kitűzött célok. Ekkor azonban nem épül a referencia, szabályozás nélküli esethez képest több megújuló kapacitás. Mind a nagykereskedelmi, mind a kiskereskedelmi ár meghaladja a négy szabályozó eszköz használata esetén kialakuló árakat.

### **IX.3.8. Érzékenységvizsgálat**

Hasonlóan a  $KK_1$  kutatási kérdés elemzéséhez a  $H_2$  hipotézis tesztelése során is parciális érzékenységvizsgálatot végzünk, annak érdekében, hogy megvizsgáljuk a kapott eredmények robusztusságát. Ebben az esetben is három tényezőre vonatkozóan végezzük el ezt a vizsgálatot.

- Hosszú távú árrugalmasság értéke: Alapesetben feltételeztük, hogy a hosszú távú árrugalmasság értéke 0,25. Az érzékenységvizsgálat során ezen érték helyett 0,1-et használtunk.
- Szén ára: A parciális érzékenységvizsgálat alkalmával feltételezzük, hogy mind a feketeszen, mind pedig a lignit 50 %-kal drágábban érhető el.
- Földgáz ára: Ebben az esetben azt feltételeztük, hogy a földgáz ára 50 %-kal olcsóbb az alapesethez képest.

A következőkben elvégezzük a három parciális érzékenységvizsgálatot. Minden esetben csak a szabályozás nélküli, illetve egyetlen szabályozó eszköz használatával kialakuló eredményeket hasonlítjuk össze. Azaz nem közöljük azon eseteket, amikor kettő, vagy több szabályozó eszköz kerül egyszerre alkalmazásra. Ennek oka, hogy már az egy szabályozó eszköz alkalmazásával is jól elemezhetőek az érzékenységvizsgálat eredményei.

#### IX.3.8.1. Az árrugalmassági együttható értéke

Ha a referencia esetben használt 0,25-ös árrugalmassági együttható helyett 0,1-et alkalmazunk, akkor a referencia esetben, ha nincs érvényben egyetlen szabályozó eszköz sem, akkor a kapott eredmények - a várakozásainknak megfelelően - nem változnak meg. Ezzel szemben emisszió kereskedelmi rendszer bevezetésével, sokkal szűkebb sapkát kell alkalmazni, hogy a 20-20-20-as célok elérhetővé váljanak. A referencia esetben 1560 millió tonna szén-dioxid kvótamennyiség mellett teljesíthetők a célok, addig alacsonyabb árrugalmassági tényező alkalmazása esetében ez lecsökken 1,2 milliárdra. Ennek hatására megnövekszik a szén-dioxid ár, amely magasabb villamosenergia-árakhoz vezet. Azért szükséges szűkebb sapkát alkalmazni, mivel az áremelkedésre kevésbé reagál a fogyasztás, azaz magasabb áremelkedésnek kell bekövetkeznie, annak érdekében, hogy mérséklődjön a fogyasztás.

Csak megújuló támogatási rendszert alkalmazva a reális támogatási tartományban nem érhetőek el a kijelölt célok. Nézzük meg, hogy mi történik csak megújuló támogatási rendszer bevezetésekor ilyen alacsony hosszú távú árrugalmassági együttható érték mellett. Ahogyan a referencia esetben is láttuk, a támogatás növekedésével csökken a nagykereskedelmi ár, de növekszik a kiskereskedelmi ár. Az alapesetben a kiskereskedelmi árnak nagyobb szerepe van, mint a nagykereskedelmi árnak, mivel a hosszú távú árrugalmassági együttható értéke nagyobb, mint a rövid távúé. A parciális érzékenységvizsgálat során azonban azonos ezen két együttható értéke, így mindkét ár (kis és nagykereskedelmi) is ugyanannyira fontos tényező. Ha tehát növekszik a megújuló támogatás, akkor csökken a nagykereskedelmi ár, de növekszik a kiskereskedelmi ár. Habár a két árváltozás nem teljesen szimmetrikus, azonban a kicsit magasabb kiskereskedelmi árváltozás nem tud oly mértékű fogyasztáscsökkenést okozni, amely révén elérhetővé válna a 20-20-20-as cél energiahatékonyságra vonatkozó célkitűzése. Nyilvánvalóan létezik olyan magas támogatási ár, amikor már a nagykereskedelmi ár nem csökken, a kiskereskedelmi ár viszont növekszik, és ekkor a fogyasztás is mérséklődik. Lényegében ezzel az eszközzel is elérhetővé válik a kitűzött cél, csak a támogatás mértéke irreálisan magas, azaz már olyan szinten mozog a támogatási ár, amely mellett már nem nő a megújuló termelés, csak extraprofitot biztosítunk a megújuló termelőknek.

Ahhoz, hogy csak jövedéki adó kivetésével elérhetővé váljanak a 20-20-20-as célok, az alapesethez képest magasabb, 4,0 €/GJ-os adót kell alkalmazni. Ez teljesen hasonlóan működik, mint az emisszió kereskedelem esetében a szűkebb sapka: növekednek a fosszilis erőművek termelési költségei, amely megnöveli a villamosenergia-árát, amely fogyasztás csökkenéshez vezet. Mivel azonban kisebb az árrugalmassági együttható értéke, ezért magasabb árváltozás szükséges, azaz magasabb adót kell alkalmazni.

Végül az energiahatékonysági beruházások támogatása esetében a hosszú távú árrugalmassági együttható értéke nem befolyásolja a kapott eredményeket.

#### IX.3.8.2. A földgáz ára

Ha nem kerül semmilyen szabályozó eszköz alkalmazására, akkor alacsonyabb földgáz ár esetén alacsonyabb lesz a kialakuló villamosenergia-ára. Mivel a földgáz-tüzelésű erőművek versenyképesebbek lesznek, ezért csökken a szénerőművek termelése, amely csökkenő termelést a földgáz-tüzelésű erőművi termelés helyettesít. Ezáltal csökken a szén-dioxid kibocsátás is.

Ha csak emisszió kereskedelmi rendszert alkalmazunk, akkor lényegesen szűkebb sapkát kell alkalmazni. Ekkor a szén-dioxid kvóta árfolyama az alapesethez képest közel duplájára nő, ennek ellenére a kialakuló villamosenergia-ára alacsonyabb lesz az alapesethez képest. Ennek oka természetesen az alacsonyabb földgáz ár.

Lényegesen alacsonyabb megújuló támogatási ár szükséges a kijelölt célok teljesítéséhez, ha alacsonyabb földgáz árral számolunk. A kisebb támogatási ár csökkenti a megújulók elterjedését (a referencia esethez viszonyítva), amely viszont alacsonyabb kiskereskedelmi árnövekedéshez vezet.

Ha csak jövedéki adót alkalmazunk, akkor magasabb adószint szükséges a célok teljesítéséhez, de ennek mértéke nem éri el a 3 €/GJ-t. Még azonban így is alacsonyabb lesz a kialakuló ár, illetve a szénerőművek háttérbe szorulása miatt a szén-dioxid kibocsátás is mérséklődik az alapesethez viszonyítva.

Végül csak energiahatékonysági beruházási támogatás esetében még akkor sem érhető el a megújulás cél, ha a technológiai potenciált vesszük figyelembe. Ezek alapján tehát elfogadhatjuk a megfogalmazott hipotézist, mivel csak energiahatékonysági beruházás révén nem érhetőek el a 20-20-20-as célok.

#### IX.3.8.3. A szén ára

A szabályozás nélküli esetben a magasabb szén ár, magasabb villamosenergia-árakat eredményez, amely csökkenti a villamosenergia-fogyasztást, illetve a csökkenő szénerőművi termelés mérsékli a szén-dioxid kibocsátást.

Ha csak emisszió kereskedelmi rendszert vezetünk be, akkor szűkebb sapkát kell alkalmazni, hogy mindhárom célt elérhessük. Ennek oka, hogy mivel a 2013-as és 2014-es futtatások esetében is a magasabb szénárral számolunk, ezért ahhoz, hogy az árrugalmasságból adódó fogyasztás-csökkenés megegyezzen a kijelölt céllal, még jobban kell növekednie a villamosenergia-árának, mivel az árrugalmasságnál a százalékos változás az irányadó és nem az abszolút változás mértéke.

Magasabb szén ár esetében csak megújuló támogatási rendszert alkalmazva kismértékben magasabb támogatási szint szükséges a célok eléréséhez. A magasabb támogatási ár növeli a megújulók elterjedését, amely révén növekszik a kiskereskedelmi ár is, ugyanakkor mérséklődik a szén-dioxid kibocsátás.



Csak jövedéki adót alkalmazva mintegy 0,5 €/GJ-al magasabb adót kell kivetni a fosszilis erőművi tüzelőanyag-felhasználásra a referencia esethez képest. A magasabb adószint hatására növekszik a villamosenergia-ára, ugyanakkor a megújulók aránya nem változik.

Végül csak energiahatékonysági beruházási támogatást alkalmazva nem változik jelentősen a kép: a megemelkedett szénár következtében a nagykereskedelmi ár is nagyobb lesz az alapesethez viszonyítva.

#### IX.3.8.4. Parciális érzékenységvizsgálat összefoglalása

Az előzőekben bemutattuk a három parciális érzékenységvizsgálat eredményeit. A 31. táblázat pedig összefoglalja a legfontosabb eredményeket. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a vizsgált hipotézisre egyedül a gázár bír jelentős hatással: ha alacsony gázárat feltételezünk, akkor csak energiahatékonysági beruházás támogatással nem érhetőek el a 20-20-as célok közül a megújuló felhasználásra vonatkozó. Ebben az esetben lényegében elfogadjuk a hipotézis teljes állítását. Habár az összes többi eset némelyikében jelentősen változtak az eredmények, ugyanakkor ezek nem befolyásolták a hipotézisre adott választ.

**31. táblázat: Az érzékenységvizsgálat eredményeinek összefoglalása**

		Nincs szabályozó eszköz	Csak emisszió kereskedelem	Megújuló támogatás	Jövedéki adó	Energiahatékonysági beruházási támogatás
Referencia eset		-	1560 Mt	114 €/MWh, illetve 193 €/MWh	2,4 €/GJ	LPI és HPI között
Árugalmaság	Szabályozási szint	-	1200 Mt	Reális átvételi ár mellett nem lehet elérni az energiahatékonysági célt	4,0 €/GJ	LPI és HPI között
	Megjegyzés	Megegyező eredmény	A kvótaár duplájára nő -> magasabb a kialakuló ár-> arányában és abszolút értékben is növekszik a megújuló termelés; azonos fogyasztás		Magasabb a kialakuló ár; gázos termelés növekszik a szénerőművi termelés rovására; azonos fogyasztás és megújuló arány	közel megegyező eredmény
Gázár	Szabályozási szint	-	1250 Mt	97 €/MWh, illetve 164 €/MWh	2,8 €/GJ	Még technológiai potenciál mellett sem érhető el a megújuló cél
	Megjegyzés	Alacsonyabb a kialakuló ár -> magasabb fogyasztás; lényegesen kisebb szénerőművi termelés -> kisebb szén-dioxid kibocsátás	Lényegesen magasabb, 50 €/t-ás CO2 kvóta ár; ennek ellenére alacsonyabb ár	Kisebb támogatási ár -> alacsonyabb elterjedtség -> alacsonyabb kiskereskedelmi ár; magasabb szén-dioxid kibocsátás	Alacsonyabb a kialakuló ár; azonos fogyasztás; kisebb szén-dioxid kibocsátás	
Szénár	Szabályozási szint	-	1260 Mt	120 €/MWh, illetve 204 €/MWh	2,9 €/GJ	LPI és HPI között
	Megjegyzés	Magasabb a kialakuló ár -> kisebb fogyasztás; lényegesen alacsonyabb szénerőművi termelés; alacsonyabb szén-dioxid kibocsátás	Magasabb kvótaár -> magasabb kialakuló ár; azonos megújuló arány és mennyiség	Magasabb megújuló támogatási ár -> magasabb megújuló termelés -> magasabb kiskereskedelmi ár; alacsonyabb szén-dioxid kibocsátás	Magasabb kialakuló ár; azonos megújuló arány és mennyiség	Magasabb nagykereskedelmi ár -> kisebb fogyasztás -> kisebb szén-dioxid kibocsátás

#### IX.3.9. A H<sub>2</sub> hipotézis összefoglalása

Az előzőekben megvizsgáltuk, hogy a H<sub>2</sub> hipotézis elfogadható, vagy elvethető-e. A H<sub>2</sub> hipotézist a következőképpen fogalmaztuk meg:

*Az általunk vizsgált négy szabályozó eszköz (jövedéki adó, megújuló támogatás, emisszió kereskedelem, energiahatékonysági beruházási támogatás) bármilyen kombinációjával*

*elérhető az EU által 2020-ra kitűzött 20-20-20-as cél, kivéve, ha csak energiahatékonysági beruházási támogatási eszköz áll rendelkezésre.*

A modellezéssel történő vizsgálat rámutatott arra, hogy minden szabályozó eszközkombináció esetében elérhetővé válnak az EU által kitűzött 20-20-20-as célkitűzések. Ezért a H<sub>2</sub> hipotézist elvetjük, mivel csak energiahatékonysági beruházás támogatással is elérhetővé válnak a célok.

A kvantitatív modellezési vizsgálat számos fontos tanulsággal szolgál:

- Az egyik legfontosabb konklúzió, hogy minél több szabályozó eszközt alkalmazunk, annál kevésbé lesznek szélsőségesek a kialakuló legfontosabb változók értékei. Habár a három EU által kitűzött cél bármilyen kombinációban megvalósítható, ennek ellenére javasolt 3-4 szabályozó eszközt is alkalmazni. Így a kialakult árak, villamosenergia-mix vagy a szén-dioxid kibocsátás kevésbé drasztikusan változik egy szabályozás nélküli esethez viszonyítva. Ha például csak megújuló támogatást alkalmazunk, akkor igen alacsony lehet a nagykereskedelmi villamosenergia-ára, amely átformálhatja az európai villamosenergia-piac működését. Emellett azonban a fogyasztók által fizetett kiskereskedelmi árak 100 €/MWh-a felé is növekedhetnek.
- A megújuló cél sok esetben azért teljesül, mivel a cél százalékosan került meghatározásra, nem pedig abszolút értékben. Ha nem kerül sor megújuló támogatási eszköz alkalmazására, akkor a termelt megújuló mennyiség szignifikánsan nem változik a szabályozás nélküli esethez képest. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy az elemzés során csak olyan tartományban vizsgáltuk az egyes szabályozó eszközök szintjének hatását, amely mellett már teljesülnek a kijelölt célok. Így nem vizsgáltuk nagyon szűk sapka, illetve magas jövedéki adó szint mellett a megújuló erőforrásokra gyakorolt hatást.
- A jövedéki adó és az emisszió kereskedelem szinte tökéletesen egymás helyettesítői, így a kettő közül adminisztratív okok miatt csak az egyik alkalmazása javasolt. Jelentős különbség nincs a két eszköz között, hiszen mindkettő a tüzelőanyag-felhasználásra vonatkozik, azaz díjazza a hatásfokjavulást (egységnyi kiadott hasznos energiára kisebb adótartalom jut). Kis különbség, hogy a szén-dioxid kereskedelem a széntüzelésű erőműveket jobban sújtja, mint a jövedéki adó.

#### **IX.4. A KK<sub>2</sub> KUTATÁSI KÉRDÉS VIZSGÁLATA**

*KK<sub>2</sub>: Magyarországnak milyen olyan szabályozó eszközkombináció előnyös, amely mellett teljesülnek az Európai Unióra vonatkozó 20-20-20-as célok.*

Az előzőekben megvizsgáltuk, hogy milyen szabályozó eszközkombinációk mellett érhetőek el az EU által kitűzött 20-20-20-as célok. A KK<sub>2</sub> kutatási kérdés során pedig arra keressük a számszerű választ, hogy ezen kombinációk eredményeképpen milyen villamosenergia-árak,

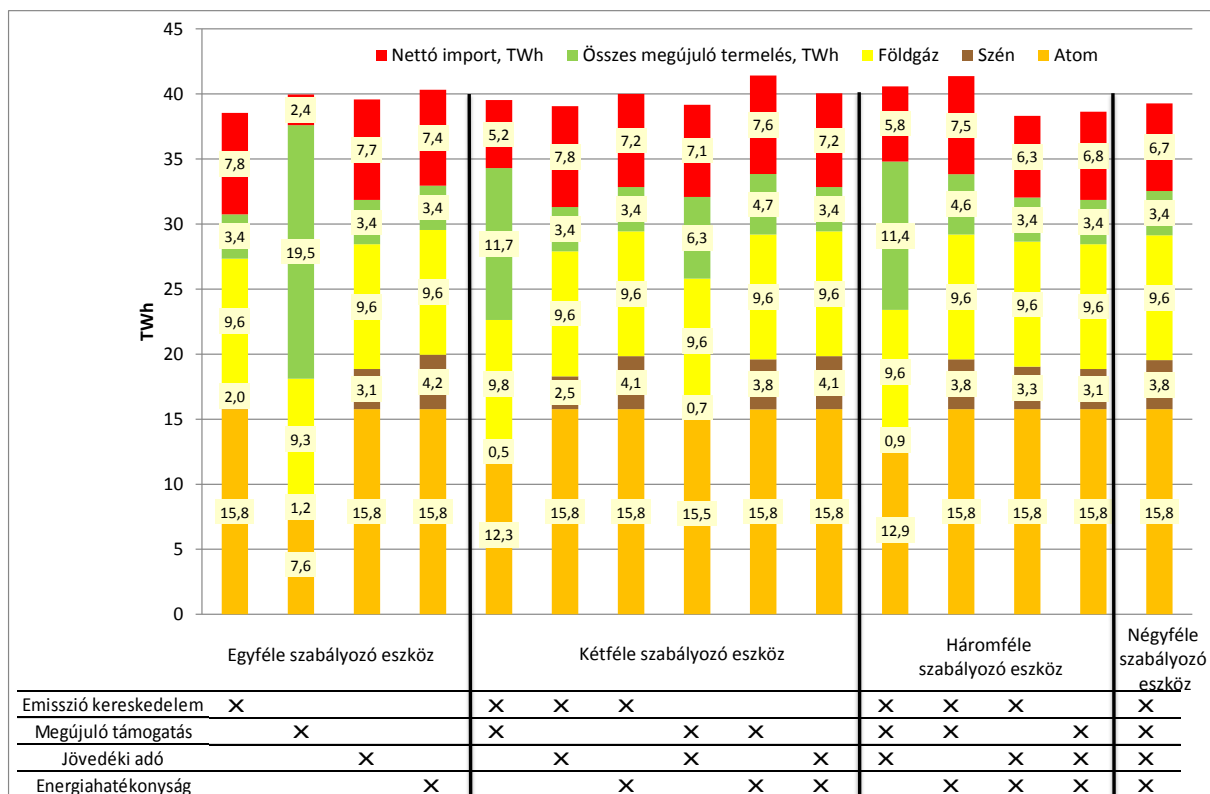
és villamosenergia-mixek alakulnak ki Magyarországon, és ezek közül melyik előnyös hazánk számára.

A megfogalmazott kutatási kérdés vizsgálata során nem lehet olyan mutatókat képezni, amely egyértelműen meghatározná, hogy melyik szabályozó eszközkombináció a legelőnyösebb. A KK<sub>2</sub> vizsgálata során ezért az Országgyűlés által elfogadott Energiastratégiában (2012) lévő alapelvekből indulunk ki. Az elfogadott Energiastratégia a következő főbb alapelveket határozza meg, nem fontossági sorrendben.

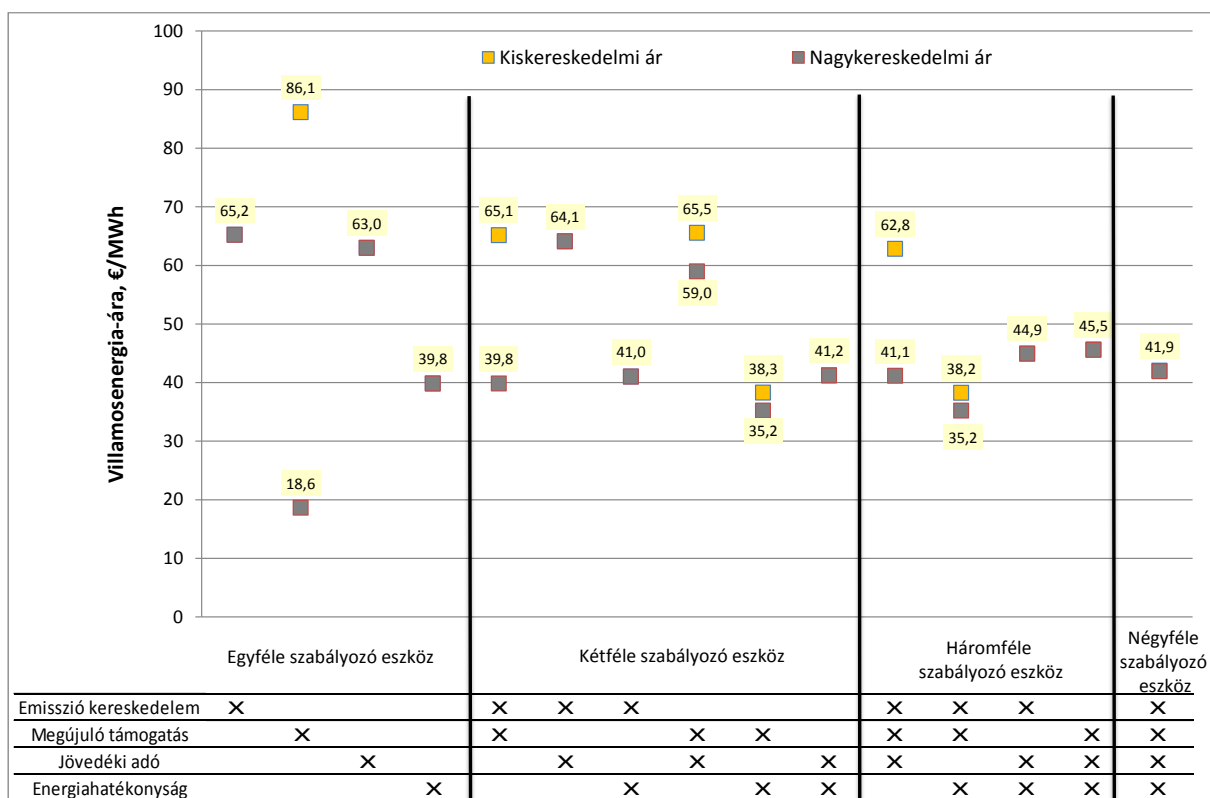
- Az energiafüggettség csökkentése, amely a villamosenergia-szektor esetében alacsonyabb nettó importarányt jelent.
- Megújuló arány növelése: a Magyarország Megújuló Energiahasznosítási Cselekvési Terv (NCsT) meghatározta a villamosenergia-szektorban a megújuló erőforrások felhasználásának arányát. Ezek alapján 2020-ra a megújuló termelés aránya a teljes villamosenergia-fogyasztáshoz viszonyítva 10,9 % kell lennie. Az Energiastratégia pedig ezen célszámot jelölte ki, mint elérendő célt.
- Megfizethető villamosenergia-árak, azaz minél alacsonyabb kiskereskedelmi villamosenergia-árat.
- Diverzifikált erőművi portfólió, amelyben megjelenik mind az atomenergia, mind a megújuló energia csakúgy, mint a szénbázisú és földgáz-bázisú áramtermelés.

Ezen tényezők alapján lehet értékelni, hogy Magyarországnak melyik eszközkombináció lehet előnyös, azaz melyik illeszkedik legjobban az Energiastratégiához. Az 55. ábra és 56. ábra mutatja a 15 különböző szabályozó eszközkombináció esetben a magyarországi villamosenergia-mixet, illetve a hazai piacon kialakuló kiskereskedelmi és nagykereskedelmi villamosenergia-árat.

**55. ábra: Magyarországra vonatkozó villamosenergia-mix alakulása azon szabályozó eszközkombinációk esetében, amelyek teljesítik az összeurópai 20-20-20-as célokat**



**56. ábra: Magyarországra vonatkozó villamosenergia-árak alakulása azon szabályozó eszközkombinációk esetében, amelyek teljesítik az összeurópai 20-20-20-as célokat**



Az 55. ábra és 56. ábra adatai alapján megvizsgáltuk, hogy az adott eszközkombináció mennyire felel meg az Energiastratégiában megfogalmazott alapelveknek. A megújuló energiaszolgáltatási arányon kívül konkrét számokat az Energiastratégia nem fogalmaz meg, ezért a többi alapelv esetében a következő módon határoztuk meg, hogy összhangban van-e a kapott eredmény az Energiastratégiával. Vettük a 15 szabályozó eszköz eredményeit, és kiszámoltuk ezek egyszerű számtani átlagát, amelyhez viszonyítottuk az adott eszközkombinációt. Ha az adott eszközkombináció esetében ezen tényező értéke meghaladja az átlagot, akkor a szénművi és az atomerőművi termelés esetében teljesíti az Energiastratégiában meghatározott alapelveket, míg a villamosenergia-fogyasztás, kiskereskedelmi ár és nettó import esetében nem teljesíti azt.

A 32. táblázat zöld színnel mutatja azon eseteket, amelyek összhangban vannak az Energiastratégiával, illetve piros színnel, amelyek nem. Látható, hogy nincs olyan eszközkombináció, amely mind a hat eredményváltozó esetében összhangban lenne az Energiastratégiával. A legtöbb feltételt azon eszközkombináció teljesíti, amely során emisszió kereskedelmi rendszert, jövedéki adót és energiahatékonysági beruházási támogatást alkalmazunk. Látni kell, hogy ebben az esetben Magyarországon sem épülnek megújuló többletkapacitások a referencia, szabályozás nélküli esethez képest. Összesen négy olyan eset létezik, amely esetben a hat eredményváltozóból négy megfelel az Energiastratégia alapelveinek. Ezek közé tartozik, ha az emisszió kereskedelmi rendszer kivételével mind a négy szabályozó eszközt alkalmazzuk. Továbbá, ha megújuló támogatást, csak energiahatékonysági beruházási támogatással vagy csak emisszió kereskedelemmel egészítjük ki. Ez utóbbi két esetben teljesül csak az NCsT (és az Energiastratégia) által meghatározott megújuló arány.

**32. táblázat: Az egyes szabályozó eszközkombinációk esetében az egyes tényezőkre gyakorolt hatás összefoglalása**

	Egy szabályozó eszköz				Két szabályozó eszköz						Három szabályozó eszköz				Négy szabályozó eszköz
Emisszió kereskedelem	X				X	X	X				X	X	X		X
Megújuló támogatás		X			X			X	X		X	X		X	X
Jövedéki adó			X			X		X		X	X		X	X	X
Energhatékonsági beruházás				X			X		X	X		X	X	X	X
Megújuló arány	alacsony	magas	alacsony	alacsony	magas	alacsony	alacsony	magas	magas	alacsony	magas	magas	alacsony	alacsony	alacsony
Villamosenergia-ára	magas	magas	magas	alacsony	magas	magas	alacsony	magas	alacsony	alacsony	magas	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
Szénművi termelés	alacsony	alacsony	magas	magas	alacsony	alacsony	magas	alacsony	magas	magas	alacsony	magas	magas	magas	magas
Villamosenergia-fogyasztás	alacsony	magas	alacsony	magas	alacsony	alacsony	magas	alacsony	magas	magas	magas	magas	alacsony	alacsony	alacsony
Nettó import	magas	alacsony	magas	magas	alacsony	magas	magas	magas	magas	magas	alacsony	magas	alacsony	magas	magas
Atomerőművi termelés	magas	magas	alacsony	magas	magas	alacsony	magas	magas	magas	magas	magas	alacsony	magas	magas	magas

Hasonlóan a H<sub>2</sub> hipotézishez, ebben az esetben is elvégeztük a legfontosabb három tényezőre vonatkozóan az érzékenységvizsgálatot. A 33. táblázat mutatja, hogy a három parciális érzékenységvizsgálat, illetve a referencia forgatókönyv esetében a hat legfontosabb tényezőre gyakorolt hatás közül hány van összhangban az Energiastratégiával. Látható, hogy az összes szcenárióban (alapeset és a három érzékenységvizsgálat) akkor idomul a kapott eredmény a legjobban az Energiastratégia alapelveihez, ha három vagy négy szabályozó eszközt

alkalmazunk. Ezalól egy kivétel van, nevezetesen ha az energiahatékonysági beruházási támogatás mellőzésével az összes szabályozó eszközt alkalmazzuk. Összességében tehát azt mondhatjuk, hogy az érzékenységvizsgálat nem változtatja meg a következtetéseinket, így az eredményeink robosztusnak tekinthetők.

**33. táblázat: Az egyes szabályozó eszközkombinációk és különböző érzékenységvizsgálat esetében a hat legfontosabb tényező közül hány van összhangban az Energiastratégiával**

	Egy szabályozó eszköz				Két szabályozó eszköz						Három szabályozó eszköz				Négy szabályozó eszköz
Emisszió kereskedelem	X				X	X	X				X	X	X		X
Megújuló támogatás		X			X			X	X		X	X		X	X
Jövedéki adó			X			X		X		X	X		X	X	X
Energhatékonsági beruházás				X			X		X	X		X	X	X	X
Alapeset	2	3	2	3	4	1	3	3	4	3	3	3	5	4	4
Alacsony árugalmaság	3	3	3	3	2	3	4	3	3	5	3	6	5	3	6
Alacsony gázár	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Magas szénár	2	2	3	3	3	2	3	3	4	3	2	4	5	4	4

## X. A DISSZERTÁCIÓ MEGÁLLAPÍTÁSAINAK ÉS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

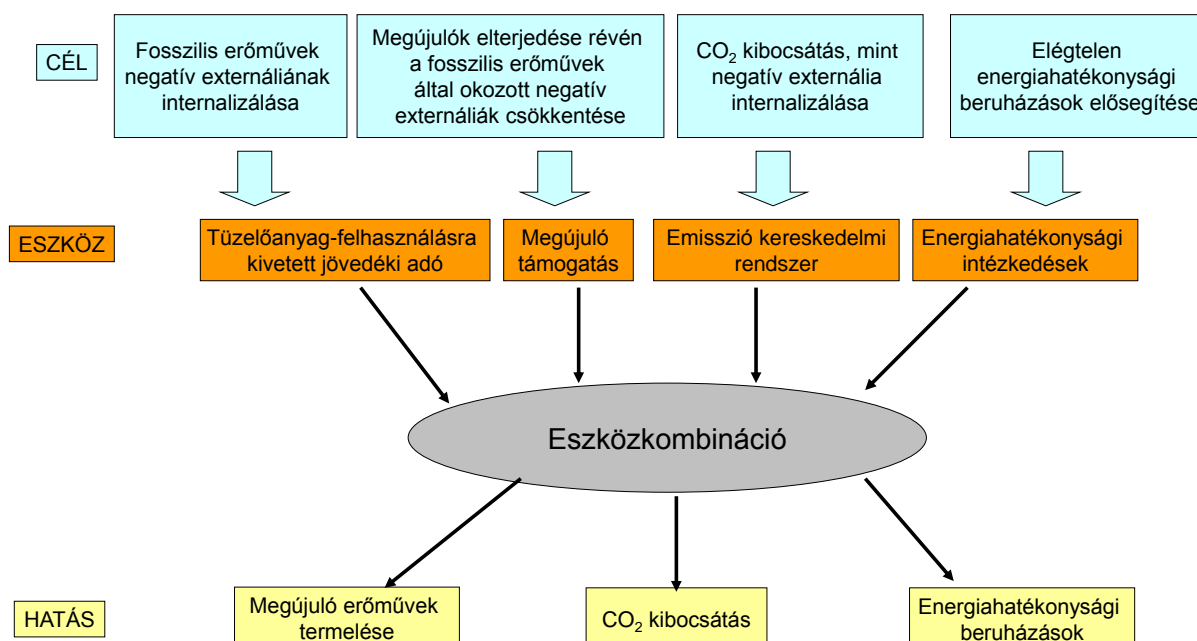
A villamosenergia-szektorban számos piaci kudarc létezik, amelyek közül disszertációban a következő kettőt mutattunk be részletesebben: a környezeti externáliákat, illetve az energiahatékonysági beruházásokhoz kapcsolódó piaci kudarcokat. Ezen piaci kudarcok kezelésére számos szabályozó eszköz áll rendelkezésre. Ezek közé tartoznak a szennyezőbb technológiákra kivetett jövedéki adó, a tisztább technológiák támogatása, emisszió kereskedelmi rendszer bevezetése vagy az energiahatékony beruházások valamilyen módon való támogatása. Ezen eszközök azonban hasonló mechanizmuson keresztül fejtik ki hatásukat, így direkt vagy indirekt módon - a villamosenergia-árán keresztül - hatnak egymásra. A disszertáció központi témája ennek az interakciónak a vizsgálata volt.

A szabályozó eszközök egymásra hatását négy lépcsőben vizsgáltuk:

- Elméleti, mikroökonómiai megközelítés
- Szakirodalmi áttekintés
- Empirikus, európai adatok elemzése
- Európai villamosenergia-szektor modellezése

Az **elméleti, mikroökonómiai** megközelítés vizsgálata során elemeztük a négyféle szabályozó eszközből képezhető összes eszközkombináció hatását a három legfontosabb tényezőre, amelyek tükrözik a piaci kudarcok mértékét. Ez a három legfontosabb tényező a megújuló alapú villamosenergia-termelés mennyisége, a szén-dioxid kibocsátás alakulása, illetve az energiahatékonysági beruházások mértéke (57. ábra).

57. ábra: A meghatározott célok, az alkalmazott eszközök és a tényezők, amelyek révén mérhetők a célok



Az elemzés során arra a következtetésre jutottunk, hogy a 15 kombinációból hét esetben egyértelműen pozitívan hatnak az alkalmazott eszközök az előbb felsorolt tényezőkre, így mindkét piaci kudarc mértéke mérséklődik. További hét esetben nem lehet egyértelműen állást foglalni a három fő tényezőre való hatás irányáról. Végül egy esetben, ha csak energiahatékonysági beruházást alkalmazunk, akkor a megújuló energiaforrások elterjedésére való hatás negatív.

A **szakirodalom** két irányból elemzi a szabályozó eszközök egymásra hatását. Az egyik részük elméleti oldalról vizsgálta, míg a másik részük modellezés eszközével kívánt választ adni az elemzett kérdésre. Az utóbbiak egy része általános egyensúlyi modelleket használ, másik részük pedig tökéletes versenyt feltételező szektorális modellt. Mindössze néhány olyan szakirodalmat találunk, amely oligopol modelleket alkalmaz a szabályozó eszközök egymásra hatásának vizsgálatához. Ezek alapján megállapítható, hogy a szakirodalmak jellemzően a zöld bizonyítvány és az emisszió kereskedelmi rendszer egymásra hatását vizsgálják. Kutatásom során nem találtam olyan cikket, amely a legalább három vagy négy szabályozó eszköz egymásra hatását modellezéssel vizsgálta volna.

Az **empirikus elemzés** során két kérdést vizsgáltunk. Az első esetben statisztikai módszerek segítségével bizonyítottuk, hogy az Energiahatékonysági Direktíva tervezet és a szén-dioxid kvóta árfolyam között összefüggés figyelhető meg. Az Európai Bizottság által készített Irányelvtervezet publikálásakor jelentősen csökkentek a szén-dioxid kvóta árfolyamok. Ez egybeesik azzal, amit elméleti oldalról várni lehetett. Vizsgáltuk az európai szén-dioxid kvóták (EUA) és a forgalmazható zöld bizonyítvány (FZB) ára közötti kapcsolatokat is. Az Európában működő, relatíve likvid, effektív árplafon nélküli forgalmazható zöld bizonyítvány piac szükséges ezen vizsgálat elvégzéséhez. Ahogyan a disszertációban rámutattunk ezen kritériumoknak egyedül a svéd piac felelt meg. A havi adatok elemzéséből nem tudtuk sem igazolni, sem elvetni azt a hipotézist, hogy az FZB és az EUA ármozgása között negatív kapcsolat van.

A szabályozó eszközök egymásra hatását végül **modellezéssel** is vizsgáljuk. Az Európai Árampiaci Modell 36 európai ország nagykereskedelmi villamosenergia-piacát szimulálja, tökéletes versenypiaci körülményeket feltételezve. Az Árampiaci modellen számos fejlesztést végrehajtva lehetőségünk nyílt az összefüggések feltárására, mélyebb vizsgálatára. A disszertációban hét olyan szabályozó eszközkombinációt azonosítottunk, amelyek esetében elméleti oldalról nem tudtunk egyértelmű választ adni arra vonatkozóan, hogy a három általunk vizsgált tényezőre milyen hatással bírnak ezek. Ezen kérdést ezért modellezéssel is vizsgáltuk.

A kutatás során vizsgáltuk, hogy az EU által kitűzött **20-20-20-as célok** milyen kombinációk esetében érhetőek el, és milyen előnyei/hátrányai vannak, ha több szabályozó eszközt alkalmazunk szimultán. Az egyik legfontosabb eredmény, hogy minél több szabályozó



eszközt alkalmazunk egyszerre, annál kevésbé lesznek szélsőségesek a kialakuló legfontosabb változók értékei. Noha a három EU által kitűzött cél, bármilyen kombinációban megvalósítható, ennek ellenére javasolt 3-4 szabályozó eszközt is alkalmazni. Így a kialakult árak, villamosenergia-mix vagy a szén-dioxid kibocsátás kevésbé drasztikusan változik egy szabályozás nélküli esethez viszonyítva. Ha például csak megújuló támogatást alkalmazunk, akkor igen alacsony lehet a nagykereskedelmi villamosenergia-ára, amely átformálhatja az európai villamosenergia-piac működését. Emellett azonban a fogyasztók által fizetett kiskereskedelmi árak 100 €/MWh fölé is növekedhetnek.

Bizonyítottuk, hogy az EU által kitűzött megújuló cél sok esetben azért teljesül, mivel a cél százalékosan került meghatározásra, nem pedig abszolút értékben. Ha nem kerül sor megújuló támogatási eszköz alkalmazására, akkor a termelt megújuló mennyiség szignifikánsan nem változik a szabályozás nélküli esethez képest. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy az elemzés során csak olyan tartományban vizsgáltuk az egyes szabályozó eszközök szintjének hatását, amely mellett már teljesülnek a kijelölt célok.

Azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a jövedéki adó és az emisszió kereskedelem szinte tökéletesen egymás helyettesítői, így a kettő közül adminisztratív okok miatt csak az egyik alkalmazása javasolt. Jelentős különbség nincs a két eszköz között, hiszen mindkettő a tüzelőanyag-felhasználásra vonatkozik, azaz díjazza a hatásfokjavulást (egységnyi kiadott hasznos energiára kisebb adótartalom jut). Kis különbség, hogy a szén-dioxid kereskedelem a széntüzelésű erőműveket jobban sújtja, mint a jövedéki adó.

Végül a modellezés segítségével azt is megállapítottuk, hogy azon eszközkombinációk közül, amelyek teljesítik a 20-20-20-as összeurópai célkitűzéseket Magyarország számára melyik a legideálisabb. A kutatási kérdés elemzése során a Nemzeti Energiastratégia által megfogalmazott alapelvek fogadtuk el. Rámutattunk arra, hogy nincs olyan eszközkombináció, amely mellett mind a hat vizsgált tényező (megújuló arány; villamosenergia-ára; szénenergia-termelés; villamosenergia-fogyasztás; nettó import és atomenergia-termelés) értéke az Energiastratégiával összhangban változna. A legtöbb feltételt azon eszközkombináció teljesíti, amely során emisszió kereskedelmi rendszert, jövedéki adót és energiahatékonysági beruházási támogatást is használ. Látni kell, hogy ebben az esetben Magyarországon sem épülnek megújuló többletkapacitások a referencia, szabályozás nélküli esethez képest. Összesen négy olyan eset létezik, amely esetben a hat eredményváltozóból négy megfelel az Energiastratégia alapelveinek.

Összességében a disszertáció eredményeképpen a következő javaslatok fogalmazhatóak meg.

- Ajánlatos három szabályozó eszközt alkalmazni a kijelölt európai célok eléréséhez, amelyek révén csökkenthetőek a villamosenergia-piacon meglévő piaci kudarcok. A javasolt szabályozó eszközök közé tartozik a megújuló támogatás és az energiahatékonysági beruházások támogatása, továbbá az emisszió kereskedelmi

rendszer és a jövedéki adó közül az egyik. A disszertációban számszerűleg is alátámasztottuk, hogy ez utóbbi két szabályozó eszköz gyakorlatilag egymás helyettesítőjének tekinthető.

- A megújuló célok esetében indokoltabbnak tűnik az abszolút célszámok kijelölése, mivel ellenkező esetben magas energiahatékonysági vagy energiatakarékosági intézkedések esetében úgy is teljesíthetőek a célok, hogy új, megújuló bázisú kapacitások nem épülnek.
- A vizsgálat során az elemzést leszűkítettük a villamosenergia-szektorra. Habár a szektorális modelleknek számos előnye van, azonban további vizsgálat szükséges annak megállapítására, hogy egy egész energiaszektor vizsgáló közgazdasági modell használatával is megállják-e a helyüket a fent megfogalmazott állítások.

## XI. FELHASZNÁLT IRODALMAK

- 21/2001. (II. 14.) Korm. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról
- Abrell, J. – Weigt, H. (2008): The interaction of Emission Trading and Renewable Energy Promotion, Economics of Global Warming, WP-EGW-05, p. 18
- Amundsen, Eirik S. – Mortensen, J. B. (2001): The Danish Green Certificate System: some simple analytical results, Energy Economics 23, pp. 489-509., [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-9883\(01\)00079-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-9883(01)00079-2)
- Bedő T. (2007): Választások és tőzsde – Egy eseményelemzés; [http://bet.hu/data/cms87995/Bedo\\_Tibor\\_dolgozata.pdf](http://bet.hu/data/cms87995/Bedo_Tibor_dolgozata.pdf), letöltés ideje: 2013.08.01.
- Bertoldi, P. - Rezessy S. (2010): Energy Supplier Obligations and White Certificate Schemes: Comparative Analysis of Results in the European Union <http://eec.ucdavis.edu/ACEEE/2010/data/papers/2178.pdf>
- Bertoldi, P. – Rezessy, S. (2006): Tradable Certificates for Energy Savings [http://ie.jrc.ec.europa.eu/publications/scientific\\_publications/2006/EUR22196EN.pdf](http://ie.jrc.ec.europa.eu/publications/scientific_publications/2006/EUR22196EN.pdf), letöltés ideje: 2011.10.10.
- Bertoldi, P. – Rezessy, S. – Langniss, O. – Voogt, M. (2005): White, green & brown certificates: How to make the most of them; ECEE 2005 Summer Study – What works & Who delivers
- Bertoldi, P. – Rezessy, S. – Oikonomou, V. – Boza-Kiss B. (2009): Feed-in tariff for energy savings: thinking of the design; ECEE 2009 Summer Study; Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainability
- Beurskens, L.W.M. – Hekkenberg, M. – Vethman, P. (2011): Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States; <http://www.ecn.nl/nreap>
- Bird, L. – Chapman, C. – Logan, J. – Sumner, J. – Short, W. (2011): Evaluating renewable portfolio standards and carbon cap scenarios in the U.S. electricity sector, Energy Policy 39, pp. 2573-2585., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.025>
- Blumenstein, C. – Krieg, B. – Schipper L., York, C. (1980): Overcoming social and institutional barriers to energy conservation, Energy, Vol. 5, pp. 355-371. [http://dx.doi.org/10.1016/0360-5442\(80\)90036-5](http://dx.doi.org/10.1016/0360-5442(80)90036-5)
- Boeters, S. – Koornneef, J. (2011): Supply of renewable energy sources and the cost of EU climate policy, Energy Economics 33, pp. 1024-2034., <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.005>

- Borghesi, S. (2010): The European Emission Trading Scheme and Renewable Energy Policies: Credible Targets for Incredible Results?, Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers, <http://www.feem.it/getpage.aspx?id=3557&sez=Publications&padre=73>
- Böhringer, C. – Koschel, H. – Moslener, U. (2007): Efficiency losses from overlapping regulation of EU carbon emissions, Journal of Regulatory Economics.2008. vol. 33., pp. 299-317., DOI 10.1007/s11149-007-9054-8
- Böhringer, C. – Rosendahl, K. E. (2009): Green serves the dirtiest – on the interaction between black and green quotas, Discussion Papers No. 581, April 2009, Statistics Norway, Research Department
- Brown, S. J. - Warner, J. B. (1985): Using Daily Stock Returns: The Case of Event Studies, Journal of Financial Economics 14., pp. 14-31., [http://dx.doi.org/10.1016/0304-405X\(85\)90042-X](http://dx.doi.org/10.1016/0304-405X(85)90042-X)
- Bye, T. – Bruvoll, A. (2008): Multiple instruments to change energy behaviour: The emperor's new clothes?, Discussion Papers No. 549., Statistics Norway, Research Department
- Capros, P. – Mantzos, L. – Papandreou, V. – Tasios, N. (2008): Model-based Analysis of the 2008 EU Policy Package on Climate Change and Renewables: Report to the European Commission – DG ENV., [http://ec.europa.eu/clima/policies/package/docs/analysis\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/policies/package/docs/analysis_en.pdf)
- CESAR (2013): A svéd Cesar rendszer honlapja, <http://certifikat.svk.se/default.aspx>
- Chevallier, J. (2011): Carbon Price Drivers: An Updated Literature Review, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1811963](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1811963),
- Christiansen, Atle C. (2003): The Role of Flexibility Mechanisms in EU Climate Strategy: Lessons Learned and Future Challenges?, International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, Vol. 4; pp. 27–46.
- Coase, R. H. (1960): The problem of Social Cost, Journal of Law and Economics, 3., pp. 1-44.
- COM 2001/581; Proposal for a Directive Of The European Parliament And Of The Council establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC
- COM 2008/772 A Bizottság közleménye – Energiahatékonyság: a 20 %-os cél elérése

- COM 2011/169: Proposal for a council directive amending Directive 2003/96/EC restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity
- COM 2011/370: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Energy Efficiency and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC
- COM 2013/169: Zöld könyv – Az éghajlat- és energiapolitika 2030-ra szóló kerete
- Convery, J. (2009): Origins and Development of the ETS; Environmental Resource Economics 43, pp. 391-412., DOI 10.1007/s10640-009-9275-7
- Council Directive 2003/96/EC of 27 October 2003 restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity
- Cramton, P. – Kerr, S. (2002): Tradeable Carbon Permit Auctions - How and why to auction not grandfather, Energy Policy 30, pp. 333-345., [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00100-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00100-8)
- De Jonghe, C. – Delarue, E. – Belmans, R. – D'haeseleer, W. (2009): Interaction between measures for the support of electricity from renewable energy sources and CO<sub>2</sub> mitigation, Energy Policy 37, pp. 4743-4752., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.033>
- De Miera, S. – Del Rio, P. G. – Vizcaino, I. (2008): Analysing the impact of renewable electricity support schemes on power prices: The case of wind in electricity in Spain, Energy Policy 36, pp. 3345-3359., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2008.04.022>
- DECC (2012): Electricity Generation Costs, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/65713/6883-electricity-generation-costs.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65713/6883-electricity-generation-costs.pdf)
- Del Rio, P. - Ragwitz, M. - Steinhilber, S. - Resch, G. - Busch, S. - Klessmann, C. - de Lovinfosse, I. - V. Nysten, J. - Fouquet, D. - Johnston, A., (2012): Key policy approaches for a harmonisation of RES(-E) support in Europe - Main options and design elements. A report compiled within the European research project beyond 2020 (work package 2).
- Del Rio, P. (2007): The interaction between emission trading and renewable electricity support schemes. An overview of the literature, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2007/12., pp. 1363-1390., DOI 10.1007/s11027-006-9069-y
- Del Rio, P. (2010): Analysing the interaction between renewable energy promotion and energy efficiency support schemes: The impact of different instruments and

design elements, Energy Policy 38, pp.4978-4989.,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.003>

- DG Energy (2011): A new Directive on Energy Efficiency, Challenges addressed & solutions proposed, DG Energy, 2011. június 22., előadás
- DG Energy (2013): A DG Energy honlapja; [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm)
- Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity from renewable energy sources in the internal electricity market
- Directive 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants
- Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants
- Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- Directive 2012/27/EU on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC
- EC (2012): Excise Duty Tables, [http://ec.europa.eu/taxation\\_customs/index\\_en.htm#](http://ec.europa.eu/taxation_customs/index_en.htm#), letöltve; 2012.12.01.
- ECN (2011): Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States; [http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10069\\_summary.pdf](http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10069_summary.pdf)
- EEA (2013): EU Emissions Trading System (ETS) data viewer, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-trading-viewer>, letöltve: 2013.01.31.
- EEX (2012): Az EEX tőzsde honlapja, [www.eex.de](http://www.eex.de)
- EIA (2013): Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2013, [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/electricity\\_generation.cfm](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/electricity_generation.cfm)

- Ellermann, D. - Buchner, B. (2006): Over-allocation or abatement? A preliminary analyses of the EU ETS Based on the 2005 emission data; <http://www.feem.it/Feem/Pub/Publications/WPapers/WP2006-139.htm>
- Ellermann, D. –Bucher, B. (2007): The European Union Emissions Trading Scheme: Origins, Allocation, and Early Results, Review of Environmental Economics and Policy 1 (1), pp. 66-87.
- Energiastratégia (2012): Nemzeti Energiestratégia – 2030; NFM, <http://www.kormany.hu/download/4/f8/70000/Nemzeti%20Energiastrat%C3%A9gia%202030%20teljes%20v%C3%A1ltozat.pdf>
- EP (2011): Functioning of the ETS and the Flexible Mechanism, 2011 March, <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies.do?language=EN>
- ERRA (2010): Renewable Energy Regulation, textbook developed for ERRA Regulatory Training by the Regional Centre for Energy Policy Research
- EU (2012): The EU Emission Trading System (EU ETS), [http://ec.europa.eu/clima/publications/index\\_en.htm#F\\_Gases](http://ec.europa.eu/clima/publications/index_en.htm#F_Gases), letöltve: 2013.01.31.
- Eurostat (2013): Az Eurostat honlapja, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>
- EWEA (2013): Wind in power – 2012 European statistics; [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind\\_in\\_power\\_annual\\_statistics\\_2012.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind_in_power_annual_statistics_2012.pdf)
- ExternE (2005): Az ExternE projekt honlapja, [http://www.externe.info/externe\\_2006/](http://www.externe.info/externe_2006/), letöltés: 2012.12.03.
- Fama, E. F. (1970): Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, The Journal of Finance, Vol. 25, No. 2, Papers and Proceedings of the Twenty-Eighth Annual Meeting of the American Finance Association New York, N.Y. December, 28-30, pp. 383-417.
- Farinelli, U. – Johansson, T. B. – McCormick, K. – Mundica, L. – Oikonomou, V. – Örtenvik, M. – Patel, M. – Santi, F. (2005): „White and green”: Comparison of market-based instruments to promote energy efficiency; Journal of Cleaner Production, pp. 1015-1026., <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.013>
- Fazekas D. (2009): Szén-dioxid piac az Európai Unió új tagállamaiban Magyarországi empirikus elemzés, PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem
- Fischer, C. – Preonas, L. (2010): Combining Policies for Renewable Energy, Discussion paper, [www.rff.org/documents/RFF-DP-10-19.pdf](http://www.rff.org/documents/RFF-DP-10-19.pdf)

- Fodor B. E. (2012): A volumen és/vagy árszabályozás a villamos energia termelési szektorban, PhD disszertáció tervezet, Budapesti Corvinus Egyetem
- Fraunhofer (2009): Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries, Final Report, [www.eepotential.eu](http://www.eepotential.eu), letöltés ideje: 2013.05.03.
- Fraunhofer (2012a): Study Levelized Cost of Electricity Renewable Energies; <http://www.ise.fraunhofer.de/en/news/news-2013/levelized-cost-of-electricity-renewable-energies-study-now-available-in-english>
- Fraunhofer (2012b): Photovoltaics Report, előadás, <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/photovoltaics-report.pdf>, letöltés ideje: 2013.09.02.
- Gephard, M. – Klessmann, C. – Kimmel, M. – Page, S. – Winkel, T. (2012): Contextualising the debate on harmonising RES-E support in Europe - A brief pre-assessment of potential harmonisation pathways, [www.resaping-res-policy.eu](http://www.resaping-res-policy.eu)
- Gillingham, K. - Newell, R.G. - Palmer, K. (2009): Energy Efficiency Economics and Policy, Resources for the Future Discussion Paper 09-13.
- Gillingham, K. – Sweeney, J. (2010): Market Failure and the Structure of Externalities, In Harnessing Renewable Energy (eds.: Padilla, A. J.; Schmalensee R.)
- GME (2013): Az olasz áramtőzsde honlapja; <http://www.mercatoelettrico.org/En/Default.aspx>
- Hahn, R. W. - Stavins, R. N. (2011): The Effect of Allowance Allocations on Cap-and-Trade System Performance, The Journal of Law and Economics, pp. 267-294.
- Hepburn, C. – Grubb, M. – Neuhoﬀ, K. – Matthes, F. – Tse, M. (2006): Auctioning of EU ETS phase II allowances: how and why?, Climate Policy, Volume 6. Issue 1., pp. 137-160.
- Hepburn, C. (2006): Regulation by prices, quantities, or both: a review of instrument choice, Oxford review of Economic Policy, Vol. 22. No. 2.
- Hepburn, C. (2007): Carbon Trading: A Review of the Kyoto Mechanisms, Annual Review of Environment and Resources, Vol. 32: 375-393.
- Hindsberger, M. – Nybroe, M. H. – Ravn, H.F. – Schmidt, R. (2003): Co-existence of electricity, TEP and TGC markets in the Baltic Sea Region, Energy Policy 31, pp. 85-96., [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00120-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00120-9)



- Hirth, Lion (2012): Integration costs and the Value of Wind Power; USAEE Working Paper, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2187632](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2187632), letöltés ideje: 2013.09.04.
- Holttinen, Hannele, Peter Meibom, Antje Orths, Bernhard Lange, Mark O'Malley, John Olav Tande, Ana Estanqueiro, Emilio Gomez, Lennart Söder, Goran Strbac, J Charles Smith, Frans van Hulle (2011): "Impacts of large amounts of wind power on design and operation of power systems", Wind Energy 14(2), pp. 179 – 192.
- ICE (2012): Az Intercontinental Exchange honlapja, [www.theice.com](http://www.theice.com)
- IEA (2010): Projected Cost of Generating Electricity, <http://www.iea.org/textbase/npsum/eleccost2010SUM.pdf>, letöltés ideje: 2012.06.05.
- Impact assessment accompanying the document: Directive of the European Parliament and of the Council on energy efficiency and amending and subsequently repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, SEC(2011)/779
- IRENA (2012): Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Volume 1: Power Sector, [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE\\_Technologies\\_Cost\\_Analysis-WIND\\_POWER.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf), letöltés ideje: 2013.07.03.
- Jaffe, A. B. –Stavins, R. N. (1994): The energy-efficiency gap – what does it mean?, Energy Policy 22 (10), pp. 804-810., [http://dx.doi.org/10.1016/0301-4215\(94\)90138-4](http://dx.doi.org/10.1016/0301-4215(94)90138-4)
- Jensen, S. G. – Skytte, K. (2002): Interaction between power and green certificate markets, Energy Policy 30, pp. 425-435., [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00111-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00111-2)
- Jensen, S. G. – Skytte, K. (2003): Simultaneous attainment of energy goals by means of green certificates and emission permits, Energy Policy 31, pp. 63-71., [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00118-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00118-0)
- Johnstone, N. (2003): The use of tradable permit sin combination with other environmental policy instruments, [www.oecd.org/env/tools-evaluation/32427205.pdf](http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/32427205.pdf); letöltve: 2013.01.05.
- Kaderják P., Meeus, L., Azevedo, I., Kotek P., Pató Zs., Szabó L., Glacgant J.-M. (2012): How to Refurbish All Buildings by 2050, <http://think.eui.eu>, Final report, Think project.
- Kerekes S. - Szlávik J. (2001): A környezeti menedzsment közgazdasági eszközei. A környezeti menedzsment közgazdasági eszközei. KJK Kerszöv
- Kerekes S. (2007): A környezetgazdaságtan alapjai, Budapest, Aula kiadó

- Kiss A. – Barquín, J. – Vázquez, M. (2006): Can closer integration mitigate market power? A numerical modelling exercise, in: Towards more integration of Central and Eastern European Energy Markets, ed. M. LaBelle – P. Kaderják, REKK, 2006, Budapest
- Kiss A. (2008): Central and South East European Electricity Market Model – Technical specifications, kézirat
- Kiss G. – Pál G. (2006): Környezetgazdaságtan, Universitas-Győr Kht. Győr
- Klein, A. – Merkel, E. – Pfluger, B. – Held, A. – Ragwitz, M. – Resch, G. – Busch, S. (2010): Evaluation of different feed-in tariff design options – best practice paper for the International Feed-in Cooperation, [http://www.renewwisconsin.org/policy/ARTS/MISC%20Docs/best\\_practice\\_paper\\_2nd\\_edition\\_final.pdf](http://www.renewwisconsin.org/policy/ARTS/MISC%20Docs/best_practice_paper_2nd_edition_final.pdf)
- Klessmann, C. – Nothout, P. – Ragwitz, M. – Ratmann, M. – Steinhilber, S. (2011): Indicators assessing the performance of renewable energy support policies in 27 Member States, [www.reshaping-res-policy.eu](http://www.reshaping-res-policy.eu), letöltve: 2013.02.07.
- Kocsis T. (2002): Állam vagy piac a környezetvédelemben? A környezetszennyezés-szabályozási mátrix, Közgazdasági Szemle, XLIX./10., pp. 889-892.
- KvVM (2012): Általános útmutatás az EU ETS III. időszakáról és a feladatokról; <http://klima.kvvm.hu/index.php?id=134>, letöltve: 2013.01.31.
- Lepone, R. – Rathman, T. - Jin-Young Yang (2011): The Impact of European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS) National Allocation Plans (NAP) on Carbon Markets, Low Carbon Economy 2, pp. 71-90., DOI <http://dx.doi.org/10.4236/lce.2011.22011>
- Lesi M. - Pál G. (2005): A széndioxid emisszió kereskedelem elméleti alapjai és Európai Unió szabályozása, PM kutatási füzetek 11. szám
- Lesi M. and Pál G. (2004) Az üvegház hatású gázok kibocsátásának szabályozása, és a szabályozás hatása a villamosenergia termelő vállalatokra Magyarországon. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, p. 281.
- Lijesen, M.G. (2007): The real-time price elasticity of electricity, Energy Economics 29, pp. 249-258., <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2006.08.008>
- Linares, P. – Santos, F. J. – Ventosa, M. (2007): Coordination of carbon reduction and renewable energy support policies, [www.iit.upcomillas.es/pedrol/documents/cp08.pdf](http://www.iit.upcomillas.es/pedrol/documents/cp08.pdf), letöltve: 2012.12.11.

- MacKinley, A. C. (1997): Event studies in Economics and Finance; Journal of Economic Literature, Vol. 35. No.1., pp. 13-39.
- Mark G. Lijesen (2006): The real-time price elasticity of electricity; Energy Economics 29, pp. 249–258., <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2006.08.008>
- McKinsey (2010): Energy efficiency: A compelling global resource, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com), letöltve: 2013.02.13.
- MEH (2012): Az erőművek káros anyag kibocsátása 2002-2007, <http://www.eh.gov.hu/fenntarthato-fejlodes-2/megujulo-energiak/142-levegovedelem.html>, letöltve: 2013.02.02.
- Mezősi A. – Szabó L. (2012): Analysing the impact of transmission line developments on the European electricity market, The study was commissioned by Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport (JRC-IET), working paper
- Mezősi A. (2007): A 2005 és a 2006-os európai és magyar EU-ETS kibocsátási adatok elemzése, working paper, [www.rekk.eu](http://www.rekk.eu)
- Mezősi A. (2008a): Az EU-ETS piac hatékonyságának vizsgálata, Vezetéstudomány, 39/6, pp. 51-63.
- Mezősi A. (2008b): Az Európai Szennyezési Jogpiac első időszak adatainak elemzése, Energiagazdálkodás, 49. évf. 5 sz.
- Mezősi A. (2014): Drága-e a megújuló? A hazai megújuló villamosenergia-termelés hatása a villamosenergia-árára, Vezetéstudomány, megjelenés alatt, p. 22
- Morris, J. F. (2009): Combining a Renewable Portfolio Standard with a Cap-and-Trade Policy: A General Equilibrium Analysis; Master thesis at the MIT
- Morthorst, P.E. (2001): Interaction of a tradable green certificate market with a tradable permits market, Energy Policy 29, pp. 345-353., [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00133-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00133-6)
- Morthorst, P.E. (2003): National environmental targets and international emission reduction instruments; Energy Policy 31, pp. 73-83., [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00119-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00119-2)
- Möst, D. – Fichtner, W. (2010): Renewable energy sources in European energy supply and interaction with emission trading, Energy Policy 38, pp. 2898-2910., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.023>
- NCsT (2010): Magyarország Megújuló Energiahasznosítási Cselekvési Terve

- Neuhoff, K. – Martinez, K.K. – Sato, M. (2006): Allocation, incentives and distortions: the impact of EU ETS emissions allowance allocations to the electricity sector, Climate Policy, Volume 6, Issue 1, 2006
- Nicolosi, Marco (2011): The Economics of Renewable Electricity Market Integration. An Empirical and Model-Based Analysis of Regulatory Frameworks and their Impacts on the Power Market, PhD thesis, University of Cologne
- Non-paper of the services of the European Commission on Energy Efficiency Directive, Informal Energy Council, 19-20 April 2012
- NREL (2012): Distributed Generation Renewable Energy Estimate of Costs, [http://www.nrel.gov/analysis/tech\\_cost\\_dg.html](http://www.nrel.gov/analysis/tech_cost_dg.html), letöltés ideje: 2013.07.03.
- OPCOM (2013): A román áramtőzsde honlapja; [www.opcom.ro](http://www.opcom.ro)
- OPTRES (2007): Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the european electricity market, Final report
- Palmer, K. – Sweeney, R. – Allaire, M. (2010): Modeling policies to promote renewable and low-carbon sources of electricity, <http://www.rff.org/publications/pages/publicationdetails.aspx?publicationid=21281>,
- Pató Zs. (2012): Az új energiahatékonysági Irányelv és az energiahatékonysági kötelezettségi rendszerek néhány kérdése, in: REKK, Jelentés az energiapiacokról 2012/IV. szám
- Philibert, C. (2011): Interaction of Policies for Renewable Energy and Climate, IEA Working Paper, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3952,en.html>
- POLPX (2013): A lengyel áramtőzsde honlapja; <http://www.tge.pl/en>
- Rathmann, M. (2007): Do support system for RES-E reduce EU-ETS-driven electricity prices?, Energy Policy 35, pp. 342-349., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2005.11.029>
- REKK (2006): Háttér tanulmány a Magyar Állam tulajdonába tartozó, térítés ellenében kiosztásra kerülő szén-dioxid kibocsátási egységek értékesítéséhez, készült a KVVm megbízásából
- REKK (2009): A magyar erdészeti biomassza szerepe a megújuló-energia termelésben, [www.rekk.eu](http://www.rekk.eu)
- REKK (2011a): Az EU 20%-os üvegházhatású-gáz kibocsátáscsökkentési vállalás emelésének hatáselemzése Magyarországra, a jelentés a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium megbízásából készült, 2011. május

- REKK (2011b): A Nemzeti Energiastartégia 2030 – Gazdasági Háttérelmzése, A tanulmány Magyarország Nemzeti Energiastratégiájának háttértanulmányaként készült
- REKK (2011c): Generation investments under liberalized conditions in the Central and South-East European region, in: Security of energy supply in Central and South-East Europe, ed. P. Kaderják, REKK, 2011 Budapest, pp. 150-202.
- REKK (2012a): Principles of Regulation to promote the development of Renewable Energy Sources (RES) under the Black Sea Regional Regulatory Initiative (BSRRI), kézirat
- REKK (2012b): Renewable Support Schemes for Electricity Produced from Renewable Energy Sources. Review of the ERRA Member Countries and 2 Country Case Studies: Czech Republic and Sweden; [www.rekk.eu](http://www.rekk.eu)
- Sensfuss, F. – Ragwitz, M. – Genoese, M. (2007): The merit order effect: A detailed analyses of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany, Working Paper Sustainability and Innovation, No. S 7/2007
- Sijm, J. – Neuhoff, K. – Chen, Y. (2006): CO<sub>2</sub> Cost Pass Through and Windfall Profits in the Power Sector, Electricity Policy Research Group, working paper
- Skytte, K. (2006): Interplay between Environmental Regulation and Power Markets, EUI working papers, p. 23.
- Sorrell, S. - Harrison, D. – Radov, D. – Klevnas, P. – Foss, A. (2009): White certificate schemes: Economic analysis and interactions with the EU ETS, Energy Policy 37, pp. 29–42., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.009>
- Sorrell, S. – Sijm, J. (2003): Carbon Trading in the policy mix, Oxford review of economic policy, vol. 19. no.3. pp.: 420-437., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.030>
- Stern (2006): The Stern Review: The Economics of Climate Change, 2006, Cambridge
- Szajkó G. (2009): Környezetvédelmi piacok, Megújuló energia piacok és támogatási rendszerek 2., előadás, 2009.04.29., Budapest
- Traber, T. – Kemfert, C. (2009): Impacts on the German Support for Renewable Energy on Electricity Prices, Emissions, and Firms; The Energy Journal, Vol. 30. No. 3., pp. 155-178.
- Trotignon, R. (2012): EU ETS emission reduction and market price simulation with ZEPHYR-Flex, EUI MACC Modeling workshop, 2012.07.06. European University Institute – Florence, előadás

- Tsao, C. C. – Campbell, J.E. – Chen, Yihsu (2011): When renewable portfolio standards meet cap-and-trade regulations in the electricity sector: Market interactions, profits implications, and policy redundancy, *Energy Policy* 39, pp. 3966-3974., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.030>
- Unger, T. – Ahlgren, E.O. (2005): Impacts of a common green certificate market on electricity and CO<sub>2</sub> emission market in the Nordic countries; *Energy Policy* 33 (2005) pp. 2152-2163., <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2004.04.013>
- VREG (2013): A flamand energia regulátor honlapja, <http://www.vreg.be/en>
- WEO (2008): *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*, World Energy Council, 2008, London
- Widerberg, A. (2011): *An electricity Trading System with Tradable Green Certificates and CO<sub>2</sub> Emission Allowances*, Working Papers in Economics, University of Gothenburg, <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/25548>
- Will, M. (2010): The interaction of emissions trading and a green certificate system in an electricity market; [http://www.webmeets.com/files/papers/WCERE/2010/720/WCERE\\_Interaction%20of%20emissions%20trading%20and%20a%20green%20certificate%20system.pdf](http://www.webmeets.com/files/papers/WCERE/2010/720/WCERE_Interaction%20of%20emissions%20trading%20and%20a%20green%20certificate%20system.pdf)
- Zapfel, P. (2008): “A brief but lively chapter in EU climate policy: the Commission’s perspective.” in Ellerman, Buchner and Carraro (eds.): *Rights, Rents and Fairness*, Cambridge University Press

Modellezéshez felhasznált irodalmak:

- EEA (2009): EEA Technical report: Europe's onshore and offshore wind energy potential, 2009/6, <http://www.eea.europa.eu/publications/europes-onshore-and-offshore-wind-energy-potential>
- EEA (2012): Combined heat and power (CHP) (ENER 020) - Assessment published Apr 2012, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/combined-heat-and-power-chp-1/combined-heat-and-power-chp-2>, letöltve: 2012.04.12.
- EIA (2013): *Annual Energy Outlook 2013*, U.S. Energy Information administration, <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/>
- EIU (2013): Az Economist Intelligence Unit honlapja, <http://gfs.eiu.com/>
- ENTSO-E (2012): Az ENTSO-E honlapja
- ENTSO-E TYNDP (2012): *Ten-Year Network Development Plan 2012*, <https://www.entsoe.eu/major-projects/ten-year-network-development-plan/tyndp-2012/>

- EPIA (2012): Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016, May 2012, European Photovoltaic Industry Association, <http://www.epia.org/news/publications/>
- EWEA (2013): Wind in power, 2012 European statistics, February 2013, European Wind Energy Association, [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind\\_in\\_power\\_annual\\_statistics\\_2012.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind_in_power_annual_statistics_2012.pdf)
- IMF (2013): World Economic Outlook Update - Gradual Upturn in Global Growth During 2013, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/update/01/>, letöltve: 2013.04.10.
- JRC (2012): Photovoltaic Geographical Information System, Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>
- KEMA (2005): Analysis of the network capacities and possible congestion of the electricity transmission networks within the accession countries, June 2005., [ec.europa.eu/energy/gas\\_electricity/studies/electricity\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/studies/electricity_en.htm)
- PLATTS (2012a): World Electric Power Plants Database, July 2012
- PLATTS (2012b): Energy in East Europe, Issue 241 / June 1, 2012
- PLATTS (2013): Power in Europe; Issue 643 / January 21, 2013
- VEZESTÉK (2011): Vezetékes Energiahordozók Statisztikai Évkönyve, [http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/attachments/article/134/vezest\\_k\\_2010.pdf](http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/attachments/article/134/vezest_k_2010.pdf)

## XII. A. MELLÉKLET: AZ EEMM TECHNIKAI SPECIFIKÁCIÓJA ÉS AZ INPUTPARAMÉTEREINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

### XII.1.1. A modell technikai specifikációja<sup>17</sup>

Ahogy korábban már említettük az EEMM órás villamosenergia-piacot szimulál, amely modellfuttatások függetlenek egymástól, feltételezve így indirekt módon, hogy az erőművek indítási és leállítási költségei nullák. A modell tökéletes versenypiacot feltételez, mind a termelés, mind pedig az export/import kereskedés esetében. Az egyensúlyi állapot oly módon kerül meghatározásra, hogy a teljes, modellezett régió jólétét maximalizálja. A jólét meghatározása a következőképpen történik:

$$W = \sum_{m=1}^M TCS_m - TC$$

*Jelölések: országok:  $m=1,...,M$ ; fogyasztás:  $Q$ ; erőművi blokk:  $p$ ; erőművi termelés:  $q$ ; változó költség:  $c$ ; export-import áramlás:  $t$ ; erőművi kapacitáskorlát:  $C$ ; kapacitáskorlát a határokon:  $N$ ;  $W$ : teljes jólét;  $TCS$ : Teljes fogyasztói többlet;  $TC$ : Villamosenergia-termelés költsége,  $D$ : kereslet;  $A$  és  $B$ : keresleti görbét meghatározó konstansok*

A jólét tehát két tételből tevődik össze. Egyrészt a keresleti görbe alatti területből, amely a megegyezik a bruttó fogyasztói többlettel. A keresleti görbe esetében lineáris negatív meredekséget feltételezünk. A másik tétel, amely meghatározza a jólétet a villamosenergia-termelés előállításához szükséges változó jellegű költségek összessége. Képletszerűen a következőképpen fejezhetjük ki ezen két tételt.

$$TCS_m = \int_0^{Q_m} D_m^{-1}(Q) dQ = A_m Q_m - \frac{B_m}{2} \times Q_m^2$$

$$TC = \sum_{p=1}^P c_p q_p$$

A jólét maximalizálása három fő feltétel mellett történik. Egyrészt az adott erőművi blokk termelése nem lehet magasabb, mint a kapacitása, de nagyobb vagy egyenlőnek kell lennie nullával. Másrészt a határon keresztüli szállítás nem lépheti át az adott határmetszék kapacitáskorlátját. Végül az adott országban a villamosenergia-fogyasztásnak meg kell egyeznie az összes hazai erőművi termeléssel, és az export-import áramlások összegével. Az utolsó feltétel esetében a második tagban a  $\delta$  értéke 1, ha A ország exportál B-be, míg -1 fordított esetben.

$$0 \leq q_p \leq C_p$$

<sup>17</sup> A modell specifikációjának leírása Kiss (2008) alapján történik.



$$\overleftarrow{N}_i \leq t_i \leq \overrightarrow{N}_i$$

$$Q_m = \sum_p q_p + \sum_i \delta_{i,m} \times t_i$$

Az egyensúlyi állapot ott alakul ki, ahol a teljes jólét maximalizálva van, amelyet a következő módon fejezhetünk ki.

$$W = \sum_{m=1}^M \left[ A_m \times \left( \sum_p q_p + \sum_i \delta_{i,m} \times t_i \right) - \frac{B_m}{2} \times \left( \sum_p q_p + \sum_i \delta_{i,m} \times t_i \right)^2 \right] - \sum_{p=1}^P c_p q_p \xrightarrow{q_p, t_i} \max$$

## **XII.2. FŐBB INPUTADATOKRA VONATKOZÓ FELTÉTELEZÉSEK**

### **XII.2.1. Beépített kapacitások**

A kínálati oldal egyik legfontosabb paramétere az erőművek beépített kapacitása. Az EEMM blokkszinten kezeli az erőművi oldalt, így közel 5000 erőművi blokk szerepel a modellben. Fontos hangsúlyozni, hogy a megújuló kapacitások jellemzően országszintre aggregálva jelennek meg különböző technológiáinként. Ennek oka, hogy a megújulók esetében nulla határköltséget feltételezünk. Az egyes erőművekre vonatkozóan a következő lényeges információkat tartalmazza a modell: beépített kapacitás, építés éve, technológiája és jellemző tüzelőanyaga. A 34. táblázat összefoglalóan mutatja, hogy mennyi a 2012-ben működő erőművek beépített kapacitása az egyes országokban, technológiáinként.

**34. táblázat: A 2012-ben működő erőművek beépített kapacitása országonként, és technológiánként, MW**

	Szénerőmű	Földgáz-tüzelésű erőmű	Atomerőmű	Vízermő	Szélerőmű	Naperőmű	Biomassza tüzelésű erőmű	Tüzelőolajjal működő erőmű	Geotermális erőmű	Összesen
AL	0	0	0	1 451	0	0	0	135	0	1 586
AT	1 483	5 394	0	13 653	1 378	0	0	278	0	22 186
BA	1 765	0	0	2 146	0	0	0	0	0	3 911
BE	1 490	8 568	5 934	1 259	1 375	1 500	813	280	0	21 219
BG	4 737	336	2 000	3 705	684	133	0	0	0	11 595
CH	0	505	3 265	13 680	50	71	363	73	0	18 007
CZ	10 561	968	3 912	2 158	0	2 000	0	20	0	19 619
DE	52 375	28 712	12 696	12 699	31 308	24 700	6 384	2 635	0	171 508
DK_E	2 070	1 520	0	0	1 087	0	126	664	0	5 467
DK_W	3 087	1 704	0	2	3 075	6	403	0	0	8 276
EE	1 917	190	0	4	269	0	75	0	0	2 455
ES	12 159	29 570	7 641	22 541	22 796	4 350	190	11 222	0	110 468
FI	4 405	2 600	2 696	2 525	288	0	3 377	513	0	16 404
FR	7 942	9 803	63 130	29 399	7 564	2 500	1 223	10 447	0	132 008
GB	28 474	32 851	10 170	7 217	8 445	0	1 051	5 951	0	94 159
GR	5 115	6 636	0	3 930	1 749	550	0	633	0	18 613
HR	330	999	398	2 167	180	0	0	786	0	4 860
HU	1 124	4 703	2 000	44	329	0	149	0	0	8 349
IE	1 165	4 109	0	533	1 738	0	156	1 190	0	8 891
IT	11 008	57 108	0	21 739	8 144	11 537	517	8 696	695	119 443
LT	0	2 977	0	1 026	225	0	45	160	0	4 433
LU	0	489	0	1 133	45	29	9	0	0	1 705
LV	32	614	0	1 560	68	0	0	0	0	2 274
ME	210	0	0	676	0	0	0	0	0	886
MK	818	280	0	571	0	0	0	210	0	1 879
NI	520	1 688	0	4	0	0	13	180	0	2 405
NL	4 224	22 933	512	37	2 391	88	1 145	0	0	31 330
NO	0	1 330	0	30 163	703	0	0	0	0	32 196
PL	30 409	165	0	2 391	2 497	0	0	464	0	35 926
PT	1 884	4 481	0	5 812	4 525	130	0	2 214	0	19 046
RO	4 595	2 884	1 400	6 329	1 905	0	0	1 654	0	18 767
RS	5 231	0	0	2 905	0	0	0	0	0	8 135
SE	812	1 183	9 385	16 351	3 745	0	3 460	2 621	0	37 556
SI	915	143	348	1 101	0	0	0	291	0	2 798
SK	1 232	1 704	2 024	2 478	3	500	0	264	0	8 205
UA_W	2 500	0	0	27	0	0	0	0	0	2 527
Összesen	204 588	237 146	127 511	213 415	106 566	48 094	19 498	51 580	695	1 009 092

## XII.2.2. Új beruházások

Annak érdekében, hogy 2020-ig reális képet kaphassunk az európai villamosenergia-piacról, szükséges a várható új beruházásokat is becsülni. Mivel a modell nem dinamikus, azaz az új beruházásokra vonatkozóan nem a modell számszerűsíti, hogy az adott beruházás megtérül-e, ezért a modell ezen tényezőt inputként használja. A jövőre vonatkozóan két kiadványból becsüljük az új beruházásokat: Platts Energy in East Europe és Platts Power in Europe.

## XII.2.3. Erőművi bezárás

Az erőművi adatbázis összegyűjtése során azt az információt is gyűjtöttük, hogy várhatóan mikor zár be az adott erőművi blokk. Ha erre konkrét dátumot nem találtunk, akkor azzal a feltételezéssel élünk, hogy az atomerőművek élettartama 50 év, a szenes és biomassza erőműveké 55 év, a kombinált ciklusú gázturbináké 30 év, míg a nyílt ciklusú gázturbináké 40 év.

#### XII.2.4. Az egyes erőművi blokkok határkölségének meghatározása

Ahogy korábban bemutattuk az egyes erőművek határkölsége függ az alkalmazott technológiától, a tüzelőanyag-kölségtől, az egyéb kölségektől (szén-dioxid kölség, jövedéki adó, illetve a változó jellegű működési kölségektől). Az alkalmazott technológia és az építés éve meghatározza, hogy mekkora az adott erőművi blokk átalakítási hatásfoka, és mekkora az önfogyasztása.

##### XII.2.4.1. Rendelkezésre állás és hatásfok meghatározása

A 35. táblázat és a 36. táblázat összefoglalja, hogy mekkora hatásfokkal és önfogyasztással számolunk különböző technológiák esetében és az építés évétől függően.

**35. táblázat: Bruttó hatásfok**

Építés éve	Átalakítási hatásfok		
	Gáz és olaj gőzturbina	Szénerőmű és biomassza erőmű	CCGT
1960	37%	35%	-
1970	39%	37%	-
1980	41%	39%	-
1990	43%	41%	50%
2000	45%	43%	55%
2010	47%	45%	57%
2020	49%	47%	59%

*Forrás: KEMA (2005)*

**36. táblázat: Önfogyasztás és a feltételezett rendelkezésre állás**

Erőmű típusa	Önfogyasztás	Rendelésre állás
Gáz és olaj gőzturbina	5%	90%
Szénerőmű és biomassza erőmű	13%	85%
CCGT	5%	90%
Geotermális és árapály erőmű	-	85%

*Forrás: Saját számítás VEZESTÉK (2011) alapján*

Az atomerőművek esetében a múltbeli adatok vizsgálatakor szintén azt tapasztaltuk, hogy évszakonként eltér a kihasználtságuk. Ennek oka, hogy jellemzően minden egyes blokkon évente egy kéthetes-egyhónapos karbantartást kell végezni, így addig kiesnek a termelésből. Szakértői becslés alapján a határkölségeket 10 €/MWh-nak vettük, de igazából ennek nincs különösebb jelentősége, mivel a rövid távú határkölségük annyira alacsony, hogy igen ritkán ármeghatározóak.

A 37. táblázat összefoglalja a szélerőművek, naperőművek, vízerőművek és a nukleáris erőművek átlagos rendelkezésre állását.

**37. táblázat: A naperőművek, szélőművek, vízerőművek és atomerőművek rendelkezésre állása az egyes országokban, %**

	Éves, átlagos kihasználtság, %			
	Szélőmű	Naperőmű	Vízerőmű	Atomerőmű
AL	16,0%	14,6%	30,1%	
AT	18,3%	11,4%	35,9%	
BA	16,0%	14,6%	30,1%	
BE	22,8%	10,3%	13,3%	89,5%
BG	25,1%	14,6%	14,3%	83,0%
CH	22,8%	16,0%	30,9%	91,2%
CZ	16,0%	10,7%	14,6%	81,3%
DE	27,4%	11,4%	25,2%	79,3%
DK_E	29,7%	10,3%	29,1%	
DK_W	29,7%	10,3%	29,1%	
EE	16,0%	10,3%	20,2%	
ES	20,5%	17,1%	19,3%	83,4%
FI	16,0%	9,7%	45,3%	92,9%
FR	27,4%	16,0%	25,0%	74,3%
GB	29,7%	10,8%	44,5%	67,7%
GR	20,5%	17,1%	17,1%	
HR	20,5%	16,0%	31,9%	92,3%
HU	18,3%	12,6%	47,8%	90,0%
IE	29,7%	9,7%	44,5%	
IT	20,5%	17,1%	25,5%	
LT	20,5%	10,3%	22,7%	
LU	18,3%	10,3%	10,7%	
LV	20,5%	9,9%	26,7%	
ME	16,0%	12,8%	32,6%	
MK	16,0%	13,7%	31,6%	
NI	29,7%	10,8%	44,5%	
NL	22,8%	9,7%	30,7%	92,6%
NO	29,7%	9,7%	47,3%	
PL	25,1%	10,8%	14,0%	
PT	20,5%	17,1%	24,9%	
RO	22,8%	13,7%	28,7%	93,9%
RS	16,0%	13,7%	42,0%	
SE	25,1%	9,7%	46,5%	70,3%
SI	20,5%	12,6%	44,3%	92,3%
SK	18,3%	11,4%	21,2%	82,3%
UA_W	16,0%	11,4%	58,0%	

*Forrás: ENTSO-E (2013), JRC (2012), EEA (2009)*

#### XII.2.4.2. Tüzelőanyag-költségek

A modell a következő tüzelőanyagokat különbözteti meg:

- feketeszén

- barnaszén és lignit
- biomassza
- könnyű és nehéz fűtőolaj
- földgáz.

A feketeszen, biomassza, illetve a barnaszén és lignit esetében feltételezzük, hogy a tüzelőanyag-költség megegyezik minden országra vonatkozóan. A feketeszen árát az EIU (2013) alapján határoztuk meg mind a jelenre, mind pedig az előrejelzés során ezt a forrást használtuk. A lignit esetében nincsenek transzparens árak, de azzal a feltevessel éltünk, hogy a lignit, illetve a barnaszén ára megegyezik a feketeszen árának 70 %-val.

A modell jelenlegi verziójában nulla határköltséget rendel a biomassza tüzelésű erőművekhez. Ennek az oka, hogy ezen erőművek jellemzően nem a versenypiacra termelnek, hanem valamifajta megújuló támogatási rendszer keretében értékesítik a megtermelt villamos energiát. Ennek a módosítása azonban szükséges, ezért a disszertációban becsüljük ezen erőművek határköltségét is.

A tüzelőolajok esetében azok árai erősen a nyersolaj árának függvényében alakulnak. A múltbeli adatok alapján regressziós egyenlet segítségével lehet becsülni a nyersolaj és a két típusú fűtőolaj árának együttmozgását. Ezen regresszióból, illetve a nyersolaj árának előrejelzéséből, amelyet az EIA (2013) alapján határoztunk meg, készíthető el ezen termékek árának becslése.

A földgáz árának becslése esetében kétféle gázarat határoztunk meg. Egyrészt a nyugat-európa, spot árat, másrészt pedig az olajindexált árakat. A spot árak esetében az EIU (2013) becslésére támaszkodunk, míg az olajindexált ár esetében a magyar gázár-képletből meghatározható a földgáz ára. A kelet-európai országok esetében az olajindexált és a spot gázárak kombinációjaként áll elő a villamosenergia-termelő erőművekre vonatkozó földgáz ára. 2015-ig azzal a feltételezéssel élünk, hogy a régiókban a spot gáz aránya 55 %, míg 45 %-os az olajindexált, 2015 után ez az arány 70-30 %-ra módosul. A gázárakra további 10 %-os felárat számolunk, amely a rendszerhasználati költségeket jelenti.

A 38. táblázat összefoglalóan mutatja, hogy az egyes tüzelőanyagok esetében milyen árakkal számolunk.

**38. táblázat: Az egyes energiahordozók árának becslése**

	Nyersolaj ára, \$2011/hordó	Feketeszén ára, €2011/GJ	Barnaszén és lignit ára, €2011/GJ	Nyugat-európai gázár, €2011/GJ	Olajindexált gázár, €2011/GJ	Spot gáz aránya a kelet-európai országokban, %	Kelet-európai gázár, €2011/GJ	Nehéz fűtőolaj ára, €2011/GJ	Könnyű fűtőolaj ára, €2011/GJ
2013	96,81	2,74	1,92	8,61	10,57	55%	9,49	9,35	9,85
2014	97,00	2,98	2,08	8,38	10,60	55%	9,38	9,37	9,87
2015	95,91	3,24	2,27	8,44	10,47	70%	9,05	9,26	9,74
2016	97,00	3,27	2,29	8,04	10,60	70%	8,81	9,37	9,87
2017	99,08	3,30	2,31	7,87	10,84	70%	8,76	9,60	10,10
2018	101,20	3,34	2,33	8,00	11,09	70%	8,93	9,82	10,34
2019	103,36	3,37	2,36	8,05	11,34	70%	9,03	10,06	10,58
2020	105,57	3,40	2,38	8,09	11,59	70%	9,14	10,29	10,83

#### XII.2.4.3. Egyéb változó költségek becslése

Az erőművek további háromféle változó jellegű költségelemmel szembesülnek:

- szén-dioxid költség
- jövedéki adó
- változó jellegű működtetési költség.

A szén-dioxid költség esetében a modell jelenlegi verziója a szén-dioxid árát input tényezőnek veszi, és arra külön becslést végez. Ugyanakkor, ahogyan azt korábban már említettük, a disszertáció kutatási kérdéseinek és hipotéziseinek vizsgálata során szükséges azt is megvizsgálni, hogy a kvótaszűkítés milyen hatással jár annak árára, így a szén-dioxid költség már a modellezés eredményeképpen születik meg. Feltételezzük továbbá, hogy csak azokban az országokban kell a kvótával elszámolni, amelyek az ETS hatálya alá tartoznak.

A jövedéki adó minden felhasznált tüzelőanyag-típusra, és országoként is eltérő, amely jövedéki adó szintet már korábban bemutatottuk. Ugyanakkor a disszertációban a jövedéki adó, mint változó szerepel az inputadatok között, ahogyan az a kutatási kérdésekben és hipotézisekben is szerepel.

A változó jellegű működtetési költségek technológia és az adott erőművi blokk építési éve alapján változnak. Ezek mértéke 3-7 €/MWh között változik.

#### XII.2.5. Exogén országok

Habár a modell 36 európai országot modellez, azonban van további öt olyan ország (Fehéroroszország, Marokkó, Moldova, Oroszország és Törökország), amellyel ezen országok folytatnak villamosenergia-kereskedést. Ezen országokban nem modellezzük a kereslet-kínálat viszonyokat, és az azokban megfigyelt áralakulást sem vizsgáljuk. Azzal a feltevessel élünk, hogy a 2011-ben megfigyelt kereskedelmi áramlások lesznek a későbbiekben is a jellemző villamosenergia-áramlások.

### XIII. A TÉMAKÖRREL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

#### *Magyar nyelvű folyóiratcikkek*

- Mezősi A. (2008): Az EU-ETS piac hatékonyságának vizsgálata, Vezetéstudomány 6., pp. 51-61.
- Mezősi A. (2014): Drága-e a megújuló? A hazai megújuló villamosenergia-termelés hatása a villamosenergia-árára, Vezetéstudomány, megjelenés alatt, p. 22.

#### *Magyar nyelvű nem lektorált publikációk:*

- Mezősi A. – Szabó L. – Kaderják P. (2011): Hőpiaci energiafelhasználás és széndioxid-kibocsátás becslése 2030-ig, Magyar Energetika, 2011/6, pp. 24-27.
- Mezősi A. (2008): Az Európai Szennyezési Jogpiac első időszak adatainak elemzése, különös tekintettel a villamosenergia-szektorra, Energiagazdálkodás, 5. szám, pp.18-25.

#### *Magyar nyelvű műhelytanulmányok:*

- Kaderják P. - Mezősi A. - Paizs L. - Szolnoki Pálma (2010): [Energiapolitikai ajánlások 2010 - A hazai árampiaci szabályozás kritikája és javaslatok a továbblépésre](#), Műhelytanulmány (working paper), Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapest, p. 65.
- Fischer A. - Hlatki M. - Mezősi A. - Pató Zs. (2009): [Geotermikus villamosenergia-termelés lehetőségei Magyarországon](#), Műhelytanulmány (working paper), Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapest, p. 66.
- Kiss A. - Mezősi A. - Pál G. - Szolnoki P. - Tóth A. (2008): [A szivattyús energiatárolás kérdésének közgazdasági elemzése](#), Műhelytanulmány (working paper), Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapest, p.51.
- Kaderják P. - Kiss A. - Mezősi A. - Szolnoki P. (2008): [Összefüggések Magyarország és a balkáni régió villamosenergia-piacai között](#), Műhelytanulmány (working paper), Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapest., p. 65.
- Mezősi A. (2007): [A 2005 és a 2006-os európai és magyar EU-ETS kibocsátási adatok elemzése](#), Műhelytanulmány (working paper), Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont, Budapest, p. 12.

#### *Angol nyelvű könyvfejezetek*

- Pál, G. – Mezősi, A. – Prantner, M. (2007): Renewable Electricity: ambrosia or delicatessen? A survey of electricity markets, in: Towards More Integration of Central

and Eastern European Energy Markets (ed. Kaderák, P.), REKK, Budapest; ISBN 963-503-353-2, pp. 185-221.

- Cameron, P. – Tóth, A. I. – Kaderják, P. – Mezősi, A. – Szolnoki, P. (2008): Disruptions and Security of Supply, In: Impact of the 2004 Enlargement on the EU Energy Sector (ed. Kaderák, P.), REKK, Budapest, ISBN 978-963-503-381-2, pp. 25-118.
- Mezősi, A. – Pál, G. – Pató, Zs. – Szolnoki, P. (2008): Renewable energy sources, In: Impact of the 2004 Enlargement on the EU Energy Sector (ed. Kaderák, P.), REKK, Budapest, ISBN 978-963-503-381-2, pp.179-222.
- Kiss A. – Mezősi, A. – Tóth, A.I. (2011): Measures and Indicators of Regional Electricity and Gas Supply Security in Central and South-East Europe, In: Security of Energy Supply in Central and South-East Europe (ed. Kaderák, P.), REKK, Budapest, ISBN 978-963-503-447-5, pp. 8-51.
- Gregor, G. – Kiss, A. – Mezősi, A. (2011): Generation Investments under Liberalized Conditions in the Central and South-East European region, In: Security of Energy Supply in Central and South-East Europe (ed. Kaderák, P.), REKK, Budapest, ISBN 978-963-503-447-5, pp.150-201.

*Angol nyelvű poszterek*

- Szajkó, G. – Mezősi, A. (2009): Role of import quota scarcity in linking carbon pricing instruments, International Scientific Congress on Climate Change, poster presentation, Copenhagen

*Angol nyelvű műhelytanulmányok*

- Mezősi A. – Szabó L. (2012): Analysing the impact of transmission line developments on the European electricity market, The study was commissioned by Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport (JRC-IET), working paper, p. 29.