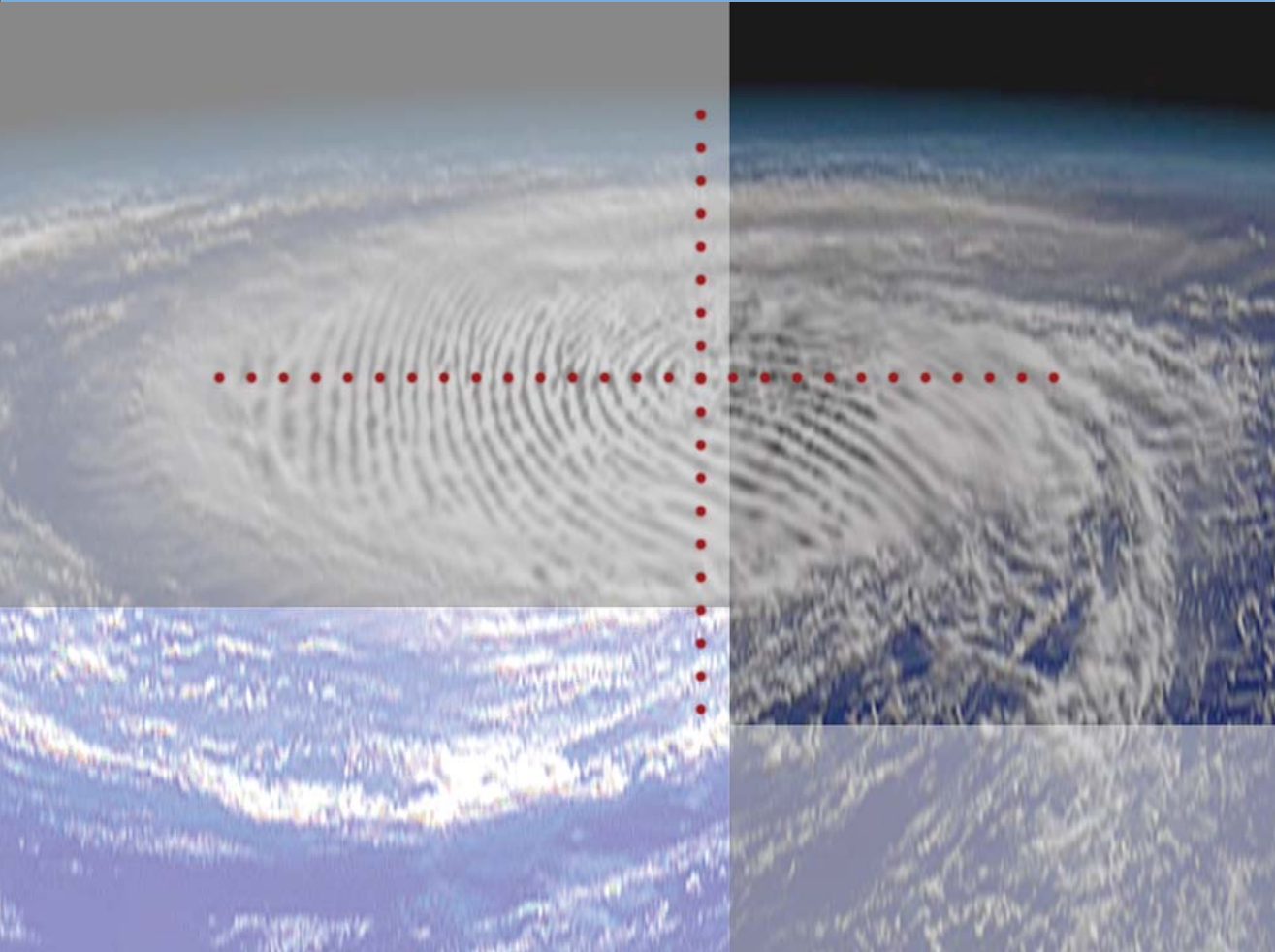




Környezetvédelmi  
és Vízügyi  
Minisztérium

# KLÍMAPOLITIKA



Szén-dioxid kibocsátás-csökkentési  
lehetőségek és költségek a  
magyarországi lakossági szektorban



**SZÉN-DIOXID KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI  
LEHETŐSÉGEK ÉS KÖLTSÉGEIK  
A MAGYARORSZÁGI LAKOSSÁGI SEKTORBAN**

Szerzők:

Aleksandra Novikova

Dr. Ürge-Vorsatz Diana

KvVM,

Budapest, 2008. február



## Tartalomjegyzék

<b>1</b>	<b>VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>BEVEZETÉS</b>	<b>7</b>
2.1	A LAKÓÉPÜLETEK FONTOSSÁGA MAGYARORSZÁG ÉGHAJLAT-POLITIKÁJÁBAN	7
2.2	A KUTATÁS KÉRDÉSEI ÉS SZERKEZETE	8
<b>3</b>	<b>MÓDSZERTAN</b>	<b>11</b>
3.1	MODELLEZÉSI MEGKÖZELÍTÉS: KÍNÁLATI GÖRBE-MÓDSZER	11
3.2	A MODELLEZÉSI KERET	12
3.3	ÉPÜLETTÍPUSOK	13
3.4	A TANULMÁNY TÉMAKÖRE	14
3.5	AZ ALAPVONAL KIALAKÍTÁSA	16
3.6	ADATFORRÁSOK	16
3.7	MODELLEZÉSI EGYENLETEK	17
3.8	FŐBB FELTÉTELEZÉSEK	25
3.8.1	CO <sub>2</sub> -kibocsátási tényezők	25
3.8.2	Leszámítolási kamatláb	27
3.8.3	Fűtőanyagárak	27
3.9	EGYÉB FELTÉTELEZÉSEK	28
3.9.1	Induló év	28
3.9.2	A háztartási készülékek és világítótestek által kibocsátott hő	28
3.9.3	Életciklus-kibocsátások	28
3.9.4	Hőfokórák	28
3.9.5	A berendezések és az épület komponenseinek élettartama	29
3.9.6	A távfűtés árának kialakítása	29
3.9.7	Pénzügyi műveletek	29
3.9.8	Számításon kívül hagyott fűtési lehetőségek	29
3.9.9	A visszapattanó (rebound) hatás	30
3.9.10	A vízmelegítéshez szükséges víz- és energiaigény	30
3.9.11	A fűtési és vízmelegítési rendszerek beruházási költségeinek megoszlása kombinált rendszerek esetében	30
<b>4</b>	<b>HÁZTARTÁSÁLLOMÁNY</b>	<b>31</b>
4.1	A HÁZTARTÁSÁLLOMÁNY MODELLEZÉSE	31
4.1.1	A népesség és a lakásállomány dinamikája	31
4.1.2	Az építési és megszüntetési dinamika előrejelzése	32
4.1.3	A háztartásállomány előrejelzése	33
4.2	ÉPÜLETTÍPUSOK A HŐENERGIA-MODELLEZÉSHEZ	33
4.2.1	Soklakásos hagyományos épületek	35
4.2.2	Ipari technológiával épített házak	36
4.2.3	1992-ig épült önálló családi házak	38
4.2.4	1993–2007 között épült önálló családi és soklakásos házak	40
4.2.5	2008 után épülő önálló családi és soklakásos házak	40
4.2.6	A különböző épülettípusok hőtechnikai héj tulajdonságai és háztartási fűtésigénye	41
<b>5</b>	<b>ALAPFORGATÓKÖNYVBELI ÉS KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEK: HŐGAZDÁLKODÁSI KORSZERŰSÍTÉS</b>	<b>43</b>
5.1	HŐENERGIA-FOGYASZTÁS A LAKOSSÁGI SEKTORBAN	43
5.2	LEHETŐSÉGEK AZ ÉPÜLETEK HŐTECHNIKAI HÉJÁNAK JAVÍTÁSÁRA	43
5.2.1	A szokásos üzletmenet forgatókönyve	44
5.2.2	A külső falak szigetelése	44
5.2.3	A pince/földszint szigetelése	45
5.2.4	Tetőszigetelés	45
5.2.5	Az ablakok és az erkélyajtók cseréje	45
5.2.6	Kijáratí ajtók cseréje	46
5.2.7	A passzív energetikai tervezés alkalmazása	46
5.3	A FŰTÉSI HATÉKONYSÁGOT ÉS A FŰTŐANYAG CSERÉJÉT CÉLZÓ LEHETŐSÉGEK	47

5.3.1	A szokásos üzletmenet forgatókönyve .....	47
5.3.2	Fűtés biomasszával: pellet .....	48
5.3.3	A Nap hőenergiája .....	49
5.3.4	Hőszivattyúk.....	49
5.3.5	Kondenzációs gázbojlerek.....	50
<b>5.4</b>	<b>FŰTÉSSZABÁLYOZÓK ÉS -MÉRŐK.....</b>	<b>50</b>
5.4.1	A szokásos üzletmenet forgatókönyve .....	51
5.4.2	Egyedi hőmennyiségmérés .....	51
5.4.3	Programozható szobai termosztátok .....	52
5.4.4	Termosztátos radiátorszelepek.....	52
<b>5.5</b>	<b>LEHETŐSÉGEK A HÁZTARTÁSI VÍZMELEGÍTÉS HATÉKONYSÁGÁNAK JAVÍTÁSÁRA.....</b>	<b>53</b>
5.5.1	A szokásos üzletmenet forgatókönyve .....	55
5.5.2	Jobb elektromos tárolós bojlerok .....	56
5.5.3	Jobb gázüzemű tárolós és átfolyós rendszerű vízmelegítők.....	56
5.5.4	Napenergiához, biomassza-tüzelésű (pellet) bojlerekhez kapcsolódó vízmelegítés, hőszivattyúk .....	56
<b>5.6</b>	<b>A VÍZIGÉNY CSÖKKENTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI.....</b>	<b>57</b>
5.6.1	Víztakarékos szerelvények.....	57
<b>6</b>	<b>ALAPFORGATÓKÖNYVBELI ÉS MÉRSÉKLÉSI LEHETŐSÉGEK:</b>	
	<b>ELEKTROMOS HATÉKONYSÁG .....</b>	<b>59</b>
6.1	ELEKTROMOSENERGIA-FOGYASZTÁS A LAKOSSÁGI SZÉKTORBAN.....	59
6.2	A SZOKÁSOS ÜZLETMENET (BAU) SZCENÁRIÓJA .....	60
6.3	HATÉKONY HŰTŐBERENDEZÉSEK (HŰTŐK ÉS FAGYASZTÓK) .....	60
6.4	ENERGIATAKÁRÉKOS MOSÓGÉPEK .....	61
6.5	HATÉKONY VILÁGÍTÓTESTEK.....	62
6.6	ALACSONY FOGYASZTÁS KÉSZENLÉTI ÜZEMMÓDBAN .....	64
<b>7</b>	<b>AZ EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA .....</b>	<b>65</b>
7.1	A KUTATÁSI KERETEK ÖSSZEGZÉSE .....	65
7.2	A LEGFONTOSABB EGYÉNI CO <sub>2</sub> -KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEK POTENCIÁLJA.....	67
7.3	A CO <sub>2</sub> -MITIGÁCIÓ ORSZÁGOS POTENCIÁLJA ÉS KÍNÁLATI GÖRBÉJE .....	71
7.4	JÖVŐBENI KUTATÁSI IGÉNYEK.....	80
7.4.1	A lakossági szektor háttérstatisztikái.....	80
7.4.2	A kibocsátás-csökkentési lehetőségek bővebb listája.....	80
7.4.3	A bizonytalanságok korlátozása .....	81
<b>8</b>	<b>HIVATKOZÁSOK.....</b>	<b>82</b>

# 1 VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

Magyarországon az éghajlatváltozás enyhítésére irányuló politika számára a lakossági szektor jelenti a kulcsterületet. 2004-ben ez a szektor adta az összes nemzeti szén-dioxid- (CO<sub>2</sub>-) kibocsátás 30%-át, ami a magyarországi energia-végfelhasználó szektorok között a legnagyobb részesedés. Az IPCC IV. Értékelő Jelentése szerint pedig az átmeneti gazdaságokban az összes energia-végfelhasználó szektor közül a lakossági szektorban van a legnagyobb CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési potenciál. A lakossági kibocsátás-csökkentésbe és energiahatékonyságba történő beruházások a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkenésének értékén túl másodlagos hasznok széles spektrumát eredményezhetik.

Jelen kutatás célja, hogy megbecsülje és elemezze a lakossági szektor CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentési lehetőségeit, az azokhoz kapcsolódó, energiahatékony technológiák és gyakorlatok alkalmazásából eredő költségeket, valamint az üzemanyag-váltási lehetőségek használatát a felhasználói oldalon. A tanulmány további célja, hogy azonosítsa a legígéretesebb lehetőségeket költséghatékonyság és CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál szempontjából. A cél elérése érdekében a szerzők egy alulról felfelé irányuló vizsgálatot végeztek el a magyarországi lakossági szektorra vonatkozóan a hatékonyságjavítás és az karbonszegény lehetőségek területén. A kutatás legfontosabb eredménye a megtakarított CO<sub>2</sub> kínálati görbéje, ami az egységnyi CO<sub>2</sub> kibocsátás-csökkentés költségének függvényében megmutatja a kibocsátás-csökkentési intézkedésekből származó lehetséges megtakarítások nagyságát. Ez a kínálati görbére épülő módszer lehetővé teszi a teljes potenciál becslését úgy, hogy nem számítja be duplán az egyes lehetőségekből származó átfedő csökkentési potenciálokat.

A jelentésben szereplő CO<sub>2</sub>-csökkentési intézkedések listája tartalmazza a kiválasztott típusú épületek hőgazdálkodásának javítását, passzív energetikai tervezés alkalmazását az új építésű lakóházaknál, magas hatékonyságú és alacsony karbonfelhasználású fűtési megoldások bevezetését, fűtésszabályozás és egyedi mérés bevezetését, a vízmelegítő berendezések felváltását kombinált fűtési és vízmelegítési megoldásokkal, víztakarékos szerelvények felszerelését, továbbá az elektromos eszközök és világítótestek hatékonyabbra cserélését. A fűtési és szigetelési lehetőségek vizsgálata a különböző építészeti és fűtési jellemzőkkel rendelkező épülettípusokra külön-külön történt. A modell nem tételez javulást az 1993–2008 között létrehozott épületek hőgazdálkodási és fűtési rendszereiben. A jelen dokumentum emellett néhány kibocsátás-csökkentési lehetőséget jövőbeni kutatásoknak hagy tárgyal. Ezek: a légszivárgás csökkentése, a hatékony főzés, a hatékony légkondicionálás, a hatékony motorok (liftek) és a hatékony háztartási kisgépek. A kutatás nem foglalkozik a hatékonyabb biomassza-tüzelésű fűtési rendszerek hatásaival, mert a biomassza fenntartható energiaforrásnak számít, és így nulla CO<sub>2</sub>-kibocsátást jelent.

Az 1. táblázat tartalmazza a kibocsátás-csökkentési lehetőségek elemzésének eredményeit. Az 1. táblázat részletezi azon potenciális CO<sub>2</sub>-megtakarításokat, melyek az egyes lehetőségek külön-külön történő megvalósításából erednek, valamint az ehhez kapcsolódó CO<sub>2</sub> megtakarítás költségeit. A táblázathoz két fontos megjegyzést kell fűzni. Először, **az egyes lehetőségekből eredő potenciálokat nem lehet összegezni**. Másodsor, a táblázat eredményei csak nagy óvatossággal használhatók a lakossági szektor energiahatékonysági és az energiamegtakarítási potenciáljának elemzéséhez: a(z) alapforgatókönyvhöz képest) megtakarított CO<sub>2</sub> mennyisége vagy a megtakarítás költséghatékonysága szempontjából leghatékonyabb lehetőségek gyakran nem esnek egybe a megtakarított energia mennyisége illetve az energiamegtakarítás költséghatékonysága szempontjából leghatékonyabb lehetőségekkel. Például a lakás- és vízfűtést szolgáló pelletbojler használata a fűtés hatékonyságát 5–25%-kal növelheti az alaptermotechnológiától függően, ugyanakkor a CO<sub>2</sub>-kibocsátás 100%-át semlegesíti a nulla kibocsátási tényezőjének köszönhetően.

**1. táblázat: Az egyes lehetőségek alkalmazásával elérhető potenciál, 2025**

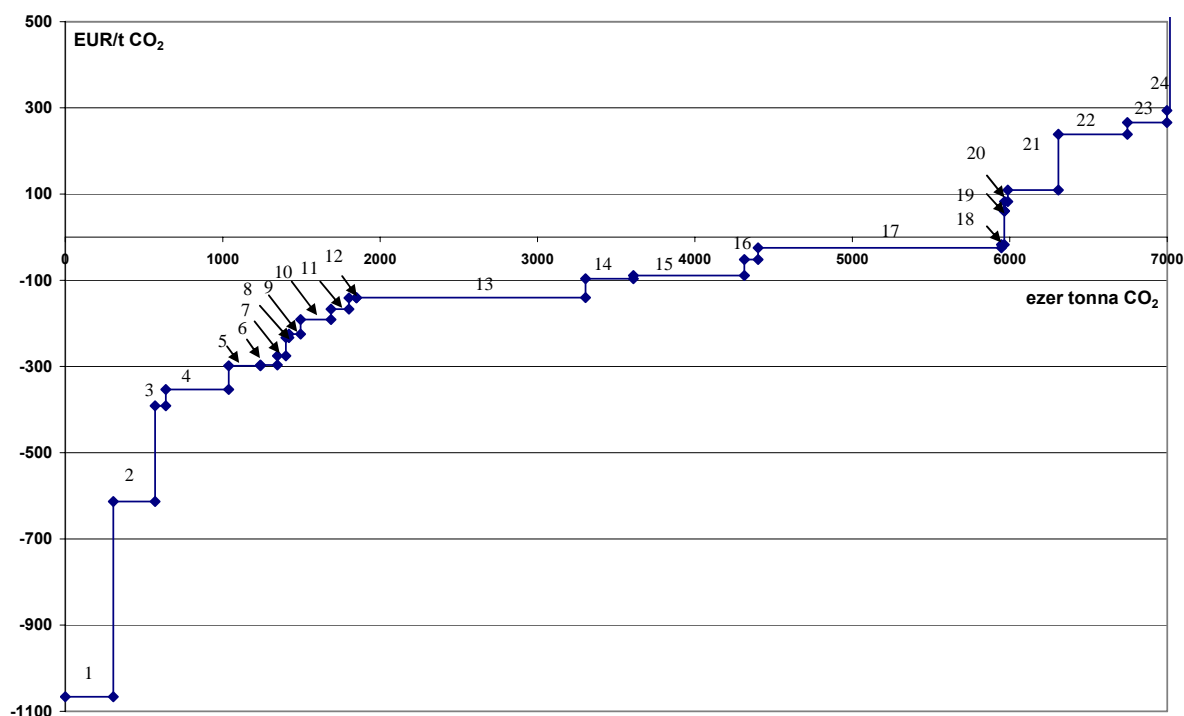
Technológiai lehetőségek	CO <sub>2</sub> csökkentés	A CO <sub>2</sub> -csökkentés költsége	
	1000 t CO <sub>2</sub> /év	EUR/ t CO <sub>2</sub>	1000 HUF/ t CO <sub>2</sub>
<b>Az ipari technológiával épített épületek energiamegtakarítási felújítása: fűtés és szigetelés</b>			
Termosztátos radiátorszelepek (TRSZ-ek) felszerelése	74	-225	-56
A falak szigetelése a lakásokban	332	-115	-29
A lakások fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerok felszerelése	5	-108	-27
A pince szigetelése	37	-96	-24
Tetőszigetelés	38	4	1
Ablakcsere	128	158	40
A táv- és központi fűtés egyedi fogyasztásának mérése	148	307	77
Ajtócsere	21	1684	421
<b>A hagyományos épületek energiamegtakarítási felújítása: fűtés és szigetelés</b>			
TRSZ-ek felszerelése	19	-233	-58
A pince szigetelése	116	-169	-42
Programozható termosztátok felszerelése	52	-154	-38
A lakások fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerok felszerelése	26	-104	-26
Tetőszigetelés	103	-89	-22
A táv- és központi fűtés egyedi fogyasztásának mérése	39	91	23
Ablakcsere	337	125	31
A lakások fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerok felszerelése	79	204	51
Ajtócsere	23	1462	366
<b>Az 1992 előtt épült családi házak energiamegtakarítási felújítása: fűtés és szigetelés</b>			
Programozható termosztátok felszerelése	193	-191	-48
A pince szigetelése	1514	-146	-36
A falak szigetelése	2367	-100	-25
Tetőszigetelés	1338	-82	-21
Vízmelegítésre és központi fűtésre szolgáló kondenzációs gázbojlerok felszerelése	579	86	22
Ablakcsere	1100	88	22
Vízmelegítésre és központi fűtésre szolgáló pelletbojlerok felszerelése	3054	110	27
Napkollektorok felszerelése pelletbojlerrel megtámogatva a lakások vízmelegítésére és központi fűtésére	3054	233	58
Vízmelegítésre és központi fűtésre szolgáló hőszivattyúk felszerelése	1833	487	122
Ajtócsere	75	1151	288
<b>Az 2008 után épülő családi házak energiamegtakarítási felújítása:</b>			
Passzív energetikai tervezés alkalmazása	705	-89	-22
<b>Energiamegtakarítást eredményező felújítás: vízmelegítési rendszerek</b>			
Vízmelegítést szolgáló szerelvények felszerelése átfolyós rendszerű vízmelegítő fűtőberendezéseknél és bojlerokhoz kapcsolt átfolyós rendszerű vízmelegítőknél	400	-354	-88
Vízmelegítést szolgáló szerelvények felszerelése azokban a lakásokban, ahol a távhőszolgáltató biztosítja a meleg vizet	202	-298	-75
Továbbfejlesztett kombinált fűtési & vízmelegítési rendszerek / vízmelegítő rendszerek	553	-51	-13
<b>Villamos energiahatékonysághoz kapcsolódó lehetőségek (kivéve a vízmelegítést): berendezések és világítótestek</b>			
Az izzók felváltása kompakt fénycsővilágítással	348	-1066	-267
A televíziók és a számítógépek készenléti üzemmódjához (LOPOMO) kapcsolódó energiafogyasztás csökkentése	266	-613	-153
Hatékony fagyasztószekrények	67	-391	-98
Hatékony hűtőszekrények	107	-297	-74
Hatékony mosógépek	54	-275	-69

Az 1. táblázat bizonyítja, hogy minden épülettípusra és minden energia-végfelhasználóra létezik olyan technológiai megoldás, mely negatív költség mellett csökkenti a CO<sub>2</sub>-kibocsátást. A költséghatékonyság értelmében legnegatívabb költséggel az izzók kompakt fénycsővilágítással történő felváltása jár. Ezt követi a televíziók és a számítógépek készenléti üzemmódjához kapcsolódó energiafogyasztás kötelező csökkentése. A harmadik helyre került a fűtés- és melegvíz-szabályozók, úgy mint kis vízátfolyású szerelvények, TRSZ-ek és programozható termosztátok felszerelése. Szinte minden, valamely épületrész (fal, pince és tető) szigetelését célzó intézkedésnek negatív a CO<sub>2</sub>-csökkentési költsége, és ugyanez áll a központi kondenzációs gázbojlerok felszerelését célzó



akciókra. A negatív költségű CO<sub>2</sub>-csökkentési intézkedések listájának végén található a passzív energetikai tervezés újjépítésű házak esetén, valamint a továbbfejlesztett vízmelegítő rendszerek és berendezések beépítése. A 0-100 közti EUR/tCO<sub>2</sub> költségű technológiai lehetőségek az ablakok cseréje, a vízmelegítésre és központi fűtésre szolgáló kondenzációs gázbojlerek felszerelése a családi házakban, valamint a táv- és központi fűtés egyedi fogyasztásának mérése a hagyományos épületekben. A további lehetőségek drágának számítanak, a mitigáció költségük magasabb, mint 100 EUR/t CO<sub>2</sub>.

Az elkerült CO<sub>2</sub> mennyiségének szempontjából a régi családi házak hőgazdálkodásának és fűtési hatékonyságának javítása adja a legnagyobb potenciált a lakossági szektorban. Ennélfogva a pelletbojlerek vagy a napenergiára épülő fűtési rendszerek felszerelése adják a lehetőségek legnagyobb részét, ez körülbelül 3,1 millió tonna CO<sub>2</sub> az alap kibocsátáshoz viszonyítva. A hőszivattyúk illetve a kondenzációs bojlerek felszerelése az ilyen jellegű háztartások esetében szintén nagyon jelentős potenciált nyújthat – elérheti rendre az 1,8, illetve 0,6 millió tonna CO<sub>2</sub>-t. Ezek a fűtési lehetőségek ugyanakkor kizárják vagy csökkentik egymás térhódítását, ha egyikük vagy másikkuk alkalmazásra kerül. A falak, a tető és a pince szigetelése, valamint az ablakok cseréje a régi családi házakban rendre mintegy 2,4, 1,5, 1,4, illetve 1,1 millió tonna CO<sub>2</sub>-megtakarítást eredményezhet. A passzív energetikai tervezés, a továbbfejlesztett vízmelegítési rendszerek bármilyen jellegű háztartás esetén valamint víztakarékos szerelvények 0,6-0,7 millió tonna CO<sub>2</sub>-t takaríthatnak meg. A többi intézkedés kevesebb mint 0,5 millió tonna CO<sub>2</sub>-t jelent lehetőségenként.



**1. ábra:** A lakossági szektor CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentés kínálati görbéje, 2025

Az 1. ábra a CO<sub>2</sub>-csökkentés potenciálját mutatja be a vizsgált CO<sub>2</sub>-csökkentő technológiai lehetőségek költségének függvényeként. A kínálati görbe módszer előnye, hogy lehetővé teszi a teljes potenciál megbecslését anélkül, hogy duplán számolnánk el a kibocsátás-csökkentési potenciálokat, amelyek az egyes opciókból ugyanarra az alapvonalis technológiára és energia-végfelhasználásra vetítve adódnak. A 2. táblázat feloldja az intézkedések számozását, és részletes adatokat szolgáltat CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciálra és a hozzá tartozó költségekre vonatkozóan. Az 1. ábra jól mutatja, hogy széles skálája van a negatív költségű CO<sub>2</sub>-csökkentési lehetőségeknek az összes vizsgált lakossági épülettípus esetében. Az ábrából kivehető, hogy olyan technológiai lehetőségek kínálnak lehetőséget negatív költségű CO<sub>2</sub>-mitigációra 2025-ben, mint a hatékony berendezések és világítástechnika, a fűtés- és vízfolyás-szabályozók, az alacsony energiafelhasználású üzemmódban kevesebb áramot

fogyasztó elektromos berendezések, a passzív energetikai tervezés szerint történő házépítés és a szigetelési lehetőségek többsége.

**2. táblázat: A kínálatigörbe-módszerrel becsült CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál és költségek, 2025**

N	Technológiai lehetőségek	CO <sub>2</sub> - megtakarítás	A csökkentett CO <sub>2</sub> költsége	
		1000 t CO <sub>2</sub> /év	EUR/t CO <sub>2</sub>	1000 Ft/t CO <sub>2</sub>
1	Az izzók felváltása kompakt fénycsövekkel	305	-1066	-267
2	Az energiafelhasználás csökkentése a televíziók és a számítógépek energiatakarékos üzemmódban történő működtetésénél	266	-613	-153
3	Hatékony fagyasztók	67	-391	-98
4	Vízmegetakarítást szolgáló szerelvények felszerelése otthoni vízmelegítő rendszerrel ellátott lakásokban	400	-354	-88
5	Vízmegetakarítást szolgáló szerelvények felszerelése azokban a lakásokban, ahol a távhőszolgáltató biztosítja a melegvizet	202	-298	-75
6	Hatékony hűtőszekrények	107	-297	-74
7	Hatékony mosógépek	54	-275	-69
8	TRSZ-ek felszerelése a hagyományos házakban	19	-233	-58
9	TRSZ-ek felszerelése az ipari technológiával épített házakban	74	-225	-56
10	Programozható termosztátok felszerelése a régi családi házakban	193	-191	-48
11	A pince szigetelése a hagyományos házakban	114	-167	-42
12	A programozható termosztátok felszerelése a hagyományos házakban	48	-141	-35
13	A pince szigetelése a régi családi házakban	1455	-140	-35
14	Falak szigetelése az ipari technológiával épült házakban	304	-96	-24
15	Passzív energetikai tervezés alkalmazása a 2008 után felépülő épületek esetében	705	-89	-22
16	Tetőszigetelés a hagyományos házakban	86	-52	-13
17	A falak szigetelése a régi családi házakban	1546	-25	-6
18	Hagyományos házak fűtését szolgáló épületközponti kondenzációs gázbojlerek	18	-17	-4
19	Az ipari technológiával épült házak fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerek	3	61	15
20	A pince szigetelése az ipari technológiával épült házakban	20	83	21
21	Kombinált fűtési & vízmelegítési rendszerek / vízmelegítő rendszerek	322	109	27
22	Tetőszigetelés régi családi házakban	438	239	60
23	Ablakcsere a hagyományos házakban	251	266	67
24	Tetőszigetelés az ipari technológiával épült házakban	20	294	73
25	A táv- és a központi fűtés egyedi fogyasztásmérése a hagyományos házakban	16	624	156
26	Ablakcsere az ipari technológiával épült házakban	64	631	158
27	Hagyományos házak fűtését szolgáló lakásközponti kondenzációs gázbojlerek	42	641	160
28	Régi családi házak vízmelegítésére és központi fűtésére szolgáló pelletbojlerek	731	710	178
29	A táv- és a központi fűtés egyedi fogyasztásának mérése az ipari technológiával épült házakban	60	1227	307
30	Régi családi házak vízmelegítésére és központi fűtésére hőszivattyúk felszerelése	202	1507	377
31	Ajtócsere a hagyományos házakban	11	3479	870
32	Ajtócsere az ipari technológiával épült házakban	8	5309	1327
33	Ablakcsere régi családi házakban	60	5415	1354
34	Ajtócsere régi családi házakban	3	30954	7738

Ha a negatív költségű lehetőségek megvalósulnak, akkor ezek összesen mintegy 6 millió tonnával fogják csökkenteni a CO<sub>2</sub>-kibocsátást 2025-ben. Ez körülbelül 53%-a a modellezett energiavéghasználatokhoz kötődő CO<sub>2</sub>-kibocsátások összesített alapforgatókönyvének (megjegyzendő, hogy ez nem a lakossági szektor összesített alapforgatókönyve). Ezen negatív költségű CO<sub>2</sub>-csökkentési lehetőségek megvalósítása évi 28 TWh energiamegtakarítást fog eredményezni, ami 2025-ben a modellezett lakossági energiavéghasználatok teljes energiafogyasztásának mintegy 54%-a. Ezen potenciál realizálása 2008–2025 között nagyjából összesen 12 milliárd euró összegű beruházást igényel, mely ugyanakkor 19 milliárd euró energiaköltséget takarít meg.

A negatív költségű potenciálon túl a modellezett energiavéghasználatok alapforgatókönyv szerinti CO<sub>2</sub>-kibocsátásaiból még legalább 19%-a elkerülhető maximum 100 EUR/tCO<sub>2</sub> költség mellett, és további 12%, ha a költségplafon 500 EUR/tCO<sub>2</sub>. Ezek a számok 2025-ben további 2 millió tonna CO<sub>2</sub>-csökkentést testesítenek meg. Az 500 EUR/tCO<sub>2</sub> szintnél drágább lehetőségek nem képviselnek jelentős mennyiségű potenciált. A 3. táblázat tartalmazza a CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciált költségkategóriákra, energia-megtakarításokra és szükséges beruházási költségekre bontva. Az

összes megvizsgált intézkedés megvalósításával elérhető maximális potenciál a modellezett végfelhasználásoknál nagyjából az alapforgatókönyv szerinti CO<sub>2</sub>-kibocsátások 73%-ára tehető 2025-ben. Abszolút számokban a megtakarítások körülbelül évi 7,8 millió tonna CO<sub>2</sub>-re rúgnak. A maximális potenciál eléréséhez szükséges összes beruházás értéke kb. 39 milliárd euró 2008 és 2025 között.

**3. táblázat: CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál költségkategóriákra, energiamegtakarításokra és szükséges beruházási költségekre bontva**

CO <sub>2</sub> -csökkentési potenciál költségkategóriáinként	CO <sub>2</sub> -elhárítási potenciál 2025-ben				Energiamegtakarítási potenciál				Beruházási költségek 2008 és 2025 között	
	Összesítve		Költség-kategóriáinként		Összesítve		Költség-kategóriáinként		Összesítve	Költség-kategóriáinként
	A modellezett végfelhasználások %BL-e	millió t CO <sub>2</sub> /év	A modellezett végfelhasználások %BL-e	millió t CO <sub>2</sub> /év	A modellezett végfelhasználások %BL-e	TWh/év	A modellezett végfelhasználások %BL-e	TWh/év	Milliárd EUR	Milliárd EUR
< 0 EUR/t CO <sub>2</sub>	52,8%	6,0	52,8%	6,0	53,5%	28,1	53,5%	28,1	11,8	11,8
0–100 EUR/t CO <sub>2</sub>	53,0%	6,0	0,2%	0,0	53,8%	28,2	0,2%	0,1	11,9	0,1
100–500 EUR/t CO <sub>2</sub>	71,9%	8,1	19,0%	2,1	64,8%	34,0	11,1%	5,8	31,1	19,1
< 500 EUR/t CO <sub>2</sub>	72,7%	8,2	0,7%	0,1	66,5%	34,8	1,7%	0,9	38,6	7,5

*Megjegyzés:* a %BL az alapforgatókönyvbeli (baseline) részesedés rövidítése

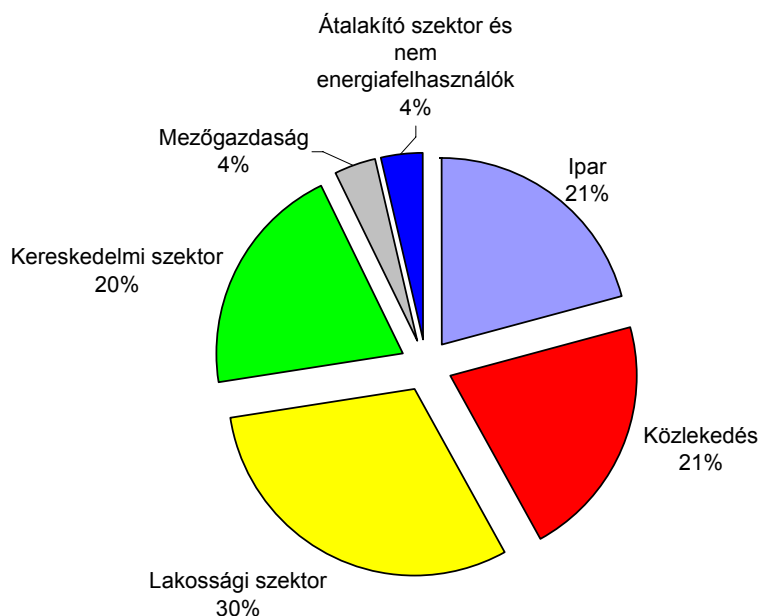
Bár a szerzők igyekeztek a lehető legtöbb kibocsátás-csökkentési lehetőséget megtárgyalni és a modell alap-adatait széles körben egyeztetni, az elemzés csak a legnagyobb potenciálú CO<sub>2</sub>-csökkentési lehetőségekkel foglalkozik. Így a kutatás tovább javítható a kibocsátás-csökkentési lehetőségek bővebb listájának tárgyalásával. Fontos megjegyezni, hogy a végpotenciál nagysága erősen függ az energiaár-előrejelzésektől. Jelen tanulmány az Athéni Műszaki Egyetem PRIMES modelljének Európai Bizottság számára készített 2007. augusztusi futtatásának előrejelzésén alapul. Számos lehetőség van a bizonytalanságok csökkentésére, valamint a kutatás során használt feltevések egyértelműbbé tételére, ami jelentősen javíthatná az eredmények minőségét.



## 2 BEVEZETÉS

### 2.1 A lakóépületek fontossága Magyarország éghajlat-politikájában

Magyarországon az éghajlatváltozás hatásainak enyhítésére irányuló politika főként a lakosságot célozza meg. 2004-ben ez a szektor adta az összes nemzeti szén-dioxid-(CO<sub>2</sub>-)kibocsátás 30%-át (ODYSSEE, 2007), ami, amint azt a 2. ábra mutatja, a magyarországi energia-végfelhasználó szektorok közül a legnagyobb részesedés.

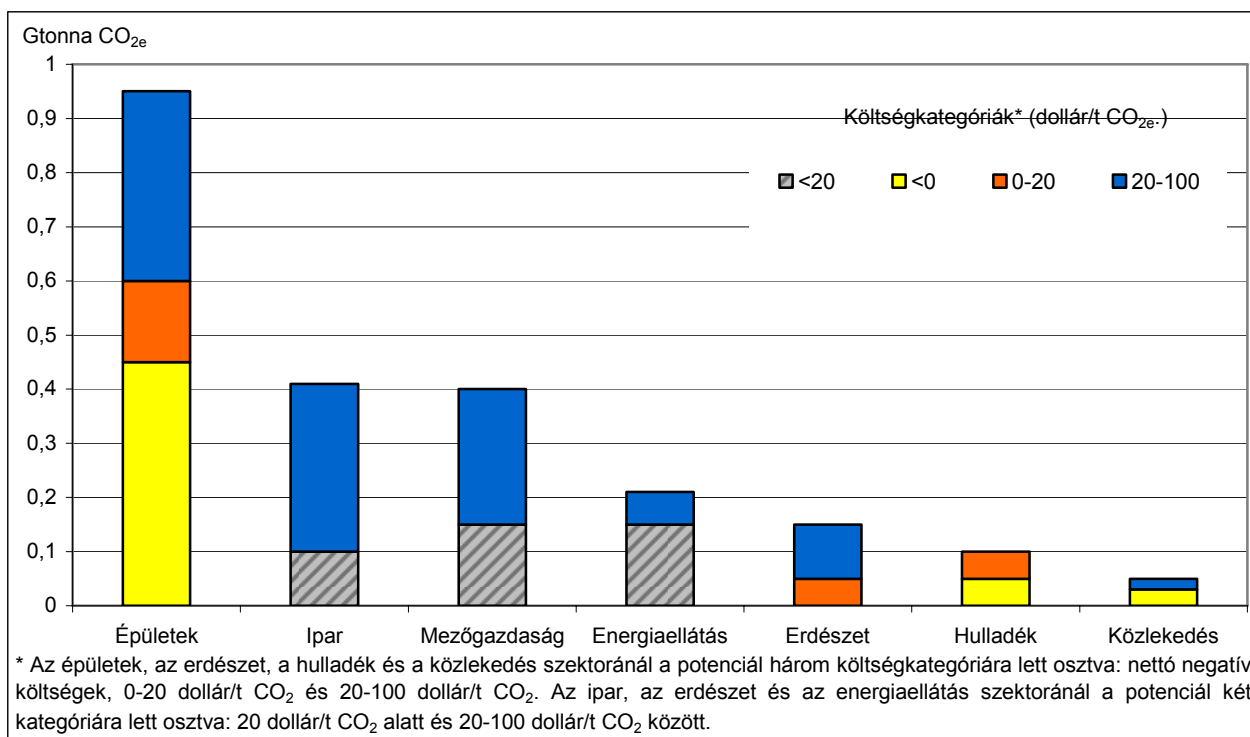


**2. ábra:** A szén-dioxid- (CO<sub>2</sub>-)kibocsátás<sup>1</sup> osztályozása a magyarországi energia-végfelhasználók szerint 2004-ben - Forrás: az ODYSSEE (2007) alapján készült

A lakossági szektor bőséges lehetőséget kínál a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésére. Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület IV. Értékelő Jelentése (Levine et al., 2007) szerint az átmeneti gazdaságokban (a volt Szovjetunió (FSU) és Közép-Kelet-Európa (CEE)) az épületekhez köthető, szokásos üzletmenetből adódó, 2020-as kibocsátások legalább 29%-a megtakarítható. A CO<sub>2</sub>-mitigáció tekintetében ez a legmagasabb becsült potenciál az összes energia-végfelhasználó szektor közül, amint azt a 3. ábra is illusztrálja.

A lakossági kibocsátás-csökkentési és az energiahatékonysági beruházások a lecsökkent CO<sub>2</sub>-kibocsátások értékén túl másodlagos hasznok széles spektrumát eredményezhetik. Magyarország számára az a legfontosabb, hogy az energiahatékonysági beruházások segítenek a háztartásoknak megbirkózni a növekvő közüzemi számlák fizetésének terhével, növelve ezzel a társadalmi jólétet (Novikova, 2007). A megtakarított energiaköltségeket a lakosság már fogyasztói javakra fordíthatja, stimulálva ezáltal a GDP növekedését (ez az ún. multiplikátor hatás). Ezen felül növekszik a lakók otthoni kényelemérzete. A jobb épületburkolatok és berendezések előállítás, felszerelése és fenntartása pedig új üzleti lehetőségek előtt nyit utat, és így munkahelyeket teremt. Végül, az energiamegtakarítás mérsékli a közegészségügyet, az építőanyagokat és a mezőgazdasági terményeket érő károkat Magyarországon (Aunan et al., 2000).

<sup>1</sup> A szektorok által felhasznált elektromos energiával kapcsolatos kibocsátásokat is beleértve.



**3. ábra:** A becsült CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál az átmeneti gazdaságokban ágazati szinten különböző költségkategóriák esetén 2030-ban - Forrás: az IPCC (2007) alapján készült

Míg a fejlett országokban, és esetenként a fejlődő országokban<sup>2</sup> is kellően kivizsgálták az éghajlati kibocsátás-csökkentési stratégiákat, a hasonló jellegű kutatások száma korlátozott az átmeneti gazdaságokban. Mind ez idáig két olyan tanulmány létezik, mely részletezi a magyarországi épületszektor kibocsátás-csökkentési lehetőségeit. Az egyik „Az üvegházgázok csökkentésének közgazdaságtana” (Szlávik et al., 1998), a másik egy Ecofys/EURIMA-tanulmány az új EU-tagállamok számára (Petersdorff et al., 2005). Az előbbi egy nagyon átfogó kutatási anyag, azonban már majd tíz évvel ezelőtt készült. Az utóbb említett pedig csak a szigetelésre és a gáztüzelésű központi fűtési lehetőségekre összpontosít. Bár Magyarország számára ezek a legfontosabbak lehetőségek között vannak, de az ígéretes kibocsátás-csökkentési lehetőségek listája sokkal bővebb.

## 2.2 A kutatás kérdései és szerkezete

A kutatás célja, hogy támogatást nyújtson a magyarországi lakossági szektor CO<sub>2</sub>-kibocsátásának csökkentését célzó legköltséghatékonyabb új szakpolitikák bizonyítékokon alapuló tervezéséhez. Jelen kutatás célja, hogy megbecsülje és elemezze a lakossági szektor CO<sub>2</sub>-mérséklési potenciálját, az energiahatékony technológiák és gyakorlatok alkalmazásából eredő pótlólagos költségeket, valamint a keresleti oldali üzemanyag-kiváltási lehetőségek használatát. Ezen felül a tanulmány célja még, hogy azonosítsa a legígéretesebb lehetőségeket költséghatékonyág és CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál szempontjából.

<sup>2</sup> Egyes fejlődő országokban ezt a témát nagyon jól megvizsgálták olyan szervezetek segítségével, mint az ENSZ Környezetvédelmi Programja és az Ázsiai Fejlesztési Bank.

A kutatás kérdései a következők:

- i) a háztartási szektor alapvonalai CO<sub>2</sub>-kibocsátásának előzetes becslése;
- ii) az ország lakossági szektorában alkalmazható, kulcsfontosságú alacsony széntartalmú technológiák és gyakorlatok előzetes meghatározása;
- iii) az egyedi lehetőségek CO<sub>2</sub>-kibocsátás mérséklési potenciáljának és a hozzá tartozó társadalmi kibocsátás-csökkentési költségek becslése;
- iv) a kibocsátás-csökkentési potenciál becslése a CO<sub>2</sub>-költség függvényeként.

A jelen dokumentum 7 fejezetből áll. Az első fejezetben kerül sor a kutatás jelentőségének indoklására és céljainak és feladatainak megállapítására; az ezt követő módszertani fejezetben pedig leírást nyújt a kutatás során használt modellezési megközelítésről valamint a legfontosabb egyenletekről és feltevésekről. A harmadik fejezet részletesen feltárja, hogyan modelleztük a háztartásállományt, valamint bemutatja a háztartások jellemzőit a különböző épülettípusok szerint. A negyedik fejezet bemutatja a CO<sub>2</sub>-csökkentés legjelentősebb hógazdálkodási lehetőségeit, melyek magukban foglalják a hőtanilag hatékonyabb burkolatokat, a korszerű fűtési és vízmelegítési technológiákat, valamint a fűtés- és vízfolyás-szabályozókat. Az ötödik fejezet a CO<sub>2</sub>-csökkentésre vonatkozó legfőbb elektromosenergia-lehetőségeket tárja fel, kivéve melyek a hőhatékonysági fejezetben már szerepeltek. A hatodik fejezet a kutatás eredményeit mutatja be, rangsorolva az egyedi kibocsátás-csökkentési lehetőségeket azok költséghatékonysági és CO<sub>2</sub>-mérséklési képességei szempontjából. A hetedik fejezet tárgyalja a különböző költségkategóriák esetében a lehetőségek megvalósításából eredő kumulatív potenciálokat, és kiszámítja e potenciálok megvalósításához szükséges beruházási költségeket. Végezetül a fejezet meghatározza azokat a területeket, melyek további kutatást igényelnek.





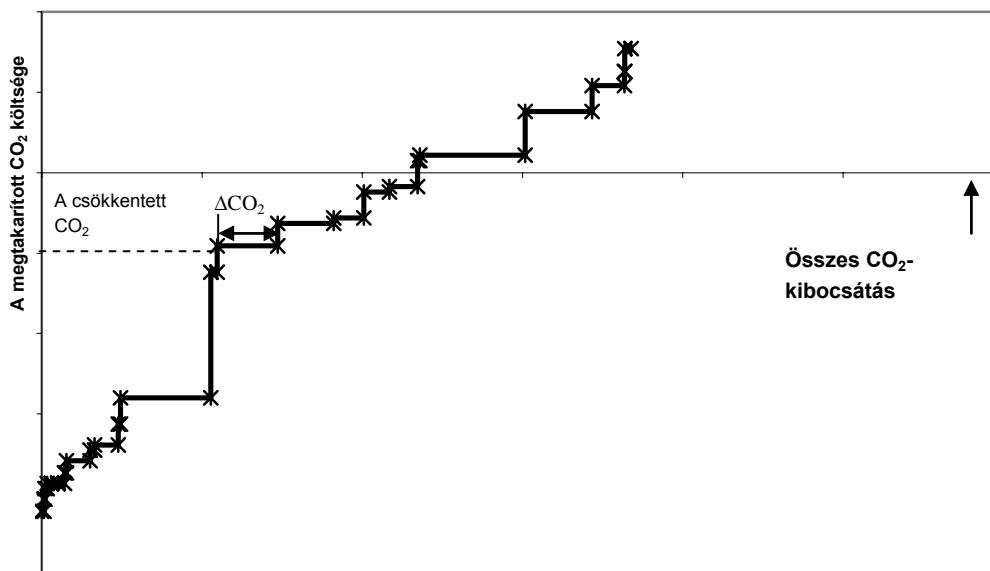
### 3 MÓDSZERTAN

#### 3.1 Modellezési megközelítés: kínálati görbe-módszer

A kibocsátás-csökkentési vizsgálatnak (mint bármely analitikai feladatnak) két fő megközelítése létezik: az felülről lefelé (top-down) és alulról felfelé (bottom-up) történő vizsgálat. A felülről lefelé történő vizsgálati modellek jellemzően az energiaszektor és a makroökonomiai mutatók közötti kölcsönhatásokat vizsgálja nemzeti szinten, és nem részletezik a konkrét technológiai lehetőségeket. A bottom-up modellek ezzel szemben olyan technológiai lehetőségek költséghatékonyosságát vizsgálják, amelyek az energia megtakarítását, az energia átalakítása, átvitele, elosztása és fogyasztása hatékonyságának javítását, vagy kevesebb szén kibocsátását célozzák.

A dokumentum céljainak megfelelően bottom-up modell került kialakításra. A modell legfontosabb eredménye a megtakarított CO<sub>2</sub> kínálati görbéje, ami a CO<sub>2</sub>-egységköltség függvényeként megadja a CO<sub>2</sub>-mérséklési intézkedésekből származó lehetséges megtakarításokat. A kibocsátás-csökkentési kínálati görbe módszerét a közgazdaságtani szakirodalomban használt, árucikkekre vonatkozó kínálati görbékkel analóg módon fejlesztették ki. Például az enegiahordozók kínálati görbéje különböző energiatartékokat rangsorol azok feltárási költségei alapján. A megtakarított CO<sub>2</sub> kínálati görbéje analóg módon megmutatja a kibocsátás-csökkentési intézkedések sorrendjét és nagyságát a megtakarított CO<sub>2</sub> és a költségek szempontjából.

Egy CO<sub>2</sub>-potenciál kínálati ábrája jellemzően olyan alakot ölt, mint ahogyan az lentebb a 4. ábrán látható. A görbe minden egyes lépcsője egy intézkedési típust ábrázol. Az X intézkedés  $\Delta\text{CO}_2$ -nek megfelelő kibocsátást tud megtakarítani a jelzett kibocsátás-csökkentési költségek mellett. A megtakarított CO<sub>2</sub> negatív költsége azt jelenti, hogy az intézkedések eredményei nagyobbak, mint a megvalósítás költségei, ezért a társadalom egészének előnye származik ezen kibocsátás-csökkentési lépés bevezetéséből, ahelyett hogy fizetne érte (Halsnaen et al., 1998).



4. ábra: Példa a CO<sub>2</sub>-megtakarítás kínálati görbéjére

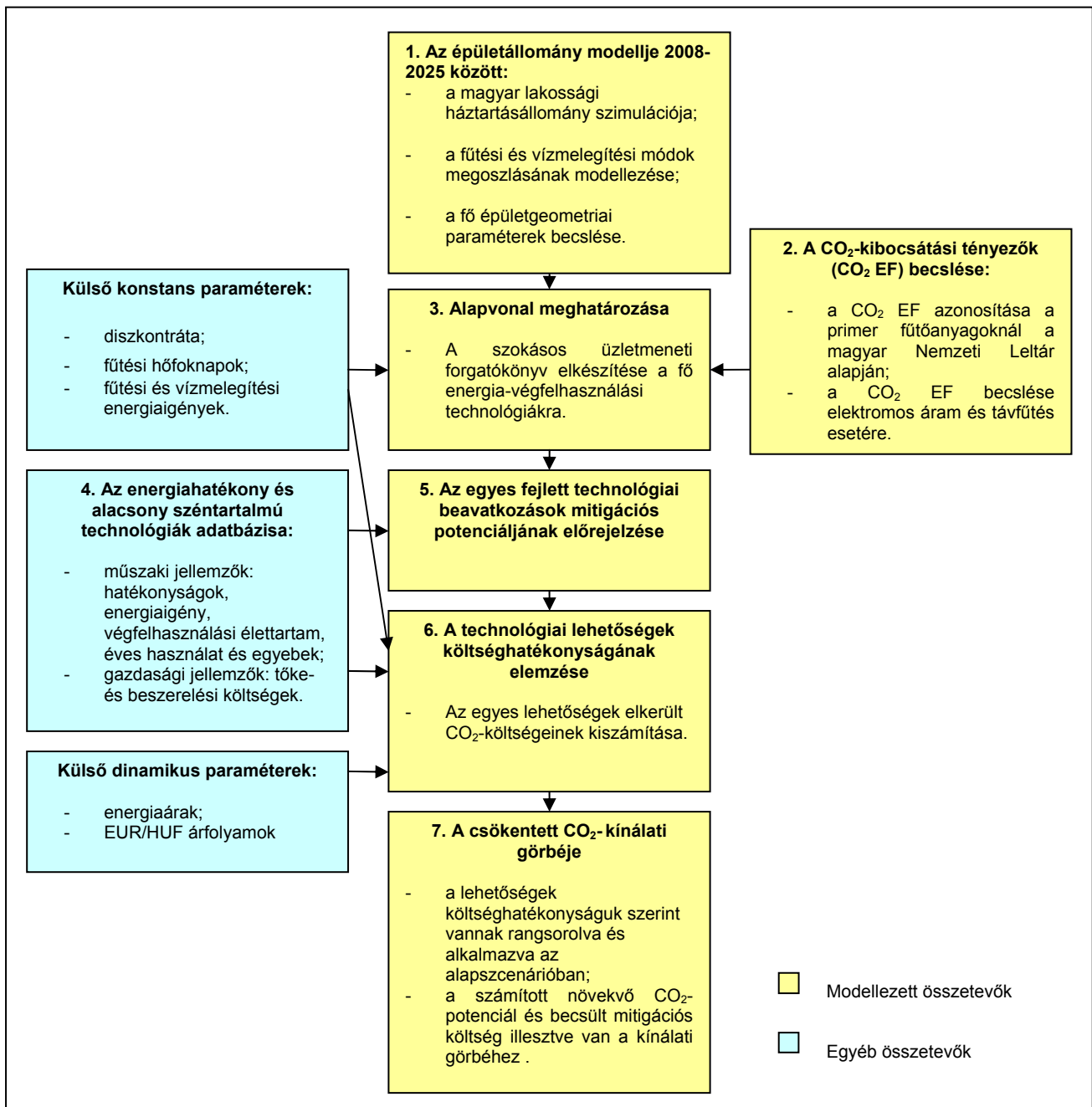
A kínálati görbe-módszer előnye, hogy lehetővé teszi a teljes potenciál becslését, elkerülve hogy duplán számoljuk el a kibocsátás-csökkentési potenciálokat, amelyek az egyes opciókból ugyanarra az alapvonalis technológiára és energia-végfelhasználásra vetítve adódnak. A fenti jelenségre egy eset például a szigetelés javítása, ami csökkenti a fűtési igényt, így a fűtési hatékonyság javításának nagyobb potenciálja lenne, ha az épületek nem lennének szigetelve.

A kínálatigörbe-módszer alapvető metodológiai elve, mely segít megoldani a dupla elszámolás problémáját, abban áll, hogy a kibocsátás-csökkentési lehetőségek alkalmazásában rejlt potenciálokat nem közvetlenül összegzi, hanem a költség-hatékonyságuk sorrendjében egymásra pakolja őket. Vagyis a módszer a következő lépésekből áll. Először minden intézkedés esetén külön-külön megbecsüljük a CO<sub>2</sub>-mitigáció potenciálját és költségét. Második lépésben kiválasztjuk a legalacsonyabb CO<sub>2</sub>-mérséklési költséggel jellemzett intézkedést, és megalkotjuk az új alapvonalis forgatókönyvet azon feltétel mellett, hogy a fenti intézkedés megvalósult. A megmaradt lehetőségekre újra megbecsüljük az energia- és CO<sub>2</sub> megtakarítást, valamint a CO<sub>2</sub>-mitigáció költségét az új alapvonal mellett. A harmadik lépésben kiválasztjuk a megmaradt intézkedések közül a legkisebb kibocsátás-csökkentési költségűt és megalkotjuk az új alapvonalat, feltéve hogy ezt az opciót is és megbecsüljük a maradék intézkedésekkel megspórolható energiát és CO<sub>2</sub>-mitigációt költségével együtt. Ezt addig folytatjuk, amíg az összes intézkedést rangsoroljuk a költség-hatékonyságuk szerint. Ezen eljárás után megszokott, hogy a lehetőségek rangsora eltér attól, amit az intézkedések egyenkénti végrehajtása esetén kapnánk. A változó sorrend megfigyelhető az egymással összefüggő intézkedéseknél is, mint például a szigetelésre vonatkozó intézkedés, vagy más fűtési lehetőségek esetében, de ez nem a független lehetőségek esete, mint például a mosógépek vagy a világítási technológiák fejlesztése.

### **3.2 A modellezési keret**

Az 5. ábra lépésről-lépésre bemutatja a mitigált CO<sub>2</sub> ágazati kínálati görbe kialakítására a kutatásban alkalmazott eljárást. Első lépésként két modelltömb épül: ez a háztartásállomány-modell fűtési és vízmelegítési módok szerinti megoszlása és azok a táblázatok, melyek az elektromos áram és a hő esetében megmutatják a CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezőkre irányuló becsléseket. Ezeknek a modellezési blokkoknak az eredményeire, valamint más összegyűjtött külső inputparaméterekre támaszkodva dolgozzuk ki a végső energiafelhasználásra és a kapcsolódó CO<sub>2</sub>-kibocsátásokra vonatkozó alapvonalat. A CO<sub>2</sub>-mitigációs potenciált egyénileg becsljük meg a legígéretesebbnek tűnő kibocsátás-csökkentési technológiák esetében (például azoknál, melyek a CO<sub>2</sub>-kibocsátások jelentős részét adják, vagy melyek a nagymértékű CO<sub>2</sub>-megtakarításokat ígérik), amelyek a megalkotott technológiai adatbázisból lettek kiválasztva. Utolsó lépésként ezeket a kiválasztott kibocsátás-csökkentési lehetőségeket közgazdasági szempontból kiértékeljük, és a megtakarított CO<sub>2</sub> kínálati görbéjéhez illesztjük.

Úgy tűnik, hogy néhány meglévő modell segítségével megvalósulhatnak a kutatási feladatok. A választás korlátozott volt, nagyon drága szoftverrel párosulva. Figyelembe véve, hogy a már létező szoftver alkalmazása szintén korlátozott, számos inputparaméter hiányának köszönhetően a választás az MS Excel alapú táblázatkezelő elemzésére esett, mely lehetővé teszi a modellezési módszerek variációját a rendelkezésre álló adatoktól függően.



5. ábra: A CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál becslésére irányuló bottom-up modell a magyarországi lakossági szektorban

### 3.3 Épülettípusok

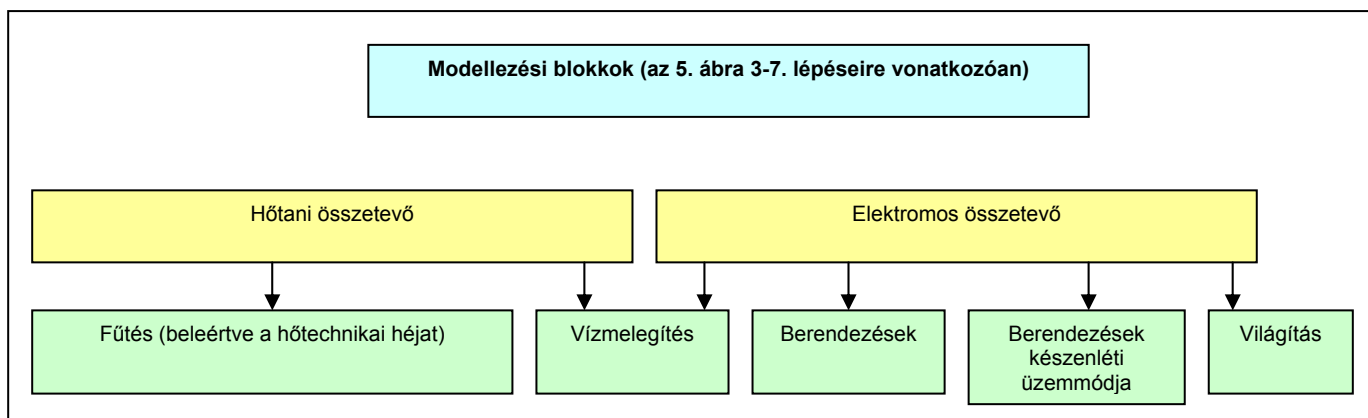
A modellezéshez a magyarországi épületállományt 5 fő épülettípusba soroltuk építészeti és hőtani jellemzők szerint. Az épülettípusokat a 4.2 részben mutatjuk be részletesen. Itt csak felsorolásszerűen szerepelnek, a modellezési módszertan jobb megértése érdekében. Ezek az épülettípusok a következők:

- (i) hagyományos soklakásos házak, melyek jórészt a 19. század végén és a két világháború között épültek;
- (ii) ipari technológiával 1992-ig épült soklakásos házak;

- (iii) 1992 előtt épült önálló családi házak külvárosi és városiasodott környezetben;
- (iv) 1993–2007 között épült önálló és soklakásos családi házak;
- (v) 2008 után épülő önálló és soklakásos családi házak.

### 3.4 A tanulmány témaköre

A tanulmány csak azokra az energia-végfelhasználásokra terjed ki, ahol magas a penetrációs ráta, és amelyek a lakossági szektor által felhasznált végső energia nagy részét fogyasztják el. Az energia-végfelhasználás modellezési struktúráját a 6. ábra mutatja be.



**6. ábra:** Az energia-végfelhasználás modellezési struktúrája

A modell hőtani komponense magában foglalja a következő lehetőségeket a fűtési energiaigény csökkentésére, az épületek hőtechnikai héjának<sup>3</sup> javítására, a fűtési hatékonyság javítására és az alacsony CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezővel rendelkező fűtési anyagokra való áttérésre:

- a falak, tetők és pincék szigetelésének javítása (beleértve a hőhidakat is);
- az ablakok és az ajtók hőtani tulajdonságainak javítása;
- a passzív energetikai tervezés alkalmazása az újonnan felépülő házak esetén;
- a gáz- és szénfűtéses rendszerek cseréje egy nagy hatékonyságú (kondenzációs) gázfűtéses (és egyes esetekben a vízmelegítési) rendszerre vagy fűtési és vízmelegítési szivattyúkra, vagy biomassza-tüzelésű (pellet) fűtési és vízmelegítési rendszerekre vagy biomasszával (pellet) megtámogatott napenergián alapuló fűtési és vízmelegítési rendszerekre;
- házközponti gáztüzelésű hagyományos rendszerek cseréje nagy hatékonyságú (kondenzációs) házközponti gáztüzelésű fűtési rendszerekre;
- fűtésszabályozó rendszerek felszerelése a fűtési rendszer típusától függően, mint például a termosztátos radiátorszelepek (TRSZ-ek) és a programozható termosztátok;
- egyedi hőmennyiségmérők felszerelése a táv- és a házközponti fűtéses háztartások esetében.

A modell a következő lehetőségekre terjed ki a vízmelegítéssel kapcsolatos CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésére:

- a fűtési rendszerekkel kombinált vízmelegítés hatékonyságának javítása (a fűtési alternatívák esetében felvázolt lehetőségek szerint);

<sup>3</sup> Az épület hőtechnikai héja alatt az épület külső határolása értendő, amely fékezi a nem kívánt hő- és anyagáramokat a belső és a külső tér között.

- a vízmelegítő rendszerek (tárolós villanybojlerek, gázüzemű tárolós és átfolyós rendszerű vízmelegítők) korszerűsítése;
- vízmegtakarítást szolgáló szerelvények (zuhanyzófejek és csaptelepek).

Az energiahatékonyságot javító lehetőségek listája magában foglalja az alábbiakat:

- hatékonyabb hűtőberendezések<sup>4</sup> (hűtőszekrények és fagyasztószekrények);
- hatékonyabb mosógépek;
- az áramfogyasztás csökkentése a televízióhoz és a számítógéphez kapcsolódó eszközök készenléti üzemmódjánál;
- a hagyományos izzók hatékonyabb világítástechnológiával történő felváltása.

A modell nem veszi figyelembe:

- az épület hőtechnikai héjának fejlesztését az 1993 és 2008 között épített házak esetében és az 1993 után épült házak fűtési technológiáinak cseréjét (annak magyarázatát, hogy ezek a lehetőségek miért lettek kizárva, lásd a 4.2.4 és a 4.2.5 részekben);
- az ablakok és az ajtók csökkentett légszivárgását és hőmegtakarítását;
- a jelenleg már beüzemelt biomassza-tüzelésű fűtési rendszerek hatékonyságjavítását a családi házak esetében;
- a táv- és központi rendszerek hő- és melegvíz-szállításra használt csöveinek jobb szigetelését az épületeken belül;
- a fenti listában felsoroltaktól eltérő elektromos eszközök és készülékek hatékonyságjavítását;
- a főzést;
- a légkondicionálást;
- a (lift)motorokat;
- a nagyon szokatlan (de néha nagyon jelentős potenciállal bíró) lehetőségeket: például a hagyományos soklakásos (Budapest-típusú) családi házak belső udvarai alatt lévő tetők építését. Ez lehetővé tenné az udvar hőmérsékletének pár fokkal történő emelkedését, így csökkenne a családi házak felületi hűtésének hővesztesége, és azoknak a háztartásoknak, melyeknek udvarra néző közös falai vannak, csökkenne a fűtési energiaigénye.

---

<sup>4</sup> Nem légkondicionálás.

### 3.5 Az alapvonal kialakítása

A CO<sub>2</sub>-kibocsátás mitigációjának megfelelő potenciálbecslés akkor a leghasznosabb, ha azt összehasonlíttjuk az alapforgatókönyvvel, azaz azzal az információval, hogy mi történne speciális energiahatékonysági és éghajlat-védelmi szakmapolitikai beavatkozások nélkül. Az analitikus szakirodalom három alapvonalatípust különböztet meg. Ezek főként a változatlan hatékonyságú, a hatékonyabb/alacsony széntartalmú és a szokásos üzletmeneti (BAU) forgatókönyvek. A változatlan hatékonyságú forgatókönyv arra utal, hogy sem az energiahatékonyság javulása, sem pedig a fajlagos energiafogyasztás csökkenése nem mutatkozik. Az alacsony hatékonyságú/alacsony széntartalmú forgatókönyv jellemzően az energiahatékony/alacsony széntartalmú technológiák (alacsony) elterjedési szintjét feltételezi. A BAU forgatókönyv azt fogadja el alapfeltételként, hogy sem új energiahatékonysági, sem pedig alacsony széntartalmú szakmapolitikák nincsenek megvalósítva az eddig végrehajtottakon kívül, és az energia- és a szénintenzitás a piaci erők miatt változik.

A kutatás során a BAU forgatókönyvet vesszük figyelembe. A BAU forgatókönyv csak azokra az épülettípusokra és energia-végfelhasználásokra terjed ki, melyeket az előző részben (iv) bemutatunk. A hőenergia végfelhasználására vonatkozó BAU forgatókönyv modellezése azt feltételezi, hogy a hővel kapcsolatos referenciatechnológiák fejlődési folyamata igen lassú, és a jövőben nagyjából ugyanazok a tulajdonságok jellemzik majd őket, mint manapság. Míg az elektromos technológiákra (kivéve a vízmelegítést) vonatkozó BAU forgatókönyv modellezése azt feltételezi, hogy ezek jellemzői gyorsabb ütemben fognak változni, mint a hógazdálkodási lehetőségek esetében a kitekintési időszakban. Az energiafogyasztással és az energia-végfelhasználással kapcsolatos BAU-feltevésekről (mint az elterjedtség, a hatékonysági szintek és költségeik) részletesen az erre vonatkozó fejezetekben esik szó.

A továbbiakban arra a forgatókönyvre, mely az összes, a jelen tanulmány által bemutatott kibocsátás-csökkentési lehetőség megvalósítását foglalja magában (azaz a potenciál teljes mennyiségét, a tanulmány által realizált költségektől függetlenül), csökkentési forgatókönyvként hivatkozunk. A legfőbb feltételezés a BAU és a csökkentési forgatókönyv esetében is az, hogy az energia-végfelhasználási szolgáltatások felfogása nem fog változni a tervezési időszak végéig. Például az emberek továbbra is mosógéppel tisztítják majd ruháikat, hűtőben tárolják ételeiket stb. (a ruháikat nem baktériumok segítségével tisztítják, nem szoknak le az evésről, és nem vesznek igénybe más, olyan szolgáltatásokat, melyeket nehéz elképzelni, de bekövetkezhetnek a jövőben).

### 3.6 Adatforrások

A jelenlegi energiamérleg újbóli összerakásához használt adatok különböző forrásokból vannak összegyűjtve:

- Ami az elektromos energia végfelhasználását illeti, az adatok a Közép-európai Egyetem által levezényelt áramfogyasztást mérő kampányokból (REMODECE, 2007) származnak, valamint olyan forrásokból, mint a Bertoldi és Atanasiu által összeállított áramfogyasztási és hatékonysági trendekről szóló beszámoló jelentés (2007), az Ecostandby projekt feladatteljesítési jelentései (Fraunhofer IZM, 2007), és más referenciák.
- A hőenergia végfelhasználását tekintve az adatokat a magyar KSH kiadványaiból, az Ökomelegvív projekt feladatteljesítési jelentéseiből (Kemma et al., 2007), az EURIMA/ECOFYS jelentéséből (Petersdorff et al., 2005), a szakemberekkel folytatott interjúkból (Kovacsics, 2007; Csoknyai, 2007; és Sigmond, 2007) és más referenciákból gyűjtöttük össze.

A hatékony és az alacsony széntartalmú energiamegtakarítási felújítási lehetőségek adatbázisának alapjául szolgált:

- az olyan átfogó kiadványok mint Levine at al., (2007), Harvey (2006), IEA (2006);
- címkézési és szabványosítási programok jelentései (ADEME, 2000; CECED, 2001; SAVE, 2001a, 2001b, 2002);
- berendezéskatalógusok és árlisták (Danfoss, 2007; Duplo-duplex, 2007; Gavron, 2007; GIL-TRADE, 2007; Mega-öko Kazánfejlesztő-gyártó Kft, 2007; Megatherm, 2007; Novoferm, 2007; ORIS Consulting; Saunier Duval, 2007; Szalontai és Sonnenkraft, 2007);
- a termelő társaságok és tanácsadó cégek jelentései, piaci elemzései és prezentációi (Adam, 2007; Trnka, 2004; DBO, 2007; EHPA, 2007; Weiss at al., 2007);
- szakemberekkel folytatott interjúk és levélváltások (Kovacsics, 2007; Csoknyai, 2007; Sigmond, 2007; Hermelink, 2005; Kocsis és Béleczi, 2007) szolgálnak.

### 3.7 Modellezési egyenletek

Ez a fejezet rész a modellben alkalmazott főbb lépéseket és számítási eljárásokat tekinti át. Hogy egyszerűbb legyen a dolog, először a háztartások szintjén mutatjuk be az energiamegtakarítások és a kibocsátásmitigáció elemzését. Később megmagyarázzuk, hogyan vetítettük ki a háztartások szintjén végzett elemzést országos szintre. A számítások forrásául a következők szolgáltak: Vorsatz (1996), Harvey (2006), Petersdorff et al., (2005), ADEME (2000), Fraunhofer IZM (2007), Kemna et al., (2007), SAVE (2001a, 2001b, 2002).

**1. lépés:** *A végső energiamegtakarítás és a CO<sub>2</sub>-mitigáció kiszámítása a háztartásra alkalmazott egyedi intézkedésekből*

- Szigetelési lehetőségek, épületelemek cseréje:

$$\Delta FE_{i,m,j} = \frac{HDH_i \times \Delta U_m \times IA_m}{\eta_{i,j}},$$

$$\Delta CO_{2i,m,j} = \Delta FE_{i,m,j} \times EF_{i,j}$$

ahol:

$\Delta FE_{i,m,j}$  [kWh/hh-yr. – kilowattóra/háztartás/év] – a megtakarított végső energia az i évben megtett intézkedésnek köszönhetően egy olyan háztartásban, ami egy m típusú épületben van, és j típusú fűtési módja van;

$\Delta CO_{2i,m,j}$  [gCO<sub>2</sub>/hh-yr. – gramm CO<sub>2</sub>/háztartás/év] – az elkerült CO<sub>2</sub> az i évben tett intézkedésnek köszönhetően egy olyan háztartásban, ami egy m típusú épületben van, és j típusú fűtési módja van;

HDH<sub>i</sub> (hőfokórák) [Kh/év – Kelvin-órák/év] – egy összesített éves különbség a napi átlagos levegő-hőmérséklet és a 18°C-os referencia-hőmérséklet között az i évben;

$\Delta U_m$ , [W/Km<sup>2</sup> – Watt/Kelvin/m<sup>2</sup>] – az U-értékek közötti különbség (hőátviteli együtthatók) az épület külső rész komponensének szigetelése előtt és után egy m típusú épület esetében;

$\eta_{i,j}$  [%] – a j technológiájú hőtermelés és -elosztás hatékonysága az i évben;

IA<sub>m</sub>, [m<sup>2</sup>] – az m típusú házban lévő háztartás szigetelt területe a lehetőség szerint;

EF<sub>i,j</sub> [g/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – a j technológiájú fűtéshez felhasznált tüzelőanyag

CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezője egy i évben.

▪ A fűtési technológia felváltása

$$\Delta FE_{i,m} = FE_{i,m,j} - FE_{i,m,k} ,$$

$$\Delta CO_{2i,m} = FE_{i,m,j} \times EF_{i,j} - FE_{i,m,k} \times EF_{i,k}$$

$$FE_{i,m,j} = \frac{HA_j \times UE_m}{\eta_{i,j}} ,$$

ahol:

$\Delta FE_{i,m}$ , [kWh/háztartás/év – kilowattóra/háztartás/év] – megtakarított végső energia egy olyan háztartásban, ami egy m típusú épületben van, a fűtési mód váltása következtében az i évben;

$\Delta CO_{2i,m}$ , [g CO<sub>2</sub>/ háztartás/év – gramm CO<sub>2</sub>/háztartás/év] – elkerült CO<sub>2</sub> egy olyan háztartásban, ami egy m típusú épületben van, a fűtési mód váltása következtében az i évben;

$EF_{i,j}$  és  $EF_{i,k}$ , [g/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – a j és a k különböző fűtési technológiák CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezői az i évben

$FE_{i,m,j}$  és  $FE_{i,m,k}$ , [kWh/háztartás/év – kilowattóra/háztartás/év] – a j és a k fűtési technológiák végső energiafogyasztása az i év azonos fűtési energiaigényének kielégítéséhez egy m típusú épületben;

$UE_m$ , [kWh/m<sup>2</sup>/év – kilowattóra/m<sup>2</sup>/év] – fűtési energiaigény (hasznos energiaigény) egy m típusú épület esetében;

$\eta_i$ , [%] – a j technológia esetében a hőtermelés és -elosztás hatékonysága az i évben;

$HA_j$ , [m<sup>2</sup>] – a háztartás j fűtési technológiával fűtött területe (más abban az esetben, ha átállás van az egyedi fűtésről központi fűtésre).

▪ Fűtésszabályozó rendszerek felszerelése

$$\Delta FE_{i,m,j} = \frac{HA_j \times HDH_i \times \Delta\%UE_m}{\eta_{i,j}}$$

$$\Delta CO_{2i,m,j} = \Delta FE_{i,m,j} \times EF_{i,j}$$

ahol:

$\Delta FE_{i,m,j}$ ,  $\Delta CO_{2i,m,j}$ ,  $HDH_i$ ,  $\eta_{i,j}$ , és  $EF_{i,j}$  – ugyanaz, mint a szigetelési lehetőségeket leíró részeknél;

$\Delta\%UE_m$ , [%] – a fűtésszabályozás beszerelése miatt létrejövő hasznos energiamegtakarítások a fűtési energiaigény arányában.



- Vízmegtakarítást szolgáló szerelvények felszerelése

$$\Delta FE_{i,j} = \frac{V_i \times \Delta\%V \times UE}{\eta_{i,j}},$$

$$\Delta CO_{2i,j} = \Delta FE_{i,j} \times EF_i$$

ahol:

$\Delta FE_{i,j}$ , [kWh/háztartás/év-kilowattóra/háztartás/év] – egy intézkedés révén megtakarított végső energia egy j típusú vízmelegítési technológiájú háztartásban, az i évben;

$\Delta CO_{2i,j}$ , [g CO<sub>2</sub>/ háztartás/év – gramm CO<sub>2</sub>/háztartás/év] – egy intézkedés révén elkerült CO<sub>2</sub> egy j típusú vízmelegítési technológiájú háztartásban, az i évben;

UE, [kWh/liter – kilowattóra/liter] – 1 liter víz melegítéséhez szükséges fűtési energiaigény;

$V_i$ , [l – liter] – az i év esetében a háztartás egy évre eső melegvíz-fogyasztása (időről időre változik, mert a háztartásméret csökken);

$\Delta\%V$ , [%] – a víztakarékos szerelvények felszerelése miatti vízfogyasztás-csökkenés mértéke;

$\eta_{i,j}$ , [%] – a j vízmelegítési technológia vagy szerelvény hatékonysága egy i évben;

$EF_{i,j}$ , [g/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – a j típusú vízmelegítési technológiához felhasznált tüzelőanyag CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezője egy i évben.

- A vízmelegítési technológia felváltása

$$\Delta FE_i = FE_{i,j} - FE_{i,k},$$

$$\Delta CO_{2i} = FE_j \times EF_{i,j} - FE_k \times EF_{i,k}$$

$$FE_{i,j} = \frac{V_i \times UE}{\eta_{i,j}},$$

ahol:

$V_i$  és UE - ugyanaz, mint a víztakarékossági lehetőségek becslését leíró részeknél;

$FE_{i,j}$  és  $FE_{i,k}$ , [kWh/háztartás/év – kilowattóra/háztartás/év] – a j és a k vízmelegítési technológiák végső energiafogyasztása az i év azonos vízmelegítési energiaigényének kielégítéséhez;

$\Delta FE_i$ , [kWh/háztartás/év – kilowattóra/háztartás/év] – a vízmelegítési technológia megváltozása miatt megtakarított végső energies az I évben;

$\Delta CO_{2i}$ , [g CO<sub>2</sub>/ háztartás/év – gramm CO<sub>2</sub>/háztartás/év] – a vízmelegítési technológia megváltozása miatt elkerült CO<sub>2</sub> az i évben;

$EF_{i,j}$  és  $EF_{i,k}$ , [g/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – a különböző j és k vízmelegítési technológiák CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezői az i évben;

$\eta_{i,j}$  [%] – a j vízmelegítési technológia esetében a melegvíz-termelés és -elosztás hatékonysága az i évben.

▪ Az elektromos berendezések és világítótestek cseréje:

$$\Delta CO_{2i} = \Delta FE_i \times EF_i$$

ahol:

$\Delta FE_i$  [kWh/év – kilowattóra/év] – eltérés az i évben az energiafogyasztásban annak köszönhetően, hogy egy készülék kevesebbet fogyaszt, egy készülék kevesebbet fogyaszt készenléti üzemmódban<sup>5</sup> (LOPOMO), vagy hogy váltás történik a világítástechnikában; a  $\Delta FE_i$  egyedileg van meghatározva a különféle típusú elektromos intézkedéseknél;

$\Delta CO_{2i}$ , [g CO<sub>2</sub>/ háztartás/év – gramm CO<sub>2</sub>/háztartás/év] – egy készülék kisebb fogyasztása, egy készülék készenléti üzemmódban történő kisebb fogyasztása vagy a világítástechnikában történt váltás miatt elkerült CO<sub>2</sub> az i évben;

$EF_i$  [g CO<sub>2</sub>/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – áramkibocsátási tényező az i évben.

*hűtőberendezések:*

$$\Delta FE_i = \Delta EEI_i \times UEC_{ref}$$

ahol:

$\Delta EEI_i$  – a hűtőberendezések energiahatékonysági indexei<sup>6</sup> (EEI) közötti különbség a BAU forgatókönyv és a csökkentési forgatókönyv esetén az i évben;

$UEC_{ref}$ , [kWh/év – kilowattóra/év] – az EU 15 tagállamában 1990 és 1992 között eladott hűtőberendezések súlyozott átlagos fajlagos energiafogyasztása, amit a készülékek EEI-jének referenciaértékeként vettünk.

*mosógépek:*

$$\Delta FE_i = \Delta UEC_i \times L \times T,$$

ahol:

$\Delta UEC_i$ , [kWh/kg – kilowattóra/1 kilogramm ruha] – a mosógépek 1 kg mosandó ruhára vetített fajlagos energiafogyasztása közötti különbség a BAU alap- és a csökkentési forgatókönyv esetében az i évben;

L, [kg – kilogramm] – ruhamennyiség;

T – a mosások száma/év;

*LOPOMO:*

---

<sup>5</sup> Lásd a 6.6. részben lévő definíciót!

<sup>6</sup> Az EEI egy készülék energiafogyasztását mutatja egy referenciamodelhez képest. A hazai hűtőberendezéseknél az energiahatékonysági index (EEI) 102 a referenciamodellnél, ami 1992. átlagos piaci modelljének adata.

$$\Delta FE_i = \Delta W_i \times \text{idő},$$

ahol:

$\Delta W_i$ , [W – watt] – a referencia- és a korszerű berendezések LOPOMO üzemmódban mért, wattban kifejezett áramfogyasztása közötti különbség az i évben;

idő, [óra/év – óra/év] – a LOPOMO üzemmódban történő működés időtartama;

*világítás:*

$$\Delta FE_i = \Delta W_i \times \text{idő},$$

ahol:

$\Delta W_i$ , [W – watt] – a referencia- és a korszerű berendezések wattban kifejezett áramfogyasztása közötti különbség az i évben;

idő, [óra/év – óra/év] – az időtartam speciális világítástechnológia használata esetén.

### **2. lépés:** A beruházási költségek kiszámítása az egyes intézkedésekre

$$IC = CC + IC,$$

ahol:

IC [euró] – az intézkedés technológiájának teljes beruházási költsége;

CC [euró] – az intézkedés tőkeköltsége;

IC [euró] – az intézkedés felszerelési és fenntartási költsége (a szerzők legjobb tudása szerint ahol lehetett, ott beleértették a fenntartási költségeket is).

*Megjegyzés:* a beruházási költségek csak a fejlett lehetőségekhez kapcsolódó pótlólagos költségeket veszik figyelembe, például a BAU esethez kapcsolódó költségeket kizárják.

### **3. lépés:** Az évesített beruházási költségek kiszámítása

$$\Delta ICA_i = ICA_{i,j} - ICA_{i,k}$$

$$ICA_{i,i} = IC_{i,i} \times a_j,$$

$$a_j = \frac{(1 + DR)^n \times DR}{(1 + DR)^n - 1},$$

ahol:

$\Delta ICA_i$ , [EUR/év – euró/év] – eltérés a j referencia- és a k korszerű technológia évesített beruházási költségei között az i évben;

$ICA_{i,j}$  and  $ICA_{i,k}$ , [EUR/év – euró/év] – a j referencia- és a k korszerű technológia évesített beruházási költségei az i évben;

$a_j$  – annuitási tényező;

DR – leszámítolási kamatláb;

$n_j$  – a technológia végfelhasználási élettartama.

*Megjegyzés:* a termékek jelenlegi műszaki élettartama túllépheti a becsült élettartamot, növelve a gazdasági és a környezeti hasznokat (Petersdorff et al., 2005).

#### **4. lépés: A megtakarított energiaköltségek becslése**

$$\Delta C_{i,j} = \Delta FE_{i,j} \times P_i,$$

ahol:

$\Delta C_{i,j}$ , [EUR/év – euró/év] – a korszerű technológia alkalmazása következtében megtakarított működési költségek az  $i$  évben (a fenntartási költségek benne vannak a teljes beruházási költségben); a megtakarított működési költségek a modellben csak a megtakarított energiaköltségeket tartalmazzák;

$\Delta FE_{i,j}$ , [kWh/év – kilowattóra/év] – a  $j$  korszerű technológia alkalmazása következtében megtakarított végső energiafogyasztás az  $i$  évben;

$P_i$ , [EUR/kWh – euró/kilowattóra] – a fűtőanyag ára az  $i$  évben a lakossági végfelhasználóknál (beleértve az áfát és az energiaadót); a 3.8.3 részben további feltételezések találhatóak a fűtőanyagárakra vonatkozóan, így a szóban forgó időszakra becsült alakulásukat illetően is.

#### **5. lépés: A megtakarított CO<sub>2</sub> és a megtakarított energia költsége**

$$CC_{i,j} = \frac{\Delta ICA_{i,j} - \Delta C_{i,j}}{\Delta CO_{2i,j}},$$

ahol:

$CC_{i,j}$  [EUR/g CO<sub>2</sub> – euró/gramm CO<sub>2</sub>] – az elkerült CO<sub>2</sub> költsége egy intézkedésnél az  $i$  évben;

A megtakarított CO<sub>2</sub> költségén felül a megtakarított energia költségét is kiszámítottuk, hogy ezzel segítsük az egységnyi energiamegtakarításhoz szükséges beruházások mennyiségének megértését. Ezt a mutatót a következőképpen becsültük meg:

$$CCE_{i,j} = \frac{\Delta ICA_{i,j}}{\Delta FE_{i,j}},$$

ahol:

$CCE_{i,j}$  [EUR/kWh – euró/megtakarított kilowattóra] – a megtakarított energia költsége az i évben egy j intézkedésnél.

### **6. lépés:** Az országos mutatók kiszámítása

Ahhoz, hogy kivetítsük az elemzést a háztartások szintjéről országos szintre, a következő eljárásokat alkalmazzuk:

- a) A fenti képletekben behelyettesítjük a háztartások hatékonyságát, a háztartások kibocsátási tényezőit és az energiaárakat azzal az országos átlagos teljesítménnyel, kibocsátási tényezővel, valamint energiaárral (a végső energiafogyasztás szerint súlyozott értékek), melyeket a vizsgált épülettípusoknál alkalmaztunk a helyigény becslésére (beleértve a szigetelési lehetőségeket és a szabályozást).

Az országos átlagos hatékonyságot az épülettípusokra a következőképpen számoljuk:

$$\eta_{i,m} = \frac{\sum \eta_{i,j} \times FE_{i,m,j} \times Stock_{i,m,j}}{\sum FE_{i,m,j} \times Stock_{i,m,j}},$$

Az országos átlagos kibocsátási tényezőket a következőképpen számoljuk:

$$EF_{i,m} = \frac{\sum EF_{i,j} \times FE_{i,m,j} \times Stock_{i,m,j}}{\sum FE_{i,m,j} \times Stock_{i,m,j}},$$

Az országos átlagos energiaárakat a következőképpen számoljuk:

$$P_{i,m} = \frac{\sum P_{i,j} \times FE_{i,m,j} \times Stock_{i,m,j}}{\sum FE_{i,m,j} \times Stock_{i,m,j}},$$

ahol:

$\eta_{i,m}$ , [%] – a fűtési megoldások átlagos hatékonysága (a végső energiafogyasztás szerint súlyozva) az i évben az m típusú épületben lévő magyarországi háztartásokban;

$EF_{i,m}$  [g/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – a fűtésre használt tüzelőanyag átlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátási faktora (a végső energiafogyasztás szerint súlyozva) az i évben az m típusú épületben lévő magyarországi háztartásokban;

$P_{i,m}$ , [EUR/kWh – euró/kilowattóra] – a lakossági végfelhasználók átlagos fűtőanyagára (a végső energiafogyasztás szerint súlyozva) az i évben az m típusú épületekben;

$\eta_{i,j}$ , [%] – a hőtermelés és -elosztás hatékonysága a j fűtési technológiánál az i évben;

$FE_{i,m,j}$ , [kWh/háztartás/év – kilowattóra/háztartás/év] – az m típusú épületben alkalmazott j fűtési technológia végső energiafogyasztása az i évben;

$Stock_{i,m,j}$ , [abszolút érték] – a felszerelt j referencia-/kibocsátás-csökkentési technológia állománya az i évben az m típusú épületekben;

$EF_{i,j}$ , [g g/kWh – gramm CO<sub>2</sub>/kilowattóra] – a j fűtési technológiánál használt tüzelőanyag CO<sub>2</sub>-kibocsátási faktora az i évben;

$P_{i,j}$ , [EUR/kWh – euró/kilowattóra] – a j technológiát alkalmazó lakossági végfelhasználók fűtőanyagára az i évben.

- b) A fenti képletekben a fűtési energiaigény behelyettesítése az átlagos fűtési energiaigénnyel a modellezett épülettípusoknál a háztartások száma szerint súlyozva a következőképpen történik (az országos átlagos fűtési előírások időről időre változnak, mivel az idő előrehaladtával az épületek szigetelése miatt kisebb lesz a fűtési igény):

$$UE_{i,m} = \frac{UE_{i,r,m} \times S_{i,r,m} + UE_{i,nr,m} \times S_{i,nr,m}}{S_{i,r,m} + S_{i,nr,m}},$$

ahol:

$UE_{i,m}$ , [kWh/év – kilowattóra/év] – az átlagos háztartási fűtési energiaigény (súlyozott átlag a háztartásállomány szerint) az m épülettípus esetén az i évben;

$UE_{i,r,m}$  [kWh/év – kilowattóra/év] – a háztartás fűtési energiaigénye az energiamegtakarítási felújításon átesett m épület esetén az i évben;

$UE_{i,nr,m}$  [kWh/év – kilowattóra/év] – a háztartás fűtési energiaigénye az energiamegtakarítási felújításon nem átesett m épület esetén az i évben;

$S_{i,r,m}$  – az energiamegtakarítási felújításon átesett háztartásállomány m épülettípus esetén az i évben;

$S_{i,nr,m}$  – az energiamegtakarítási felújításon nem átesett háztartásállomány m épülettípus esetén az i évben.

Hasonló képletet alkalmazunk a háztartások országos átlagos fűtési foknapjainak<sup>7</sup> kiszámításánál (a modellezett épülettípusoknál a háztartások száma szerint súlyozva).

- c) Az országos energiamegtakarítási potenciál, a CO<sub>2</sub>-kibocsátás kibocsátás-csökkentési potenciál és a beruházási költségek mind annak az energiamegtakarítási potenciálnak, CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciálnak és beruházási költségeknek a szorzatai, melyeket egy átlagos háztartásra vetítve számolunk ki, figyelembe véve a módosított fenti képleteket és a háztartásállományt:

$$\Delta NFE_{i,m} = \sum S_{i,m} \times \Delta FE_{i,m}, \Delta NFE_i = \sum S_i \times \Delta FE_i$$

$$\Delta NCO_{2,i,m} = \sum S_{i,m} \times \Delta CO_{2i,m}, \Delta CO_{2i} = \sum S_i \times \Delta CO_{2i}$$

$$\Delta NIC_{i,m} = \sum S_{i,m} \times \Delta IC_{i,m}, \Delta NIC_i = \sum S_i \times \Delta IC_i$$

ahol:

$\Delta NFE_{i,m}$ ,  $\Delta NCO_{2i,m}$ ,  $\Delta NIC_{i,m}$  – az energiamegtakarítás és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás mitigációjának nemzeti potenciálja, valamint a nemzeti beruházási költségek az i évben egy m típusú épületben fogatosított intézkedésnek köszönhetően (szigetelésre és fűtésre);

<sup>7</sup> Kisebb fűtési hőmérsékletre és rövidebb fűtési időre lesz szükség egy jobban szigetelt háztartásállomány esetében.

$\Delta NFE_i$ ,  $\Delta NCO_{2i}$ ,  $\Delta NIC_i$  – az energiamegtakarítás és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás mitigációjának nemzeti potenciálja, valamint a nemzeti beruházási költségek az i évben korszerű elektromos lehetőségek és vízmelegítési megoldások megvalósítása esetén;

$S_{i,m}$  – az m típusú épületben lévő háztartásállomány az i évben;

$\Delta FE_{i,m}$ ,  $\Delta CO_{2i,m}$ ,  $\Delta IC_{i,m}$  – egy háztartás energiamegtakarítási és CO<sub>2</sub>-kibocsátás mitigációjának potenciálja, valamint beruházási költségei az i évben egy m típusú épületben fogatosított intézkedésnek köszönhetően (szigetelésre és fűtésre);

$\Delta FE_i$ ,  $\Delta CO_{2i}$ ,  $\Delta IC_i$  – gy háztartás energiamegtakarítási és CO<sub>2</sub>-kibocsátás mitigációjának potenciálja, valamint beruházási költségei az i évben korszerű elektromos lehetőségek és vízmelegítési megoldások megvalósítása esetén;

$S_i$  – az elektromos készülékek állománya és vízmelegítő megoldások az i évben.

- d) Az évesített beruházási költségek országos szinten történő kiszámításához a háztartásra kivetített beruházási költségeket megszorozzuk az energiamegtakarítási felújításon átesett háztartásállomány teljes számával. Az alábbiakban a szigetelési lehetőségekre mutatunk be egy példát:

$$NICA_{i,m} = ICA_{i,m} \times S_{i,m},$$

ahol:

$S_{i,m}$  – az energiamegtakarítási felújításon átesett háztartásállomány m épülettípus esetén az i évben;

$NICA_{i,m}$  [EUR/év – euró/év] – országos évesített beruházási költség az i évben egy m típusú épületben megvalósított szigetelési lehetőség következtében;

$ICA_{i,m}$  [EUR/év – euró/év] – egy háztartás évesített beruházási költségei az i évben egy m típusú épületben megvalósított szigetelési lehetőség következtében.

A többi mutatót, mint például az országos vagy háztartási szintű végső energiafogyasztást és CO<sub>2</sub>-kibocsátásokat és másokat a fenti képletek alapján számoljuk ki, vagy a háztartások mutatóinak országos szintre történő egyszerű kivetítésével.

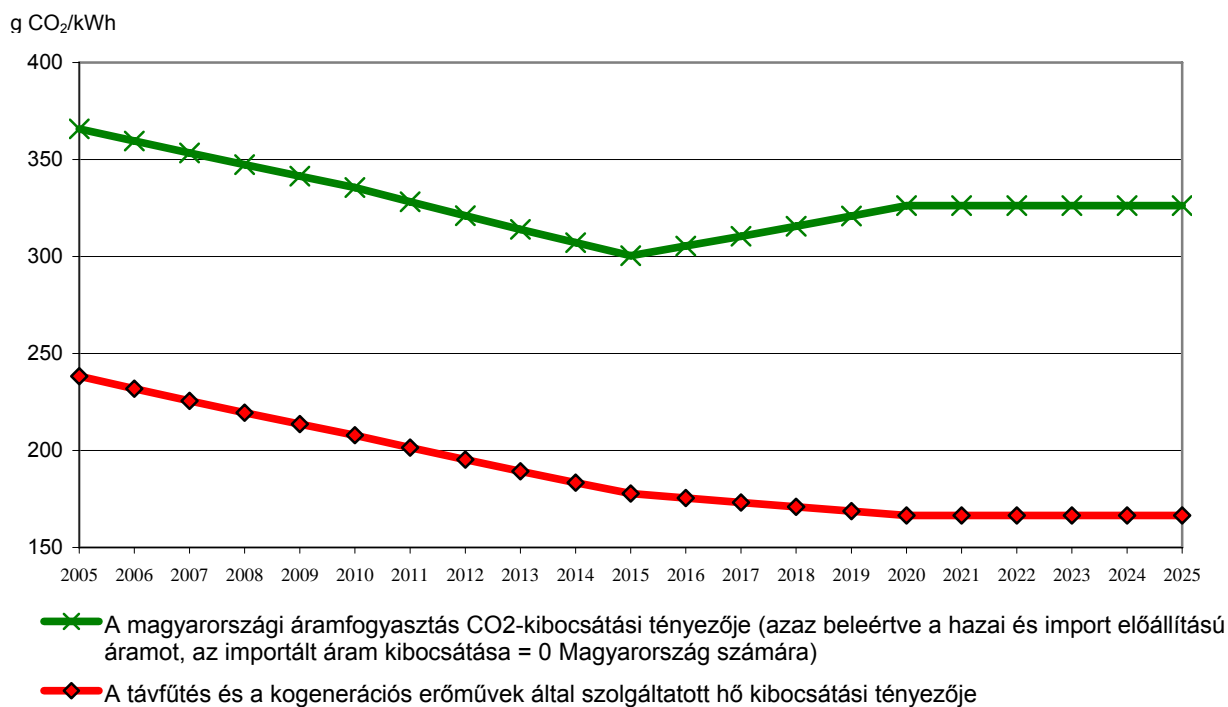
### 3.8 Főbb feltételezések

#### 3.8.1 CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezők

A CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezőket a végső energiafogyasztásnak a kibocsátás tényezőivel vett szorzataként becsüljük meg. Az elsődleges fűtőanyagok (mint például földgáz, fűtőolaj, lignit vagy feketeszén) kibocsátási tényezői a magyar Nemzeti Leltárból (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2007) származnak. Ugyanezen forrás szerint a fűtőanyagként használt biomassza mennyiségét figyelembe kell venni a nemzeti energiafogyasztásnál, de az ennek megfelelő CO<sub>2</sub>-kibocsátásokat (noha azok jelentősek) nem foglalja magában a nemzeti összesítés, mivel az a feltételezés, hogy a biomassza fenntartható módon termelődik. Az elsődleges fűtőanyagok kibocsátási tényezői nem változnak jelentősen az idők folyamán (lásd az 1987 és 2005 között elkészített magyar Nemzeti Leltárakat!), ezért ezeket állandónak tekintjük a becslési időszakra vonatkozóan.

Bizonytalanság van az elektromos áram és a távfűtés előállításának és elosztásának jövőbeni kibocsátási tényezőit illetően. Az ezekre vonatkozó becsléseket két tanulmány elemzése alapján vezettük le. Az egyik Magyarország Nemzeti Kiosztási Terve (NAP I, 2007), mely bemutatja a távfűtési berendezések várható kapacitását, hatékonyságát és CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezőit 2012-ig. A másik dokumentum a MAVIR kapacitásterve a 2005 és 2020 közötti időszakra vonatkozóan (MAVIR,

2007), mely tartalmazza az energia- és hőtermelésre vonatkozó jövőbeni fűtőanyagmix becslését, a energia- és hőtermelés együttes termelésének várható megoszlására vonatkozó becslést és a jövőbeni energia- és hőtermelési technológiák hatékonyságának becslését a 2005., 2010., 2015. és 2020. éveket illetően. Ezt a két anyagot és a magyar Nemzeti Leltár által szolgáltatott elsődleges fűtőanyagok kibocsátási tényezőit alapul véve becsültük meg az energia és a hő kibocsátási tényezőit a 2005., 2010., 2015. és 2020. évekre, és átültettük a köztes évekre. Feltételeztük, hogy a 2021 és 2025 közötti időszakban a kibocsátási tényezők azonosak lesznek a 2020-ra becsülttel, magas bizonytalanságot feltételezve az energia- és hőtermelésre használt fűtőanyagmixet illetően a 20 év során. Az energia- és hőtermelésre vonatkozó kibocsátási tényezők modellezésének eredményeit a 7. ábra mutatja be.



**7. ábra:** A magyarországi energia és hő kibocsátási tényezőinek becslései a 2005 és 2025 közötti időszakra



### 3.8.2 Leszámítolási kamatláb

Az energiamegtakarítás költségeinek legnagyobb részét a háztartások fizetik meg. Ezeknek a költségeknek egy részét a kormány által meghirdetett programok támogatják (pl. az épületfelújítást). Ezért nagyon fontos, hogy mind a lakossági szektor, mind a kormány értse meg a leszámítolási kamatlábat.

Ideális esetben az energiamegtakarítási költségek megtérülési kamatlábát a lakosság összehasonlíthatja a bankbetétek hosszú lejáratú kamatlábjával. 2007 augusztusában a Magyar Nemzeti Bank<sup>8</sup> által meghatározott kamatláb mértéke 3,09% volt. A hosszú lejáratú kamatlábnak ez a mértéke nagyon közel van az euróövezetben megállapított kamatlábhoz (lásd az Európai Központi Bank honlapját!). Ennek ellenére 2007 elején az MNB hosszú lejáratú kamatlába éppen csak 1% fölött volt, de feltételezhető, hogy ez ugyanolyan magas lesz, mint amilyen jelenleg is. Valójában a lakossági szektor leszámítolási kamatlába magasabb, mint a bankok által adott hosszú lejáratú kamatlábak, köszönhetően számos akadálnak, melyek a háztartások hatékonyságjavításával kapcsolatosak. A kutatás során azt alkalmazzuk, hogy a leszámítolási kamatláb körülbelül kétszer magasabb, mint az energiamegtakarítás kiadásainak belső megtérülési kamatlába, ami 6%-ot jelent.

Ha a kormányzati hivatalok támogatják a lakossági szektort, a leszámítolási kamatláb számukra ugyanolyan magas, mint a Nemzeti Bank alapkamata, amely 7,75% volt 2007 augusztusában. Várható, hogy középtávon a magyarországi pénzügyi mutatók javulni fognak (Magyar Köztársaság Kormánya, 2006), és az alapkamat valamelyest csökkenhet. Amíg azonban 2025-ig az alapkamat fluktuálását illetően bizonytalanság van, ésszerű azt feltételezni, hogy az a lakossági szektor esetében megbecsült leszámítolási kamatláb mértékéhez közeli értéket ér majd el.

A javasolt 6%-os diszkontráta összhangban van más, a közép- és kelet-európai régióban közzétett tanulmányok számaival. Az EURIMA jelentés (Petersdorff et al., 2005) elemezte az épületek energetikai teljesítményéről szóló EU-irányelv hatásait a fűtéshez kapcsolódó CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciálra és ennek költséghatékonyságára vonatkozóan az új EU-tagállamokban<sup>9</sup>, összehasonlítva a változatlan hatékonyságú forgatókönyv 2006–2015 közötti időszakokra érvényes 6%-os diszkontrátájával. Van még két, sokkal régebben elkészített tanulmány a közép- és kelet-európai régiókban. A magyar országtanulmány az „ÜHG-korlátozások gazdaságtana” címmel megjelent UNEP-sorozat keretében jelent meg (Szlávik et al., 1999) úgy vélte, a lakossági és az állami szektorban 2000 és 2030 között 3–5% között lesz. Az ugyanebben az UNEP-sorozatban elkészült észt országtanulmány (Kallaste et al., 1999) 2000 és 2025 között a lakossági és a kereskedelmi szektorban 6%-os diszkontrátával számolt.

### 3.8.3 Fűtőanyagárak

Amint az a 3.8.2 részben olvasható, az energiamegtakarítás költségeinek jelentős részét a háztartások állják, és így a szakmapolitikai döntések az ő döntéseiket támogatják, és a vizsgálat a lakossági végfelhasználókra érvényes fűtőanyagárak figyelembevételével készült (beleértve az áfát és az energiaadót, ahol ez értelmezhető volt).

Nagyfokú bizonytalanság van az energiaárak jövőbeni dinamikáját illetően, mivel a megtakarított energiaköltségek (a végső energiamegtakarítás szorozva a fűtőanyagárakkal) közvetlen hatással van az elkerült CO<sub>2</sub>-költségek szintjére. Egy sokkal részletesebb tanulmányra van szükség a fűtőanyagár-alakulás bizonytalanságának csökkentésére. Más, a közép-kelet-európai térségre összpontosító tanulmányokkal egyetértésben (Waide 2006, Petersdorff et al., 2005) az energiaárakról azt

<sup>8</sup> Az euró alapú bankbetétekre vonatkozóan ugyanis a tanulmány által figyelembe vett valuta az euró.

<sup>9</sup> Magyarország, Szlovákia, Szlovénia, Észtország, Lettország, Litvánia, Lengyelország és Csehország.

feltételeztük, hogy 1,5%-kal nőnek évente reálértékben. 2007-ben a fűtőanyagárak a magyar Nemzeti Kiosztási Tervből (NKT I, 2007.) származtak. Ezeket a 4. táblázat mutatja be.

**4. táblázat: A lakossági végfelhasználók energiaárai Magyarországon 2007-ben**

Fűtőanyagok	Energiaár, EUR/kWh	Referenciák
Földgáz	0,044	Magyar Energia Hivatal, 2007a
Agrárpellet	0,030	A DBO-n alapuló becslés, 2007
Barnaszén	0,024	Magyar Energia Hivatal adatain alapuló becslés, 2007b
Tűzifa	0,012	A DBO-n alapuló becslés, 2007
Távfűtés	0,041	A FŐTÁV call-centere, 2007
Elektromos energia	0,155	Magyar Energia Hivatal, 2007c

### 3.9 Egyéb feltételezések

#### 3.9.1 Induló év

Az adatok rendelkezésre állását alapul véve a 2004-es évet jelöljük meg a szektor energiamérlege kialakításának induló éveként. A 2007-es év az inputparaméterek modellezésének kezdete, míg a kibocsátás-csökkentési lehetőségek bevezetése a 2008-as évvel kezdődik meg. Egy 20-25 évnél hosszabb időtartam esetén a növekvő energia-végfelhasználási technológiáknál bizonytalanság áll fent, ennek köszönhető az, hogy a modell csak a 2025-ig terjedő időszakot fedi le.

#### 3.9.2 A háztartási készülékek és világítótestek által kibocsátott hő

A modell nem veszi figyelembe a háztartási eszközök és világítótestek által kibocsátott hőt. Ez a hő azonban jelentősen hozzájárul a fűtési szükségletek kielégítéséhez, de ennek pontos számszerűsítéséhez további kutatások szükségesek.

#### 3.9.3 Életciklus-kibocsátások

A kutatás csak az alkalmazott technológiák működési fázisából származó kibocsátásokat veszi figyelembe. Így a kutatás nem veszi figyelembe az életciklusköltségeket, melyek tartalmazzák a technológiai megoldások megvalósítása során, a gyártásuk és forgalmazásuk során felhasznált alapanyagok kitermelésekor, valamint a lehetséges újrahasználatuk, újrahasznosításuk és ártalmatlanításuk közben létrejövő kibocsátásokat.

#### 3.9.4 Hőfokórák

A hőfokórák csökkenése várható a globális felmelegedés hatásának köszönhetően. A fűtés összköltsége együtt fog csökkenni a fűtési szükséglettel. Ez a hőtechnológiákba történt befektetések lassúbb megtérülését fogja eredményezni, így az elkerült CO<sub>2</sub> magasabb költségét is. További kutatásokra van szükség ennek a jelenségnek a vizsgálatához Magyarországra vonatkoztatva. Az állandó hőfokórákat a modell alapján vesszük figyelembe mindaddig, amíg további adatok nem állnak rendelkezésünkre.

### 3.9.5 A berendezések és az épület komponenseinek élettartama

Az eszközök, világítótestek, fűtési és vízmelegítési rendszerek, valamint az épületkomponensek élettartamának becslését számos forrás alapján készítettük el; ezeket az 5. táblázat mutatja be.

**5. táblázat: Az épületkomponensek, háztartási berendezések és készülékek élettartama**

Berendezések és anyagok	Átlagos élettartam
Szigetelőanyagok	30 év
Ablakok és ajtók	30 év
Új építésű házak	100 év
Fűtési rendszerek, kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek, egyedi vízmelegítők	20 év
Fűtésszabályozók és vízmelegtakarítást szolgáló szerelvények	20 év
Hűtőkészülék	20 év
Fagyasztók	25 év
Mosógépek	25 év
Tévékészülékek, videokészülékek, antennák/műholdvevők	10 év
DVD-lejátszók	9 év
Asztali számítógép, monitor, router	6 év
Nyomtató	4 év
Hagyományos izzók	1000 óra
Kompakt fénycsövek (CFL-k)	6000 óra

*Források: Petersdorff et al. 2005; Invert 2005; Bertoldi 2005; Meli 2004; Fraunhofer IZM 2007; IEA, 2006.*

### 3.9.6 A távfűtés árának kialakítása

Azért, hogy következetesek legyünk a fűtési lehetőségek energiamegtakarítási költségei becslésének módszereit illetően, a távfűtés árát 100%-osan rugalmasnak tekintjük. A gyakorlatban a távfűtés árának csak a fele módosítható: függ az épület hőfogyasztásától, ami megosztandó a távfűtést fizetők között. Az ár másik fele nem módosítható (Sigmond, 2007).

### 3.9.7 Pénzügyi műveletek

A pénzügyi elemzés reálárak alapján készült, azaz nem vette figyelembe a várható infláció mértékét. Mivel az energiamegtakarítás költségeit jórészt a háztartások állják, a technológiai megoldások beruházási költségeit a végső áron becsültük, beleértve az áfát (és más adókat az árba).

### 3.9.8 Számításon kívül hagyott fűtési lehetőségek

A fűtési lehetőségek egy nem jelentős részét, mint például a nem gázzal fűtött soklakásos családi házakat (0,3% a teljes állománynak) és az elektromos árammal fűtött háztartásokat (kb. 2,5%-a a teljes háztartásállománynak) a modell nem vette számításba.

### **3.9.9 A visszapattanó (rebound) hatás<sup>10</sup>**

A jobb technológiára való áttérés gyakran azt jelenti, hogy egy háztartás lecseréli az egyedi fűtését központi fűtésre. Ebben az esetben a fűtött terület megnövekszik 2-3-szorosára (mivel a fő helyiségek fűtéséről átállnak az egész lakás fűtésére), és a fűtéshez elhasznált összes energia növekszik, még akkor is, ha ezt egy magasabb hatékonyságú technológiával biztosítjuk. Ezt a hatást a model figyelembe veszi. Más visszapattanó hatásokat nem vesz figyelembe a kutatás.

### **3.9.10 A vízmelegítéshez szükséges víz- és energiaigény**

Kemna et al. (2007) szerint a tiszta meleg víz (60°C) iránti igény napi 25 liter volt személyenként Magyarországon. A 60°C-os meleg víz szolgáltatásához szükséges átlagos energiaigény 0,06 kWh/liter. Ezért a vízmelegítéshez szükséges nettó energiaigény kb. 548 kWh/fő évente.

Fontos megjegyezni, hogy míg ez az igény állandónak tekinthető egy főre vetítve, addig a meleg víz energiaigénye háztartásonként változni fog az idő során, ugyanis a háztartásokban élő személyek száma csökken. Kemna et al. (2007) szerint ha egy háztartás két vízmelegítő berendezéssel rendelkezik, a második berendezés átlagos vízfogyasztása a teljes vízfogyasztás mintegy 1/3-át teszi ki.

### **3.9.11 A fűtési és vízmelegítési rendszerek beruházási költségeinek megoszlása kombinált rendszerek esetében**

Azoknál a rendszereknél, melyek a fűtést és a meleg vizet is biztosítják, a fűtésre kiosztott beruházási költség 92%. Ezt úgy számoltuk ki, mint a fűtési energiaigény aránya egy átlagos magyar háztartásnál<sup>11</sup>. A fennmaradó beruházási költségek a vízmelegítésre jutnak.

---

<sup>10</sup> Az IPCC (2007) meghatározása szerint a visszapattanó (rebound) hatás az a jelenség amikor az energiaszolgáltatás iránti igény együtt növekszik az energiahatékonysággal.

<sup>11</sup> A lakás fűtési energiaigényeként kiszámolva [egy lakás átlagos fűtési igénye (220 kWh/m<sup>2</sup>/év) és átlagos mérete (74 m<sup>2</sup>)] szorzata, osztva a lakás vízmelegítési energiaigényével [ugyanaz, mint az előbb] plusz a háztartás vízmelegítési igénye [a vízmelegítés energiaigényeként kiszámolva (0,06 kWh/liter), szorozva egy háztartás napi vízfogyasztásával (65 liter), és szorozva 365-tel].

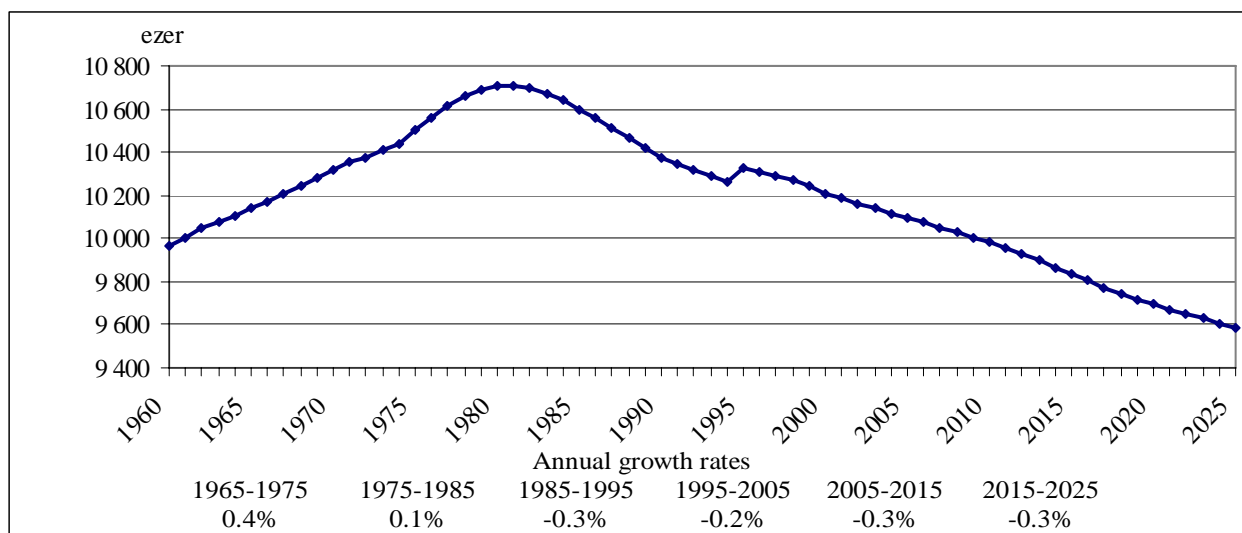
## 4 HÁZTARTÁSÁLLOMÁNY

Ez a rész a kutatás azon részét mutatja be, melynek célja a jövőbeni épületállomány és azok jellemzőinek megbecslése volt. A fejezet bemutatja a fő épülettípusokat, hőtani jellemzőiket és fűtési igényeiket. Az épületállomány fejlődéséhez kapcsolódó számos bizonytalanság legyőzése után ez a rész a fűtési megoldások szerint csoportosítva mutatja meg a különféle épülettípusok háztartásállományának modellezésénél kapott eredményeket.

### 4.1 A háztartásállomány modellezése

#### 4.1.1 A népesség és a lakásállomány dinamikája

A népesség történeti dinamikájánál és előrejelzésénél a Központi Statisztikai Hivatal (KSH, 2006a) és az EUROSTAT hivatalos népesség-előrejelzését (2007) használtuk. A 8. ábra az ezen a két forráson alapuló népességdinamikát szemlélteti.



**8. ábra:** Népességdinamika Magyarországon, 1960–2025 - Forrás: a KSH (2006a) és az EUROSTAT (2007) alapján készült

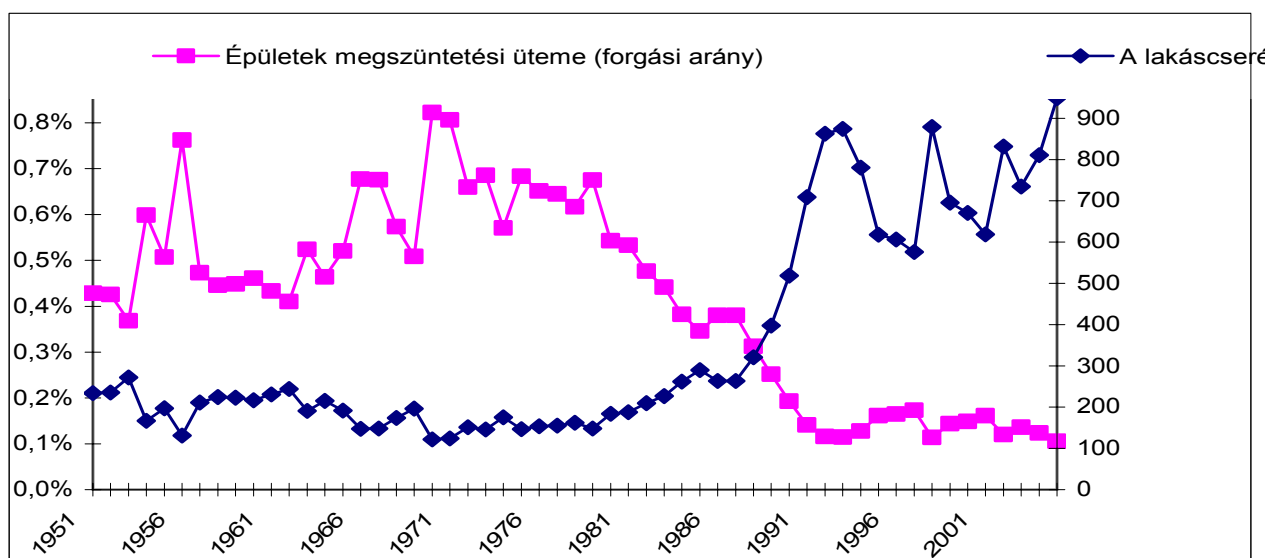
A történelmi adatok azt mutatják, hogy az 1983 óta zajló népességfogyás ellenére a lakások száma növekedett. 1990 és 2004 között az összes lakásszám éves növekedési üteme 0,7% volt, ami megegyezik az EU átlagértékével (KSH alapján kiszámolva, 2006b). Ennek okai a javuló életkörülményekben és a Ball (2005) által „független otthon”-ként leírt jelenségben rejlenek. Számos háztartásnak egynél több lakása van – egy független otthon –, ami nincs állandó bérleményként kiadva. Egy másik tényező az, hogy egy jelentős alacsony minőségű, így nem lakott lakásállomány is létezik. Feltételezve, hogy a lakások éves növekedési üteme 2025-ig megmarad, a 6. táblázat ezen az arányon alapuló becslést ad a lakások számát illetően.

**6. táblázat: A lakások dinamikájának mérőszámai, 1965–2025 (pontadatok)**

Mérőszám	Mértékegység	1965	1975	1985	1995	2005	2015	2025
Népesség, összes	ezer fő	10 140	10 501	10 599	10 330	10 096	9 834	9 588
Lakók száma/lakás	fő/lakás	4,23	3,56	2,93	2,60	2,42	2,24	2,08
Lakások száma/népesség	lakás/fő	0,24	0,28	0,34	0,38	0,41	0,45	0,48
Összes lakásszám	ezer lakás	2 397	2 947	3 614	3 971	4 173	4 396	4 610

#### 4.1.2 Az építési és megszüntetési dinamika előrejelzése

A lakámszüntetési előrejelzés történelmi trendeken alapul. A 9. ábra magyarázza azt a jelenséget, hogy 1988 óta a lakások megszüntetése olyan szintre esett vissza, amikor a lakáscserék nagyon lelassulnak. Mivel kb. 20 év volt az az időszak, ami alatt a megszüntetés aránya ilyen alacsony szintre esett vissza, a kutatás céljára azt feltételeztük, hogy 2025-re a megszüntetés átlagos üteme el fogja érni az 1951–1988 időszak átlagát. Ez a lakáscsere szint kb. 200 év volt.



**9. ábra:** Az épületek megszüntetésének üteme, valamint a lakáscseréhez szükséges idő - Forrás: a KSH (2006b) alapján készült

Az új építésű lakások száma úgy adódik, hogy lefedje a különbséget a lakások összes várt mennyisége és a megszüntetett lakások között. A becslések eredményét a 7. táblázat mutatja.

**7. táblázat: Az épített és megszüntetett lakások dinamikája**

Mérőszámok	Mértékegység	1965	1975	1985	1995	2005	2015	2025
Összes lakásszám	ezer lakás	2 397	2 947	3 614	3 971	4 173	4 396	4 610
Épített lakások	ezer lakás/év	55	100	73	25	41	29	48
Megszüntetett lakások	ezer lakás/év	12	20	12	6	4	10	23
Lakásváltás ideje <sup>12</sup>	év	192	146	289	618	949	434	198

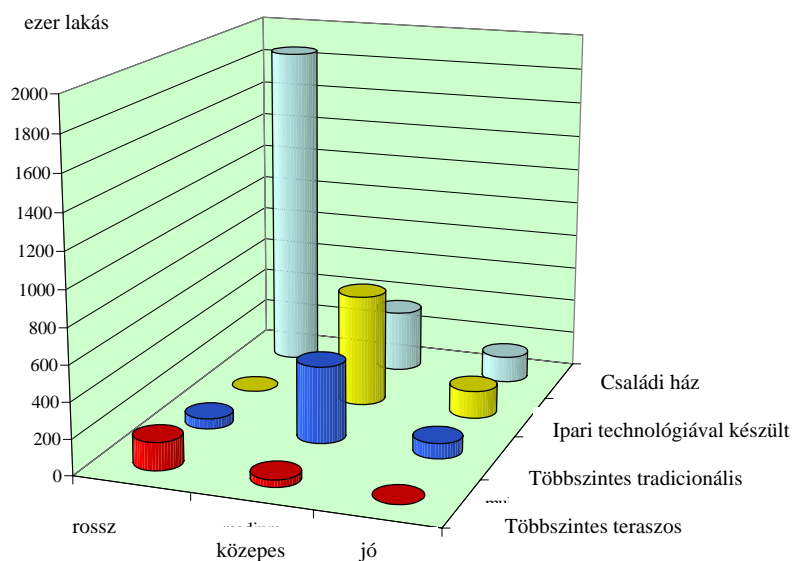
Forrás: 1965–2005: KSH, 2005; 2015–2025 – becslések

A 7. táblázatból kitűnik, hogy a magyarországi lakásállományt hihetetlenül alacsony forgási sebesség jellemzi. Ahogyan Ball (2005) írja, ennek egyik oka az emberek alacsony mobilitási szintje. Egy átlagos magyar ember élete során 2,7-szer változtat lakóhelyet; ez az érték Nyugat-Európában 6–7. Az emberek alacsony mobilitási szintje lelassítja a „rosszabb” lakásból a „jobb” lakásba költözést, és hátrányosan érinti az új háztartásokat (Ball, 2005).

A lakáscsere alacsony rátája egy figyelmeztetés, hogy a lakások teljes vagy részleges felújítása az egyik legfontosabb nemzeti prioritás. Ball (2005) szerint (a Központi Statisztikai Hivatalra történő hivatkozással) jelenleg csak a lakások negyedét nem szükséges felújítani. Legalább ötödük teljes,

<sup>12</sup> A lakámszüntetés fordítottjaként becsülve.

kétötödük részleges felújításra szorul. A lakások fennmaradó 13%-ának felújítása nem lenne gazdaságos, így azokat le kellene bontani. A lakások minőségét a 10. ábra mutatja.



**10. ábra:** A meglévő lakásállomány eloszlása Magyarországon a hőszigetelési színvonal szerint<sup>13</sup> -  
 Forrás: Matolcsy et al., 2005

#### 4.1.3 A háztartásállomány előrejelzése

A rossz állapotú lakások nagy aránya miatt nagy a nem lakott lakások aránya. 1996 előtt a nem lakott lakások aránya 4-5% volt, aztán 1997-től kezdve átlagosan 8%. A jövőbeni modellezéshez feltételeztük, hogy ez a részarány nem fog emelkedni, és így a háztartások (azaz a lakott lakások) aránya 92% lesz az összes lakáshoz képest. Annak ellenére, hogy a nem lakott lakásokat egy minimális szinten fűteni kell, hogy az épületek ne szenvedjenek szerkezeti károsodást, a fűtési energiafogyasztásuk átlagosan jelentősen alacsonyabb, mint a lakott lakásoké. Célszerű feltételezni, hogy a nem lakott lakások más célra nem fogyasztanak energiát. Ezen okok miatt az energia-végfelhasználók energiafogyasztásának modellezése a lakott lakások (háztartások) számán alapul, és nem a lakások számán.

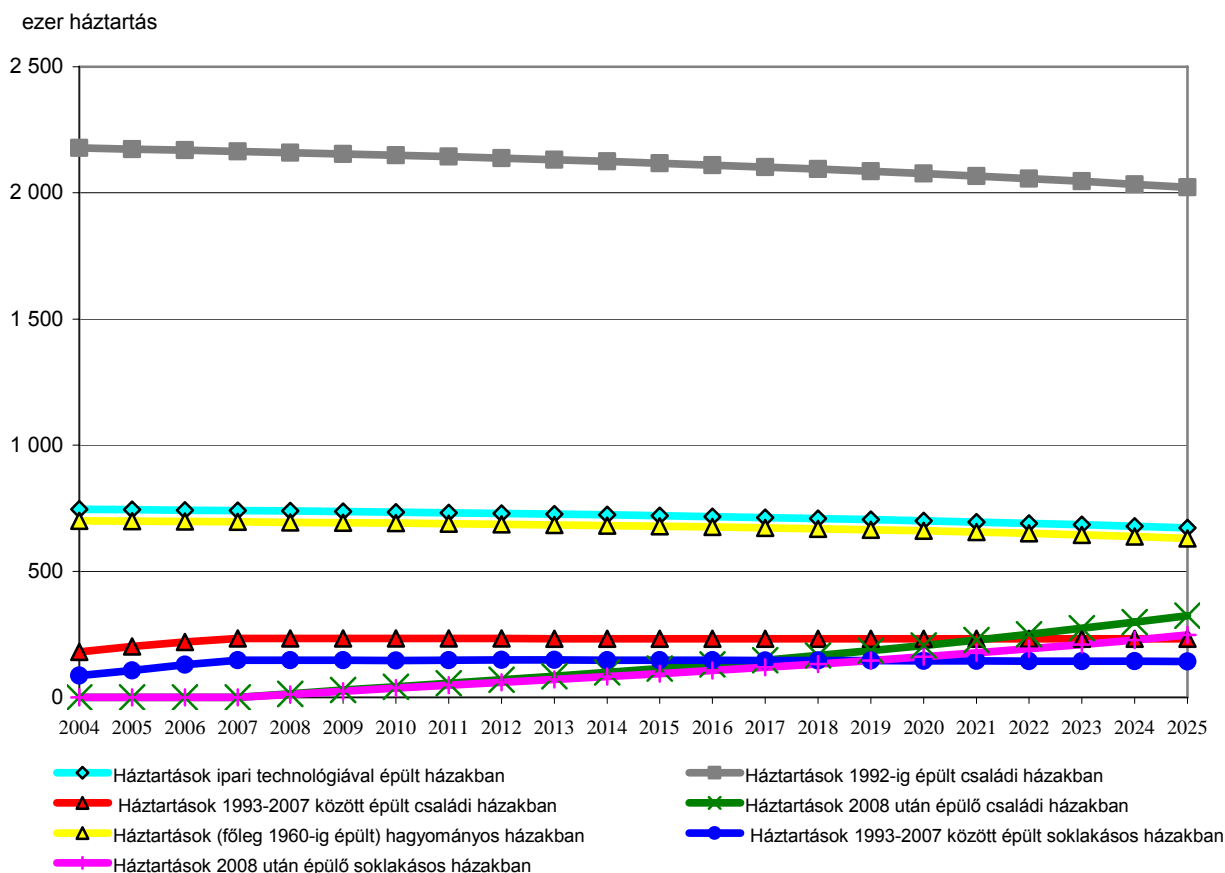
## 4.2 Építéstípusok a hőenergia-modellezéshez

A modellezéshez a magyarországi lakásállományt 5 építéstípusba soroltuk építészeti és/vagy hőtechnikai jellemzők szerint. Ezek a következők:

- (i) soklakásos hagyományos házak, melyek jórészt a 19. század végén és a két világháború között épültek;
- (ii) ipari technológiával (beleértve a panel-, a tömb- és az öntött technológiával készült épületeket) jórészt 1960 és 1980 között épült soklakásos házak;
- (iii) 1992 előtt (vagyis az 1991-es építési szabványt megelőző) épült önálló családi házak külvárosi és városiasodott környezetben;
- (iv) 1993–2007 között épült önálló családi és soklakásos házak;
- (v) 2008 után (és a 2025-ig tartó időszakban) épülő önálló családi és soklakásos házak.

<sup>13</sup> Az ábra szerzői (Matolcsy et al., (2005)) különbséget tesznek a többszintes teraszos házak és a többszintes hagyományos házak között; mi ezt nem követjük a tanulmányban.

Az épülettípusok szerint felosztott háztartásállományra vonatkozó becslés alapja a teljes háztartásállomány becsült dinamikája, az építési és megszüntetési ütemek, valamint Várfalvi és Zöld (1994) és a KSH (2006a, 2006b) alapján. Az eredményeket a 11. ábra mutatja be.



**11. ábra:** A becsült háztartásállomány épülettípusonként

A következő részben bemutatjuk a fő épülettípusokat és azok geometriai jellemzőit, valamint a várható beszerelt fűtési módokat. A geometriai jellemzők alapja a magyarországi modellezési sokaság megfigyelése, a kiválasztott reprezentatív lakások tényleges felmérése és statisztikai kiadványok (KSH, 2006b) voltak. A fűtési módok becslése az alábbi forrásokra épült: KSH (2004, 2005, 2006a, 2006b), NAP (2007), Várfalvi és Zöld (1994), GFK (2004) és ODYSSEE (2007). A becslések mögötti fő feltevések a következők voltak:

- i) Az ipari technológiával épített házaknál a különféle megoldásokkal fűtött háztartások változó számának fő tényezője az épületmegszüntetés rátája.
- ii) A hagyományos épületeknél a fűtési módok dinamikáját az épületmegszüntetés és az egyedi gázfűtésről a központi fűtésre történő átállás határozza meg. 2025-re az egyedi gázfűtés a jelenlegihez képest kb. 75%-ra esik vissza a most ilyen típusú fűtést alkalmazó háztartásokban; az alacsonyabb arány aligha lesz a műszaki korlátoknak, a lakások méretének és a központi fűtés magas árának köszönhetően.
- iii) Az 1992 előtt épült családi házaknál 2008-ra az olajfűtés eltűnik (a magas olajárak miatt), a mostanság bevezetett egyedi gáz-, szén- és biomasszás rendszerek mintegy fele ugyanolyan tüzelésű központi rendszerre cserélődik (azaz nem lesz fűtőanyagcsere). Az épületmegszüntetés tényezője is alkalmazandó az elavult fűtésrendszerek lecserélésénél. A szokásos üzletmenet (BAU) forgatókönyvében nem feltételeztük az új, korszerű rendszerek használatát (az állomány korszerű rendszereit főként az 1993–2007 közötti új házakba építették be: az 1990-es évek elejétől az új épületek nagyrészt egyedi tervezésű önálló családi házak voltak, ami azt sugallja, hogy inkább az új lakástulajdonosoknak volt pénzük

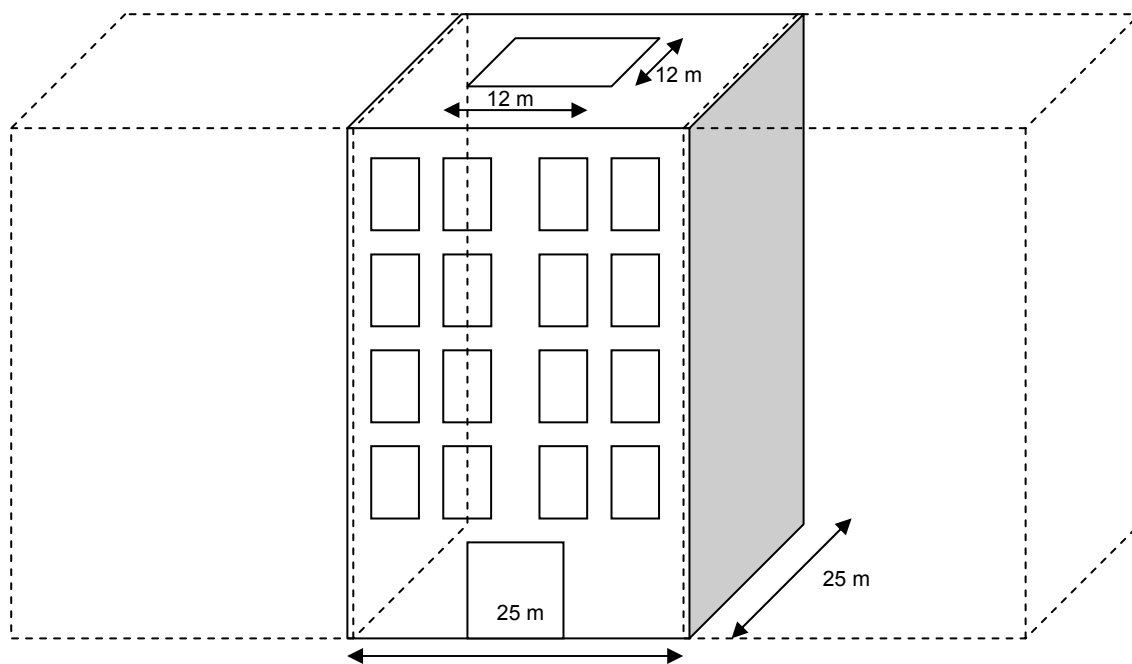


korszerű fűtési rendszerrel felszerelt új otthonok megvásárlására, mint az öregebb házak gazdáinak).

- iv) A 2008-tól épített épületek fűtési módjainak becslése a jelenlegi fűtési megoldások szerkezetén alapul. Sőt, feltételeztük, hogy a pelletes rendszerek növekedési üteme legalább évi 10% lesz, a napenergiára épülő és a szivattyús rendszereké pedig évi 5-5% körül<sup>14</sup>. A megnövekedett számú korszerű fűtési rendszerek az új építésű épületekre jellemzőek.

#### 4.2.1 Soklakásos hagyományos épületek

A városi soklakásos épületek jelentős része 100 éven belül, a 19. század és a 20. század közepe között épült, és reprezentálja az ország építészeti és történelmi örökségét. Külsőjük történelmi és esztétikai értéke miatt nagyon nehéz egy átfogó rekonstrukciót megvalósítani ezeknél az épületeknél; bizonyos külső részek megújítása azonban lehetséges (Kovacsics, 2007). A pótlólagos hőszigetelés megváltoztathatja a ezen épületek homlokzatának kinézetét, és így ezen épületeknél a hőgazdálkodási teljesítmény javítására irányuló lehetőségek nem a falakra, hanem más épületelemekre koncentrálnak, így az ablakok és a tetők jellemzőinek javítására, valamint a felső és a legalsó szintek (pincefödém vagy alagsor) szigetelésére. A modellezett hagyományos épületek geometriai mintázatát a 12. ábra és a 8. táblázat mutatja be (a szerzők által kiválasztott néhány reprezentatív magyarországi épület mért és a KSH, 2006b adatain alapul).



12. ábra: A hagyományos épületek mintázata

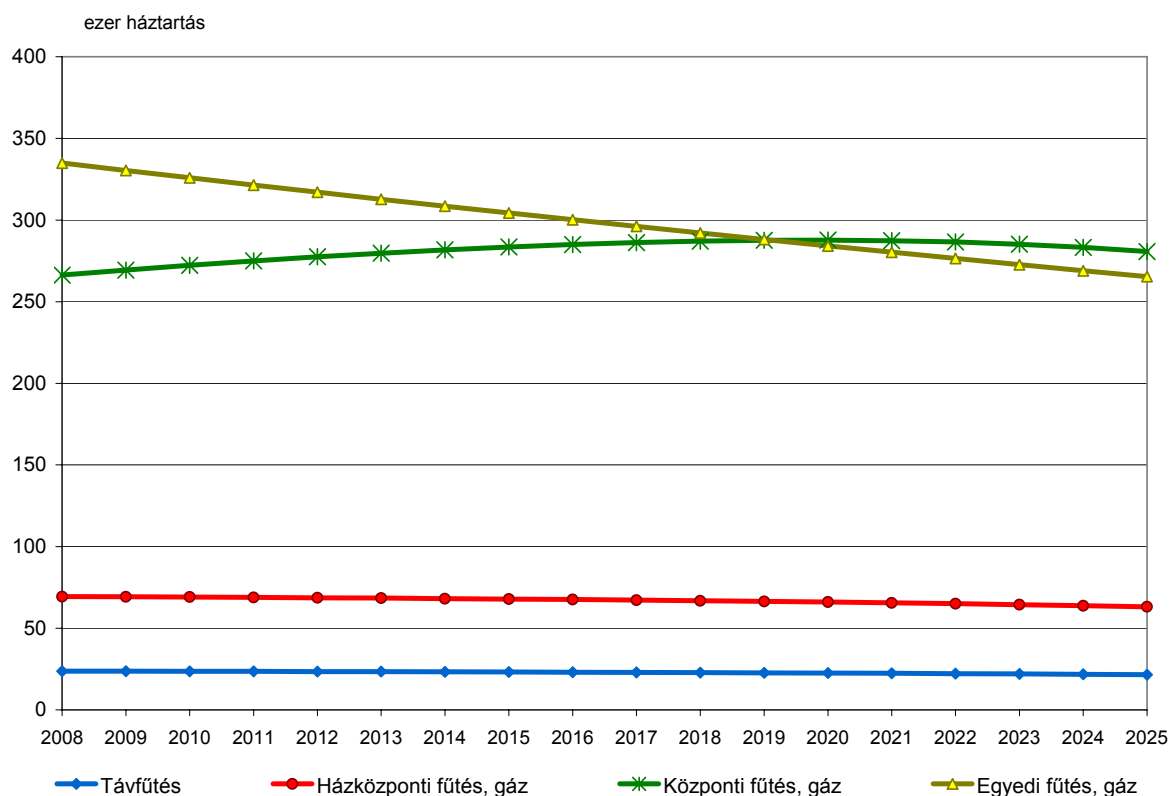
8. táblázat: A hagyományos épületek feltételezett jellemzői

Komponens	Jellemző	Egység
Szintek száma	4	
Szintenkénti lakásszám	6	

<sup>14</sup> A feltételezett növekedési ráták a következő megfontolásokon alapulnak. A napenergiával történő fűtés piaci áttekintése (Weiss et al., 2007) a magyarországi technológiai elterjedés rátáját kb. 5%/évre becsli 2004 előtt, és ezt az adatot 2025-ig is megbecsli (kb. 6–15 ezer háztartás 2008 és 2025 között). Magyarországon a hőszivattyúk elterjedése és beruházási költségei hasonlóak, mint a napenergiával történő fűtés adatai; és emiatt feltételeztük, hogy a hőszivattyúk elterjedése ugyanúgy 5%-kal fog növekedni évente, mint a napenergiával történő fűtésé (kb. 4–10 ezer háztartás 2008 és 2025 között). A pelletfűtés új technológia Magyarországon (csak 2–3 éves), de már kétszer nagyobb az aránya a fűtési megoldások között, mint a hőszivattyúké; a pelletfűtés elterjedése várhatóan évi kb. 10%-kal fog növekedni (kb. 8–50 ezer háztartás 2008 és 2025 között).

Falhossz, egyik oldal	25	m
Belső falhossz, egyik oldal	12	m
Falhossz, másik oldal	25	m
Belső falhossz, másik oldal	12	m
Épület magassága	16	m
Lakás alapterülete	70	m <sup>2</sup>
Ablakok/teraszajtók/erkélyajtók (a felület 30%-a)	470	m <sup>2</sup>
A lakás kijáratú ajtó	48	m <sup>2</sup>
Fűtött terület egyedi fűtésnél	35	m <sup>2</sup>

A hagyományos soklakásos épületek egy része távrendszerről kapja a fűtést és a meleg vizet (Várfalvi és Zöld, 1994; KSH 2004, 2005, 2006a, 2006b). Emiatt az egyik fő lehetőség a fűtési és a meleg víz iránti igény csökkentése szabályozással. Sok ilyen épület városokban található, és a tüzelőanyag-váltás gyakran nem lehetséges, mivel például a biomasszát oda kellene szállítani és tárolni. A lakások egy kis részénél, melyekben földgáztüzelésű központi bojler van, lehetséges kondenzációs bojler beszerelése. Az ilyen épületek több mint felében azonban egyedi fűtés van, egy vagy két helyiségre korlátozva (Várfalvi és Zöld, 1994; KSH 2004, 2005, 2006a, 2006b). Ezeknél a háztartásoknál a hatékonyabb központi fűtési rendszerek jelenthetnek alternatívát (ami azonban a hőigény valamekkora növekedésével jár a nagyobb fűtött terület miatt). A 13. ábra mutatja a hagyományos épületek háztartásainak fűtési mód szerinti megoszlásának becslését.



**13. ábra:** A hagyományos épületek háztartásainak fűtési mód szerinti megoszlása - Forrás: a 4.2 szakasz elején felsorolt feltételezéseken és referenciákon alapul.

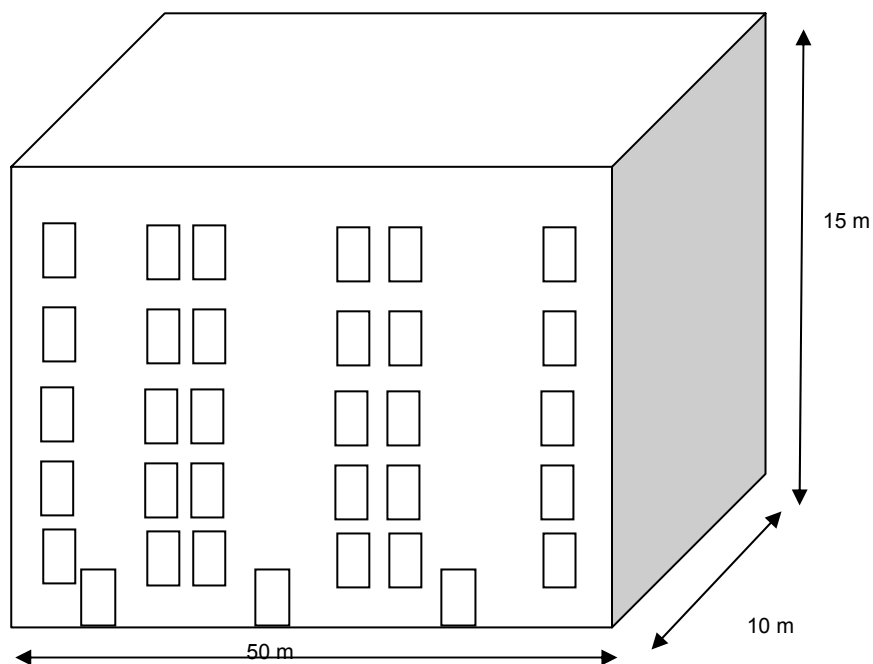
#### 4.2.2 Ipari technológiával épített házak

Az ipari technológiával készült panel- és más betonrendszerű építési technológiákat Nyugat-Európában fejlesztették ki a II. világháború utáni évtizedekben. Az 1960-as évek után ezeket alkalmazták Európa és a korábbi Szovjetunió épületeinek többségénél. Nyugat-Európában gyorsan felismerték a panelépületek hátrányait, míg Közép-Kelet-Európában a volt Szovjetunióban egészen mintegy 1990-ig készítettek ilyen épületeket. Az ipari technológiával felhúzott épületek kategóriája tartalmazza az ún. panelházakat, de azokat a házakat is, melyeket más típusú ipari technológiával (pl. tömb-, öntött, alagútszalus és vasbeton vázszerkezetes) épített házakat. Ezeket az épületeket

összefoglalóan panelházként említik, mivel az összes ipari technológiával épített épület mintegy ¾-ét teszik ki (Csoknyai, 2005).

A közép-kelet-európai régió egyik legégetőbb problémája a panelrehabilitáció, mivel a tartószerkezet várható élettartama ugyan 50–100 év felett van, de az ablakok, a külső felületek és az épületgépészeti rendszerek elérték fizikai élettartamuk határait (például az ablakok, az ajtók és szigetelőanyagok élettartama általában 30 év körül van) (Csoknyai, 2005). A panelépületeket kritika éri magas hőenergia-fogyasztásuk, szabályozatlan fűtési rendszereik, nagyon rossz hűgázdálkodásuk (különösen nyáron), alacsony akusztikus teljesítményük, rossz szigetelésű hőtechnikai jellemzőjük és az épületek fizikai problémái miatt. A panelépület-állomány értékvesztése társadalmi problémákat is okoz a lakók beköltözése révén, akik csak a rossz állapotú lakásokat tudják megfizetni, és ez egyfajta „szegénységi szigetek” kialakulásához vezet (Nagy, 2007). Ez a probléma egy ördögi kört hoz létre, mivel az alacsony jövedelmű emberek koncentrációja a leromló állapotú házakban azt eredményezi, hogy ezek az emberek nem lesznek képesek lakáskörülményeik javítására (lakásfelújítás) pénzt költeni. Az ilyen házakban nagyon nehéz a szegénység elmélyülését megállítani, így ezt a problémát jobb lenne megoldani a lakók kicserélődése előtt.

Ez a nagy leromló panelépület-állomány átfogó modernizációt igényel. Ugyanakkor az ilyen épületek előnye, hogy nagyon hasonló komplex külső felújításon mehetnek át. A hagyományos épületekkel szemben az ipari technológiával épített házak felújítása minden épületrészre kiterjedhet. A SOLANOVA-projekt példája (Hermelink, 2005; SOLANOVA, 2007) mutatja, hogy a panelépületeknél nagyon komoly energiamegtakarítás lehetséges, mégpedig a lakók javára. Zöld és Csoknyai (2005) hangsúlyozza a panelépületek falainak illesztését, mivel a panelelemek csatlakozásai között komoly hőhidak vannak. A 14. ábra és a 9. táblázat mutatja az ipari technológiával épített házak épületgeometriáját (a szerzők által kiválasztott néhány reprezentatív magyarországi épület mért és a KSH, 2006b adatain alapul).

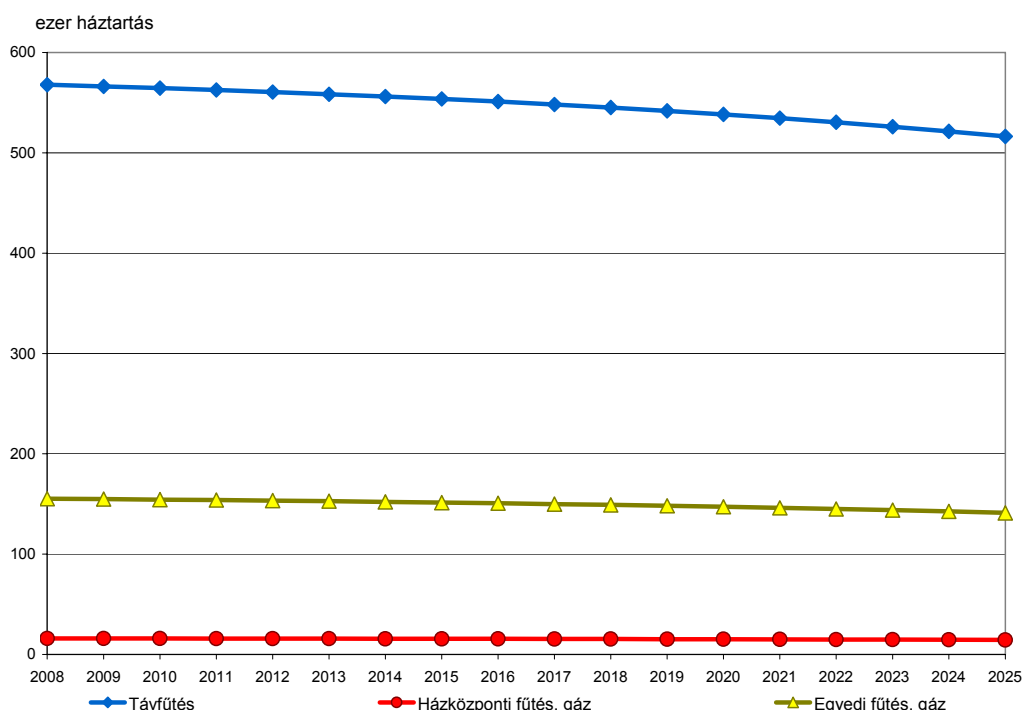


**14. ábra:** Ipari technológiával épült házak mintázata

**9. táblázat: Ipari technológiával épült házak feltételezett jellemzői**

Komponens	Jellemző	Egység
Szintek száma	5	
Szintenkénti lakásszám	3	
Verandák száma	3	
Falhossz, egyik oldal	10	m
Falhossz, másik oldal	50	m
Épület magassága	15	m
Lakás alapterülete	53	m <sup>2</sup>
Ablakok/teraszajtók/erkélyajtók területe (a felület 20%-a)	360	m <sup>2</sup>
A lakás kijárati ajtó	90	m <sup>2</sup>

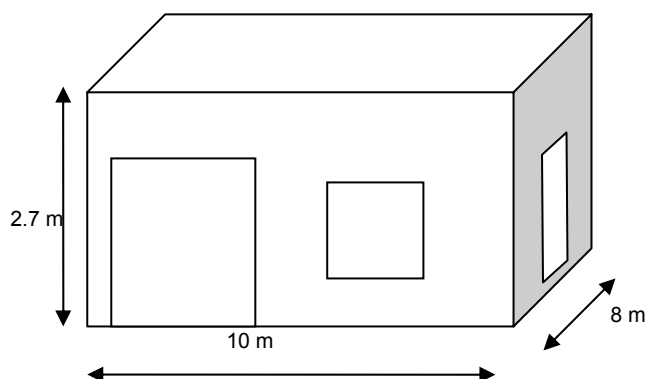
A hagyományos épületekhez hasonlóan az ipari technológiával épített házak többségében távfűtés biztosítja a fűtést és a meleg vizet, a többi épületben pedig házközponti kazán szolgáltatja ezeket (Várfalvi és Zöld, 1994; KSH 2004, 2005, 2006a, 2006b). Ez az oka annak, hogy a panelépületek energiamegtakarítási felújítási lehetőségei hasonlóak azokhoz, melyeket a hagyományos épületeknél azonosítottunk, azaz a fűtési és a meleg víz iránti igény csökkentése szabályozással és egyedi méréssel, és jobb hatékonyságú házközponti kazánok felszerelése. A 15. ábra mutatja a különböző fűtési módokat alkalmazó panelházak háztartásainak becsült számát.



**15. ábra: A fűtési módok megoszlása az ipari technológiával épített házak háztartásaiban - Forrás: a 4.2 szakasz elején felsorolt feltételezéseken és referenciákon alapul.**

#### 4.2.3 1992-ig épült önálló családi házak

Az önálló családi házak adják a magyarországi háztartások nagy részét, arányuk mintegy 70% (Várfalvi és Zöld, 1994; KSH 2004, 2005, 2006a, 2006b). Tanulmányunk szempontjából a családi házak fő előnye, hogy majdnem minden típusú intézkedés elérhető számukra (Kovacsics, 2007). A nagy hűtőfelületnek köszönhetően a falak, a tetők és az alagsorok szigetelési szintjének megújítása vagy javítása nagyon látványos eredményt hoz. A 16. ábra mutatja és a 10. táblázat írja le az 1992 előtt épült tipikus magyarországi önálló családi házak geometriai mintázatát (a szerzők által kiválasztott néhány reprezentatív magyarországi épület mért és a KSH, 2006b adatain alapul).



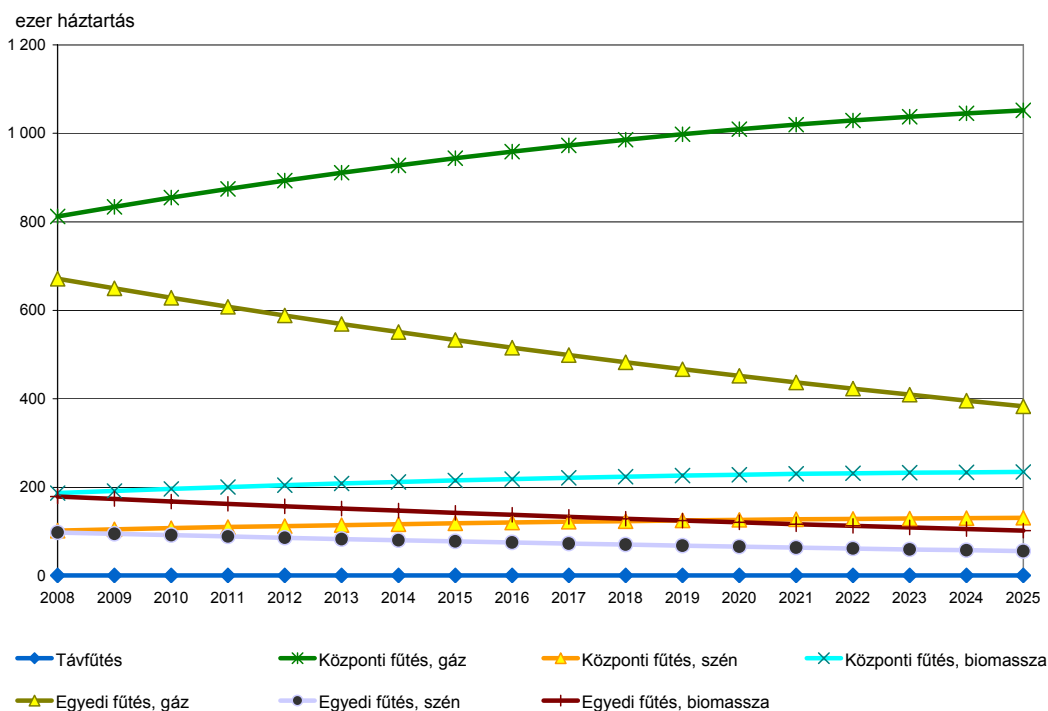
16. ábra: Egy 1992 előtt épült önálló családiház mintázata

10. táblázat: Az önálló családi házak feltételezett jellemzői

Komponens	Jellemző	Egység
Falhossz, egyik oldal	8	m
Falhossz, másik oldal	10	m
Ház magassága	2.7	m
Bruttó alapterület	80	m <sup>2</sup>
Falfelület (kivéve az ajtók és az ablakok)	76	m <sup>2</sup>
Tetőtér	80	m <sup>2</sup>
Alagsor	80	m <sup>2</sup>
Ablakok és erkélyajtók (a felület 20%-a)	19	m <sup>2</sup>
Kijárat ajtó	2	m <sup>2</sup>
Fűtött terület egyedi fűtésnél	40	m <sup>2</sup>

Az önálló családi házak zöme nem a városközpontokban van, és így nincsenek szállítási és tárolási korlátok a tüzelőanyagot illetően. Így a biomasszára történő átállás – melynél a szállítási és tárolási lehetőségek fontosak – az ilyen típusú házaknál vonzó lehetőségnek számít. Ez a lehetőség különösen fontos az éghajlati kibocsátás-csökkentési politikák számára, ha ez kiegészíti a napenergián alapuló fűtési és vízmelegítési rendszereket. Mivel az önálló családi házak körül általában van tér, a fűtésre és a vízmelegítésre a talaj-, a víz-, a geotermális és a vákuumszivattyú beszerelése is lehetséges. Ha valamiért egyik megoldás sem üdvözítő a háztartások számára, legtöbbjük – 94%-uk<sup>15</sup> (KSH, 2004) – gázfűtésű, és így a nagy hatékonyságú (kondenzációs) gázbojlerek beszerelése is lehetséges. Különösen a meglehetősen szennyező egyedi szén- és házközponti fűtési rendszerek cseréje fontos. A 17. ábra mutatja a különböző fűtési megoldásokkal felszerelt önálló családi házak becsült számát.

<sup>15</sup> 2004-ben.



**17. ábra:** Az 1992 előtt épült önálló családi házak háztartásai fűtési módjainak megoszlása - Forrás: a 4.2 szakasz elején felsorolt feltételezéseken és referenciákon alapul.

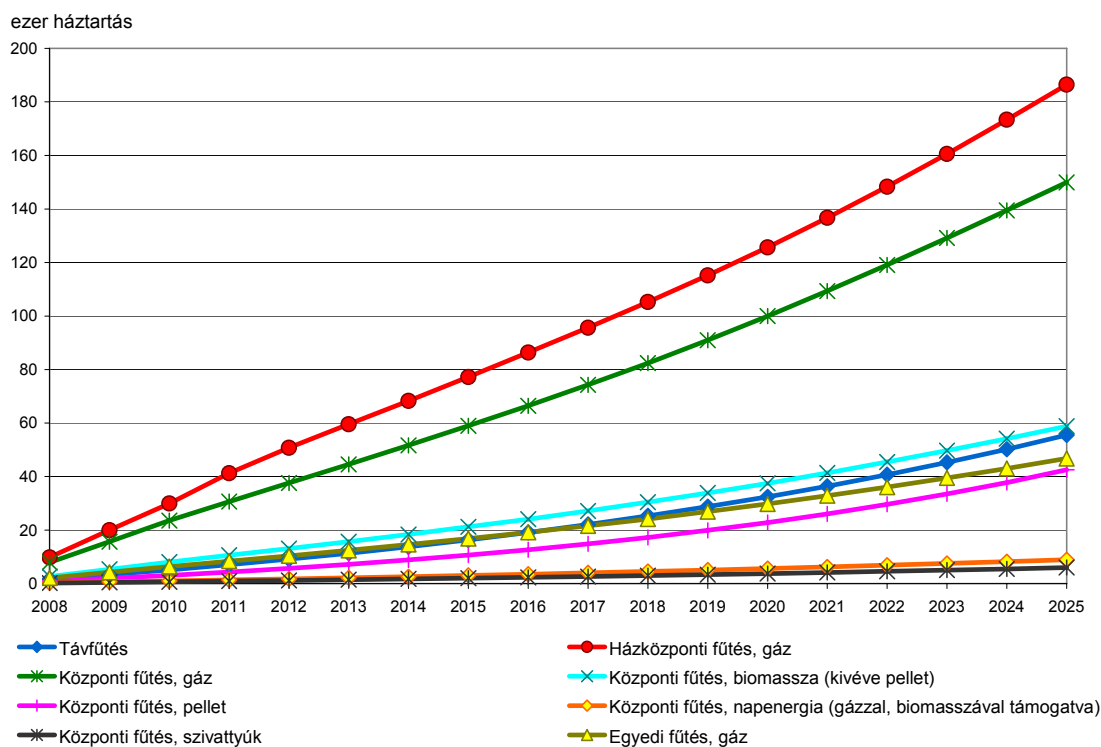
#### 4.2.4 1993–2007 között épült önálló családi és soklakásos házak

Az elmúlt 15 évben épített házak már megfelelnek a mérsékelt szabványoknak. Teljesítmény szempontjából nem a legjobbak, de a plusz szigetelés nem hoz olyan gyors eredményt, mint más típusú épületeknél. A rendszerek főként vagy gáztüzelésűek vagy központi/távűtési rendszerekhez csatlakoznak, és nem lehet túl sokat javítani rajtuk. (Kovacsics, 2007). Ez az oka annak, hogy az 1993 és 2007 között épült önálló családi házak és soklakásos épületek hőtechnikai héjának és fűtési hatékonyságának javítása nem került be a modellbe, és ez a kutatás nem foglalkozik ezen épületek mintáival és jellemzőivel.

#### 4.2.5 2008 után épülő önálló családi és soklakásos házak

Az új épületet a 2006-os építési szabványok (amíg felül nem vizsgálják) szerint tervezik, ami sokkal fejlettebb, mint az előző építési szabványok, azonban még bőven van lehetőség a fűtésigény további csökkentésére. Ez lehetőséget ad az alacsony (integrált) energetikai tervezés alkalmazására a jövőbeni otthonoknál.

A 18. ábra mutatja a 2008 és 2025 között épült házak fűtési mód szerinti becsült megoszlását. Az épületgeometriai jellemzők közül a modellezéshez fontos tényezők a családi házak és a soklakásos épületek lakásainak alapterülete, ami a becslések szerint 105, illetve 57 m<sup>2</sup> (KSH, 2006b).



**18. ábra:** A 2008 és 2025 között épült házak háztartásainak fűtési mód szerinti megoszlása - Forrás: a 4.2 szakasz elején felsorolt feltételezéseken és referenciákon alapul.

#### 4.2.6 A különböző épülettípusok hőtechnikai héj tulajdonságai és háztartási fűtésigénye

A különböző típusú épületekben lévő háztartások fűtési energiaigényeit Csoknyai T. (2007), Kovacsics I. (2007) Sigmond Gy. (2007), F. Kocsis és A. Béleczi (2007) megkérdezése alapján gyűjtöttük össze, és ezeket a 11. táblázat mutatja be.

**11. táblázat:** A különböző épülettípusok fűtési energiaigénye

Épülettípusok	Fűtéstípus	Fűtési energiaigény, kWh/m <sup>2</sup>
1992 előtt épült önálló családi házak	Házközponti	180
	Egyedi	250
Hagyományos házak	Házközponti	150
	Egyedi	200
Ipari technológiával épített házak	Házközponti	166
	Egyedi	233
2008 után épült házak	Házközponti	105
	Egyedi	147

A különböző típusú épületek elemeinek hőgazdálkodási tulajdonságait (12. táblázat) a Csoknyai T. (2007) által elmondottak és több publikáció (Petersdorff et al., 2005; Csoknyai, T., 2004, 2005; Várfalvi és Zöld, 1994; Harvey, 2006) alapján becsültük.

**12. táblázat:** Feltételezett jelenlegi U-értékek, W/m<sup>2</sup>K

Paraméter	1992 előtt épült családi házak	Hagyományos házak	Ipari technológiával épített házak
Külső fal	1,65	1,65	2,00
Tetőfelszín	0,99	0,99	0,77
Pincefelszín	1,32	1,32	0,99
Külső ablakok	3,50	3,50	3,50
Ajtó	2,60	2,60	2,60



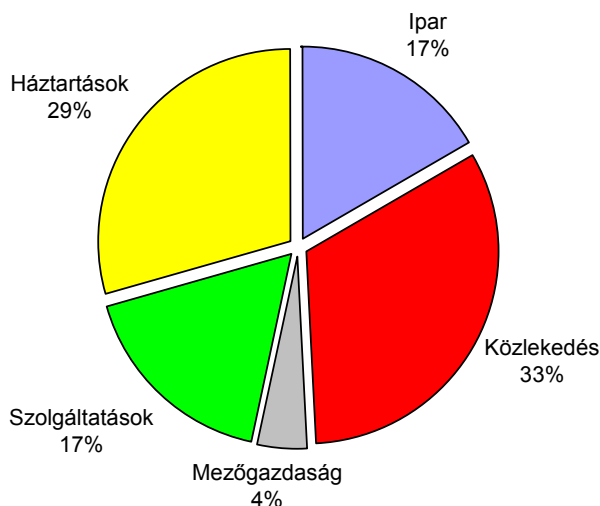


## 5 ALAPFORGATÓKÖNYVBELI ÉS KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEK: HŐGAZDÁLKODÁSI KORSZERŰSÍTÉS

Levine et al. (2007) arra jutott, hogy az épületeknél a legfontosabb energia- és CO<sub>2</sub>-hatékonysági stratégia elsősorban az, ha az energiaterhelés csökkentése és a rendszerek kiválasztása a környezeti erőforrások és a hőelvezetők leghatékonyabb használatával történik, majd ezt követi a hatékony eszközök és a hatásos szabályozás alkalmazása. Ez a kutatás átvette ezeket az elveket, és a CO<sub>2</sub>-mérséklési lehetőségek elemzésével indít, átgondolva a lehetőségeket a fűtési és vízmelegítési igények minimalizálásától a hőszigetelésig. Aztán felmérjük a megújuló energiaforrások lehetőségeit a fűtésben és a vízmelegítésben. A hőgazdálkodási korszerűsítés elemzését a hatékony fosszilis tüzelés és a hőszabályozás áttekintésével zárjuk.

### 5.1 Hőenergia-fogyasztás a lakossági szektorban

2004-ben a lakossági szektor volt felelős a közvetlen CO<sub>2</sub>-kibocsátások mintegy 29%-áért<sup>16</sup>, ami éppen csak elmaradt a jelenleg vezető közlekedési eredetű kibocsátásoktól (19. ábra). A lakossági közvetlen kibocsátások főként a fűtéshez, vízmelegítéshez és főzéshez felhasznált fosszilis tüzelőanyag elégetéséből származnak.



**19. ábra:** A közvetlen CO<sub>2</sub>-kibocsátás osztályozása a magyarországi energia-végfelhasználók szerint 2004-ben - Forrás: ODYSSEE (2007)

A World Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2030 (Kitekintés a világ energia-, technológia- és éghajlat-politikájára 2030-ig; Kutatási Főigazgatóság, 2003) azt várja, hogy a távoli jövőben az EU-ban az egy háztartásra eső hőenergia-fogyasztás csökkeni fog. Ezen trend ellenére azonban a szerzők úgy vélik, hogy a fűtés és a vízmelegítés marad a legnagyobb energia-végfogyasztó a magyarországi lakossági szektorban a következő két évtizedben.

### 5.2 Lehetőségek az épületek hőtechnikai héjának javítására

Az épületek hőtechnikai héja alatt az épület külső határolása értendő, amely fékezi a nem kívánt hő- és anyagáramokat a belső és a külső tér között. (Harvey, 2006). Az épületek külső határolásának

<sup>16</sup> Azaz az olaj, a gáz és a szén elégetéséből származó kibocsátások.

(ami a falakat, ajtókat, tetőket és alagsorokat jelenti) szigetelése jelentősen csökkentheti a fűtés energiaigényét.

### 5.2.1 A szokásos üzletmenet forgatókönyve

A hőszigetelés modellezésének input paramétereit az EURIMA/ECOFYS friss, hőszigetelésről és kiválasztott fűtési lehetőségekről szóló tanulmányának (Petersdorff et al., 2005) segítségével azonosítottuk. A tanulmány leírja a CEE-régióban alkalmazott fő szigetelési technikákat, a szigetelőanyagok hőtani tulajdonságait, valamint a hőszigetelés alkalmazásával kapcsolatos beruházási költségeket. A háztartásállomány éves energiamegtakarítási felújítási BAU-rátáját a mérőszám KSH (2005)-ön alapuló, 2003–2004-es szintjének megfelelő értéknek tételeztük fel. A mérséklési forgatókönyvnél azt feltételeztük, hogy a háztartásállomány azon részét, melyet a BAU-forgatókönyv szerint nem újítanak fel, és legalább 2025-ig fennmarad, 2008 és 2025 között évenként egyenlő mértékű adagokban újítják fel.

Ez a rész foglalkozik a 2008 és 2025 között építendő háztartásállománynál a passzív energetikai tervezés alkalmazásával is. Ezeknél a típusú háztartásoknál az alapforgatókönyv azt feltételezi, hogy ezeknek a lakásoknak ugyanaz lesz az energiaigénye, mint a most épülőknél, azaz 100–110 kWh/m<sup>2</sup> (Kocsis és Béleczi, 2007). A BAU esetében az építési költségek a magyarországi háztartás-statisztikai évkönyv (KSH, 2006b) és a szakértőkkel folytatott megbeszélések (Kocsis és Béleczi, 2007) szerint mintegy 700 euró/m<sup>2</sup>-re rúgnak.

### 5.2.2 A külső falak szigetelése

Petersdorff et al. szerint (2005) a CEE-régióban a leggyakoribb módszer a külső szigetelésre a szigetelőanyag ráillesztése a külső falak külső felületére. Ez általában úgy történik, hogy a szigetelőanyagot ráteszik a falra, és bevakolják. A szigetelési lehetőségek töke- és felszerelési költségeinek becslése a CEE-régió energiamegtakarítási felújítási projektjeiben általában használt szigetelőanyagok átlagárain alapul (azaz ez a kijelentés vonatkozik a pince/alagsor és a tető szigetelésére is). A falszigetelés technikai és pénzügyi elemzésének fő feltételezéseit a 13. táblázat tartalmazza.

**13. táblázat:** A külső falak szigetelésének technikai és pénzügyi paraméterei

Lakástípusok	U-értékek 2007-ben, felújítás előtt	U-értékek felújítás után	Beruházási költségek	Felújítási ráta, BAU	Felújítási ráta, mérséklési forgatókönyv
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	EUR/m <sup>2</sup> , szigetelt terület	A háztartásállomány százaléka	Lakásszám
1992 előtt épült családi házak	1,65	0,35	45	1%	A BAU-ban nem felújított, 2025-ig fennmaradó lakások egyenlő adagokban felújítva
Hagyományos házak	Nincs becslés	Nincs becslés	45	1%	
Ipari technológiával épült házak	2,00	0,35	51	1%	

*Forrás:* a becslések alapja Csoknyai, 2004, 2005, 2007; Várfalvi és Zöld, 1994; Petersdorff et al., 2005; és KSH-jelentések.

### 5.2.3 A pince/földszint szigetelése

A földszint szigetelési módja függ attól, hogy az épületnek/háznak van-e pincéje. A pincével bíró épületekben a szigetelést lehet a pince mennyezete alá tenni, vagy egy komplexebb technikai megoldással a földszint tetejére. Az intézkedés technikai és pénzügyi elemzésének fő feltételezéseit a 14. táblázat tartalmazza.

**14. táblázat: A pince felszíni szigetelésének technikai és pénzügyi paraméterei**

Lakástípusok	U-értékek 2007-ben, felújítás előtt	U-értékek felújítás után	Beruházási költségek	Felújítási ráta, BAU	Felújítási ráta, mérséklési forgatókönyv
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	Euró/m <sup>2</sup> , szigetelt terület	A háztartásállomány százaléka	Lakásszám
1992 előtt épült családi házak	1,32	0,46	18	1%	A BAU-ban nem felújított, 2025-ig fennmaradó lakások egyenlő adagokban felújítva
Hagyományos házak	1,32	0,46	18	1%	
Ipari technológiával épült házak	0,99	0,46	18	1%	

*Forrás:* a becslések alapja Csoknyai, 2004, 2005, 2007; Várfalvi és Zöld, 1994; Petersdorff et al., 2005; és KSH-jelentések.

### 5.2.4 Tetőszigetelés

A tetőszigetelés elemzésénél feltételeztük, hogy a szigetelés a tető külső felületén van, és egy vízálló réteg is borítja. A tetőszigetelés technikai és pénzügyi elemzésének fő feltételezéseit a 15. táblázat tartalmazza.

**15. táblázat: A tetőfelszín szigetelésének technikai és pénzügyi paraméterei**

Lakástípusok	U-értékek 2007-ben, felújítás előtt	U-értékek felújítás után	Beruházási költségek	Felújítási ráta, BAU	Felújítási ráta, mérséklési forgatókönyv
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	Euró/m <sup>2</sup> , szigetelt terület	A háztartásállomány százaléka	Lakásszám
1992 előtt épült családi házak	0,99	0,23	27	1%	A BAU-ban nem felújított, 2025-ig fennmaradó lakások egyenlő adagokban felújítva
Hagyományos házak	0,99	0,23	27	1%	
Ipari technológiával épült házak	0,77	0,23	27	1%	

*Forrás:* a becslések alapja Csoknyai, 2004, 2005, 2007; Várfalvi és Zöld, 1994; Petersdorff et al., 2005; és KSH-jelentések.

### 5.2.5 Az ablakok és az erkélyajtók cseréje

Egy ablakon átmenő hőáramlás függ az üveg, a panelek közötti levegő, a keret és a panelek közötti rések hővezetésétől, a napsugárzás átvitelétől, és más tényezőktől (Harvey, 2006). Manapság az ablaktechnológiák széles köre képes a szabványos nem bevont, kettős üvegezésű ablakok hővesztésének 65–75%-át képesek megspórolni (Levine et al., 2007). Ez magában foglalja a többszörös üvegezést, az alacsony vezetőképességű gázokat az üvegtáblák között, egy vagy több üvegezésen alacsony sugárzóképeségű bevonatot, valamint a nagyon alacsony vezetőképességű keretanyagok alkalmazását.

Az 1990-es évek előtt Magyarországon beszerelt ablakokra jellemző, hogy az átlagos U-értékük 3,5 W/m<sup>2</sup>K, míg a manapság beszerelt kettős üvegezésű ablakoknál ez az érték 1,3-1,5 W/m<sup>2</sup>K. A magyarországi piacon megvásárolható már a hármas üvegezésű, gázzal töltött ablak, aminek a hőátvitel 0,9-1 W/m<sup>2</sup>K. Egy ablakcsere tőkeberuházása egy tipikus ablaknál 100 euró/m<sup>2</sup>-nél kezdődik, és felmehet akár mintegy 160 euró/m<sup>2</sup>-ig egy profi ablaknál. Alacsony sugárzóképeségű (ahol az U-érték 0,7 W/m<sup>2</sup>K alatt van) ablakok is elérhetőek a magyarországi piacon, ezek beruházási költsége 300 euró/m<sup>2</sup> felett van. Ez a magas beszerelési költség magyarázható az alacsony sugárzóképeségű ablakok piacának kialakulatlanságával: noha az alacsony sugárzóképeségű ablakok már több mint egy évtizede léteznek, piacukat növekedésre kell ösztönözni, amikor a verseny csökkenti a termékek árát. A mostani helyzet szerint az alacsony sugárzóképeségű ablakokat a

modell nem veszi figyelembe. Egy ablakcsere technikai és pénzügyi jellemzőit a 16. táblázat tartalmazza.

**16. táblázat: Az ablak- és erkélyajtócsere technikai és pénzügyi paraméterei**

Lakástípusok	U-értékek 2007-ben, felújítás előtt	U-értékek felújítás után	Beruházási költségek	Felújítási ráta, BAU	Felújítási ráta, mérséklési forgatókönyv
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	Egy ablak euró/m <sup>2</sup> -e	A háztartásállomány százaléka	Lakásszám
1992 előtt épült családi házak	3,50	0,95	190	1%	A BAU-ban nem felújított, 2025-ig fennmaradó lakások egyenlő adagokban felújítva
Hagyományos házak	3,50	0,95	190	1%	
Ipari technológiával épült házak	3,50	0,95	190	1%	

Forrás: a becslések alapja Csoknyai, 2004, 2005, 2007; Várfalvi és Zöld, 1994; Duplo-Duplex (2007); és KSH-jelentések.

### 5.2.6 Kijáratí ajtók cseréje

A Magyarországon gyakran használt fa- és üvegajtók esztétikusak, de szigetelőértékük csekély, és így cserére szorulnak. Harvey (2006) szerint egy tipikus 6 cm vastag falemez U-értéke 2,6 W/m<sup>2</sup>K. Az ablakokhoz hasonlóan vannak a piacon nagyon hatékony ajtótechnológiák. Például egy szigetelt acéllemez egy fakeretben kb. 1 W/m<sup>2</sup>K-es U-értékkel bír. A magyarországi háztartások általában új ajtókat szerelnek be, míg az ablakokat az általános dizájn megtartása mellett vagy biztonsági okokból cserélik ki. A biztonsági ajtók több szempontból hasznos megoldást jelentenek, mivel a biztonsági jellemzőiken túl jobb hőtani tulajdonságokkal is bírnak vastagságuk vagy anyaguk miatt. A modellezéshez a hatékony ajtók hőtani és a költségjellemzőit több termékkatalógus alapján becsültük. Ezeket a jellemzőket a 17. táblázat mutatja be.

**17. táblázat: A kijáratí ajtó cseréjének technikai és pénzügyi paraméterei**

Lakástípusok	U-értékek 2007-ben, felújítás előtt	U-értékek felújítás után	Beruházási költségek	Felújítási ráta, BAU	Felújítási ráta, mérséklési forgatókönyv
	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	Egy ajtó euró/m <sup>2</sup> -e	A háztartásállomány százaléka	Lakásszám
1992 előtt épült családi házak	2,60	0,9	540	1%	A BAU-ban nem felújított, 2025-ig fennmaradó lakások egyenlő adagokban felújítva
Hagyományos házak	2,60	0,9	540	1%	
Ipari technológiával épült házak	2,60	0,9	540	1%	

Forrás: a becslések alapja Harvey, 2006; Novoferm, 2007; GIL-TRADE, 2007; Gavron, 2007; és KSH-jelentések

### 5.2.7 A passzív energetikai tervezés alkalmazása

A passzív energia elve szerint létrehozott épületek – melyek célja a Nap, az emberek és a berendezések által kisugárzott passzív energia maximális felhasználása – a hagyományos tervezésükhöz képest akár 90%-os megtakarítást is fel tudnak mutatni. A passzív energetikai tervezés jelenti a déli tájolást, az épületelemek erős szigetelését (0,15 W/m<sup>2</sup>K alatti U-értékkel), alacsony sugárzóképeségű ablakokat, csökkentett légszivárgást és más jellemzőket. Azon közvélekedés ellenére, hogy az alacsony energiájú házak drágák, a valóságban nem kerülhetnek sokkal többre, mint a hagyományos tervezésű épületek. A passzív energetikai tervezés még mindig egy nagyon új technológia a magyar piacon; az ilyen épületek építési költségei akár kb. 1150 euró/m<sup>2</sup> is lehetnek, összevetve a hagyományos házak kb. 700 euró/m<sup>2</sup>-es adatával. Mivel a kialakultabb piacok tapasztalatai azt mutatják, hogy a passzív energiás és a hagyományos épületek költségei nem térnek el jelentősen egymástól. Például Trnka (2007) becslése szerint Ausztriában a passzív energetikai házak építési költségei csak 8%-kal magasabbak, mint a hagyományos tervezésű házaké, még akkor is, ha a pótlólagos költségek 0 és 337 EUR/ m<sup>2</sup> között vannak.

A mérséklési forgatókönyvben azt feltételeztük, hogy a 2008-tól épült új lakások passzív energetikai tervezés szerint készülnek. A CO<sub>2</sub>-kibocsátások elkerülésének potenciálját úgy becsültük, ha a fűtés energiaigénye nem lenne több, mint 15 kWh/m<sup>2</sup>, és a passzív energetikai tervezés szerinti

építési költség mintegy 750 euró/m<sup>2</sup> (azaz körülbelül 8%-kal magasabb, mint a hagyományos tervezésnél, osztrák tapasztalatokat véve alapul).

### 5.3 A fűtési hatékonyságot és a fűtőanyag cseréjét célzó lehetőségek

A fűtésnél számos nagy hatékonyságú és alacsony széntartalmú lehetőség létezik (lásd a 20. ábrát). A borítékra vonatkozó intézkedések a passzív napenergiás fűtési és más hatékonysági lehetőségekkel kombinálva képesek a fűtési szintet az évi 250–400 kWh/m<sup>2</sup>-ről évi kevesebb mint 15 kWh/m<sup>2</sup>-re a CEE-régió meglévő épületeiben (Levine et al., 2007).



20. ábra: Hatékony háztartási fűtési technológiák - Forrás: Schild, 2006

Magyarországon a fűtés általában távfűtés, házközponti fűtés (soklakásos épületeknél), központi fűtés és egyedi fűtés. A legjobb stratégia a megújuló energiaforrásokra épülő hő alkalmazásának maximalizálása. Egyébként a hő előállítása és elosztása során keletkező energiavesztés minimalizálását célzó nagy hatékonyságú fosszilis technológiák alkalmazhatók. A fejlettebb lehetőségek beszerelésénél vannak technikai korlátok, azonban minden típusú háztartás számára létezik legalább egy korszerű fűtési megoldás.

#### 5.3.1 A szokásos üzletmenet forgatókönyve

Az alapforgatókönyvben lévő fűtési megoldások a tanulmányozott épületekre a távfűtés, a házközponti fűtés, a központi fűtés és az egyedi gáz- és széntüzelésű fűtés. A manapság alkalmazott hatékony fűtési rendszerek becslése a szakértőkkel történt interjúkon alapul (Kovacsics, 2007; Csoknyai, 2007). Ezek 65%-ban az egyedi és a nem gáztüzelésű hagyományos központi fűtéshez, 85%-ban az egyedi és központi gázfűtéshez, és 80%-ban a házközponti gázfűtéshez kapcsolódnak. A BAU-forgatókönyvben szereplő összes fűtési rendszere hatékonysága (a távfűtés kivételével) 85% (a becslés alapja: Petersdorff et al., 2005; Mega-öko Kazánfejlesztő-gyártó Kft., 2007). A 3.8.1 rész mutatja be a szolgáltatott távfűtés BAU-hatékonyságának modellezését (az épületbe történő belépésnél). Ez a 2008-as 78,2%-ról 87,4%-ra növekszik 2025-re. A táv- és a házközponti fűtés elosztási vesztesége a soklakásos épületekben a becslés szerint a 2008-as 6,6%-ról 5%-ra csökken 2025-re.

A becsült beruházási költségek:

- 1250 EUR/lakás egy új szabványos központi gázkazán;
- 1500 EUR/háztartás egy új gáztüzelésű központi kazán folyamatos vízmelegítéssel;
- 3500 EUR/háztartás egy új biomassza-tüzelésű központi kazán melegvíztárolóval;
- 1050 EUR/háztartás egy új szénttüzelésű központi kazán;
- 7900 EUR/épület egy új szabványos gáztüzelésű központi kazán soklakásos házakhoz.

Abban az esetben, amikor egy háztartás egy közvetlen vagy egyedi fűtési módról átáll központi fűtésre, a radiátorok felszerelése mintegy 500 euró/lakás további költséggel jár soklakásos házakban, és mintegy 700 euró/ház költséggel családi házakban (a különbség a radiátorok számából adódik).

### **5.3.2 Fűtés biomasszával: pellet**

Magyarország gazdagon el van látva fűtési célra felhasználható biomasszával. Rossz hír azonban, hogy az EU megújuló erőforrásokról szóló irányelve csak a megújuló elektromos energiával foglalkozik, a megújuló hőt nem támogatja. A 2000-es évek elején a biomassza-hulladék fűtési célú felhasználása mintegy 8%-ra ugrott a lakossági szektor összes végső energiafelhasználásában, azonban nem növekszik tovább (KSH, 2006c). Ugyanakkor a biomasszát célszerűbb hő, mintsem elektromos energia termelésére használni (Kovacsics, 2007). A biomassza elégetéséből nyert áram termelésének hatásfoka 30% körül van, míg a hő előállítása mintegy 90%-os hatékonyságú. A biomassza hővé alakításával megspórolt gázból elektromos energiát lehetne előállítani, melynek legalább 40%-os a hatékonysága.

A biomasszaégetők tüzelőanyaga lehet pellet, faforgács, fahulladék, kukorica és növényi maradványok. Ezek közül a mezőgazdasági termékek maradákaiból származó pellet lehet komoly nyereség Magyarország számára. Az energiatüzelőanyagokból származó pellet különösen fontos, mivel azok a mezőgazdasági termelés megfelelő helyettesítői lehetnek. E két típusú pellet előállításának potenciálja nagyon fontos (lásd a 18. táblázatot). Bizonyos mezőgazdasági eredetű pelleteknek nagyobb a fűtőértéke és alacsonyabb az ára, mint a fapelleteknek (DBO, 2007). A mezőgazdasági eredetű pelletek előállításának másik előnye, hogy az alapanyag előállítása évenként lehetséges, míg a fapelletek és a fahulladék reprodukálásához egy fának legalább 15 évre van szüksége. Jelenleg Magyarországon nem gyártanak fapelletet. Főként erdélyi, szlovákiai, lengyelországi és csehországi üzemekből importálják, de kisebb mennyiségben Ausztriából és Olaszországból is. Van egy magyar cég, amelyik mezőgazdasági eredetű pelletet készít háztartási alapanyag-keverékből: szalmából, nádból és olajos növényekből (DBO, 2007).

Ausztriában 1994-ben vezették be a háztartási pelletkazánokat, és azok gyorsan népszerűek lettek. A pelletkazánok a magyar piacon csak két vagy három évvel ezelőtt bukkantak fel (DBO, 2007). A kereslet nő, de ezt visszafogja a nagy tőkeköltség. Egy átlagos magyar családi ház hőigényét (20-40W) ellátni képes pelletégető ára kb. nettó 1500 és 8000 euró között van (DBO, 2007). A kiegészítő felszerelések és a forróvíz-tároló ára, valamint a beszerelési költségek még pluszban jelentkeznek. A magas árak az importált drága eszközöknek (főként Ausztriából, Németországból, Szlovákiából, Csehországból, Lengyelországból és Olaszországból) és a hazai piac alacsony mértékű versenyének köszönhetőek (DBO, 2007). A magyarországi piacon nagy lehetőség van a pelletégetők gyártására, de több ösztönzés és intézkedés szükséges a piac felrészéséhez.

**18. táblázat: Biomassza-hasznosítási potenciál és volumen Magyarországon**

N	Biomasszatípus	Biomassza mennyisége, ezer tonna/év	Energiapotenciál, PJ/év
1	Szalma	2400–2800	28–34
2	Kukoricaszár	4000–5000	48–60
3	Nád, gyümölcsfa-fűrészpor	350–400	5–6
4	Energiafű	500–600	6–7
5	Energianövények	1200–1800	25–30
6	Biogáz-szubsztrát	8000–10000	7–9
7	Repce biodízelhez	220–250	3,5–3,8
8	Kukorica bioetanolhoz	2000–3000	24–27

*Forrás: Görös (2005), az ACCESS (2007)-ben*

A biomasszával történő fűtés egyik hátránya, hogy nagy biomasszatárolót igényel (2–7 tonna egy átlagos önálló családi háznál). A közlekedési nehézségek és a helyi légszennyezési problémák miatt egyébként is nehéz a nagyvárosok központi részeibe eljuttatni a biomasszát. Ez az oka annak, hogy miért nehéz a nagyvárosok központi részein lévő soklakásos épületekben és családi házakban biomasszára épülő fűtést alkalmazni. A megújuló fűtés esélyei a városok központjától távolabb eső családi házak esetében a legjobbak. Emiatt a modellben azt feltételeztük, hogy a családi házaknak csak a fele tud átállni a BAU-technológiákról biomasszás fűtésre 2025-ig. A pelletpiac (DBO, 2007) és a termelési katalógusok áttekintése (Szalontai és Sonnencraft, 2007) alapján a pelletégetők becsült beruházási költsége mintegy 9145 EUR/rendszer, 92%-os hatásfokkal. Mivel a pelletkazánok biztosítják a fűtést és a meleg vizet is, a fűtésre eső beruházási költség mintegy 8410 EUR/rendszer (lásd a 3.9.11 részt).

### 5.3.3 A Nap hőenergiája

A napkollektorok fűtésre és vízmelegítésre történő használata egy érett alternatíva a hagyományos technológiákhoz képest. A magyarországi napenergia-rendszerek zöme kombinált rendszer, azaz meleg vizet és fűtést is biztosít (Weiss et al., 2007). A Magyarországon értékesített napenergia-rendszereket úgy tervezték, hogy fedezze a melegvíz-igény akár 80 és a fűtés akár 30%-át egy átlagos családi háznál (lásd Szalontai és Sonnencraft, 2007 katalógusait!). Ez az oka annak, hogy egy napenergián alapuló kombinált rendszerhez kell egy hagyományos háttérrendszer (egy fosszilis tüzelésű kazán, hőszivattyú vagy egy fatüzelésű kazán), ami fedezi a fennmaradó hőigényt. A biomassza alapú fűtési rendszerek a napenergián alapuló fűtéshez képest zéró szén-dioxid-kibocsátású kiegészítők. Ez az oka annak, hogy a kutatásban biomasszával megtámogatott napenergiás rendszereket tételeztünk fel.

A fűtési célú biomasszához hasonlóan feltételeztük, hogy csak a családi házak fele tud átállni a BAU-technológiákról a pelletkazánokkal megtámogatott napenergiás rendszerekre 2025-ig. Egy pelletkazánal megtámogatott napenergiás rendszer tőke- és beszerelési költségei nagyjából 16300 euróra rúgnak (Szalontai és Sonnencraft, 2007). Egy pelletrendszer hatékonysága 92%, míg a napenergiáé 100% (azaz nincs hőtermelési és elosztási veszteség). A napenergián alapuló fűtési és vízmelegítési rendszer a fűtési igénynek 30, a vízmelegítési igénynek pedig 80%-át tudja biztosítani. Mivel a napenergiára épülő rendszerek biztosítják a fűtést és a meleg vizet is, a fűtésre eső beruházási költség mintegy 15000 euró/rendszer (lásd a 3.9.11 részt).

### 5.3.4 Hőszivattyúk

A hőszivattyúk viszonylag kevés energia felhasználásával meg tudják fordítani a hőáramlás irányát az alacsonyabb hőmérséklettől a magasabb hőmérséklet felé. Így az elektromos hőszivattyúk az épületek fűtésénél 100 kWh hőenergiát tudnak leadni kb. 20–40 kWh elektromos áram felhasználásával (EURELECTRIC, 2004). A hőforrás lehet levegő, föld vagy víz, valamint ipari vagy háztartási hulladék. Adam (2007) hangsúlyozza a geotermális hőszivattyúk felszerelésének fontosságát Magyarországon. Elméletileg a hőszivattyúkat bármilyen épületbe be lehet szerelni, de a valóságban vannak technikai korlátok, mint például hogy van-e lehetőség lefúrni a földbe az épület mellett, van-e hely a föld- vagy a vízszivattyú hurkának, és más hasonló problémák. Ezért egy hőszivattyú jó megoldás lehet családi házaknál, de valószínűleg nem célszerű soklakásos

épületeknél. A fenti korlátokat figyelembe véve feltételeztük, hogy lehetőség van hőszivattyúk felszerelésére kb. a családi házak felénél.

Rossz hír azonban az, hogy Magyarországon nagyon drága a hőszivattyúk felszerelése. Majdnem mindegyik hőszivattyú importból, főleg Németországból származik. Ezért ezt a lehetőséget nagyon nehéz megvalósítani egy átlagos magyarországi háztartásban. Egy föld-hőszivattyú átlagos becsült beruházási költsége 12900 euró/rendszer (EHPA, 2007), amiből kb. 11865 euró/rendszer jut a fűtésre (lásd a 3.9.11 részt). A teljesítmény-együttható (a termelt hő és a befektetett energia hányadosa) 3,0.

### **5.3.5 Kondenzációs gázbojlerek**

A fűtésre használt gázbojlerek és a gázkazánok esetében is 88% felett kell lennie a hatásfoknak a kondenzációhoz (Harvey, 2006). Egy kondenzációs bojler úgy terveztek, hogy több hulladékhőt nyerjen vissza, különösen a fosszilis tüzelőanyagok elégetése során képződött vízgőzből származó hőt. A hagyományos gázbojlerekkel szembeni nyilvánvaló előnyeik ellenére a kondenzációs bojlerek Közép-Európában nagyon kis piaci részesedéssel bírnak (Petersdorff et al., 2005). A gáztüzelésű fűtési rendszerek beszerelése a legnépszerűbb megoldás Magyarországon, és ezért a magas hatásfokú kondenzációs bojlerek értékesítésének ösztönzése hozzá fog járulni a jobb általános fűtési hatékonysághoz, és így a CO<sub>2</sub>-kibocsátások csökkentéséhez.

A modell céljaira két típusú kondenzációs gázbojlert vettünk figyelembe. Először, a kondenzációs bojlereket javasoltuk a soklakásos és ipari technológiával épített házak házközponti fűtéseinek hagyományos gázbojlereinek lecserélésére, a berendezésállomány forgási üteme szerint. Másodsor, a modellben kondenzációs bojlerekkel cserélnék le a hagyományos épületek és családi házak központi fűtésének szokásos gázbojlereit.

Petersdorff et al. szerint (2005) egy 97%-os fűtési hatékonyságú központi kondenzációs bojler becsült beruházási költsége 9950 EUR/rendszer. Háztartásonként további 500 euróra van szükség nagyobb radiátorok felszerelése végett<sup>17</sup>. A termelési katalógusok szerint (Saunier Duval, 2007) egy 97%-os fűtési hatékonyságú központi kondenzációs gázbojler becsült beruházási költsége kb. 1570 euró/rendszer, és további 500 EUR/lakás a nagyobb radiátorok miatt. Ugyanazon az alapon egy 97%-os hatékonyságú, egy önálló családi ház fűtésére és folyamatos melegvíz-ellátására használt központi kondenzációs gázbojler becsült beruházási költsége kb. 1860 EUR/rendszer, és ugyanígy kb. 700 euró/ház kell még a radiátorok felszerelésére. Kb. 2350 euró/ház esik a fűtésre, a maradék vízmelegítésre (lásd a 3.9.11 részt).

## **5.4 Fűtésszabályozók és -mérők**

Harvey (2006) becslése szerint a fűtés energiaköltségeit a modern szabályozók több mint 20%-kal csökkenthetnék. Ami különösen a CEE-régiót illeti, Živkovi et al. (2006) bemutatottak egy kísérletet, ahol a szerbiai távfűtéssel ellátott sztenderd panelépületekben hőáramlásmérőket és fűtésszabályozókat szereltek fel. Ezen épületek háztartásai ugyanazt a fix díjat fizették a fűtésért (a lakás méretétől függően) a hőáramlásmérők és szabályozók felszerelése előtt és után is. Csak a kényelmi igényeik szerint kellett változtatniuk a fűtést, pénzügyi ösztönzést nem kaptak. Noha az épületek szigetelése viszonylag jó (az U-értékek 0,7 és 0,9 W/m<sup>2</sup>K között vannak), a kísérlet azt mutatta, hogy a hőenergia iránti igény csökkenése 10,5–15% között volt az épülettől és a fűtési szezontól függően.

---

<sup>17</sup> A kondenzációs gázbojlerekhez kapcsolódó radiátoroknak nagyobbaknak kell lenniük, mint a hagyományos gázbojlerekhez kapcsolódóknak, mivel a kondenzációs rendszerben keringetett víz hőmérséklete alacsonyabb..

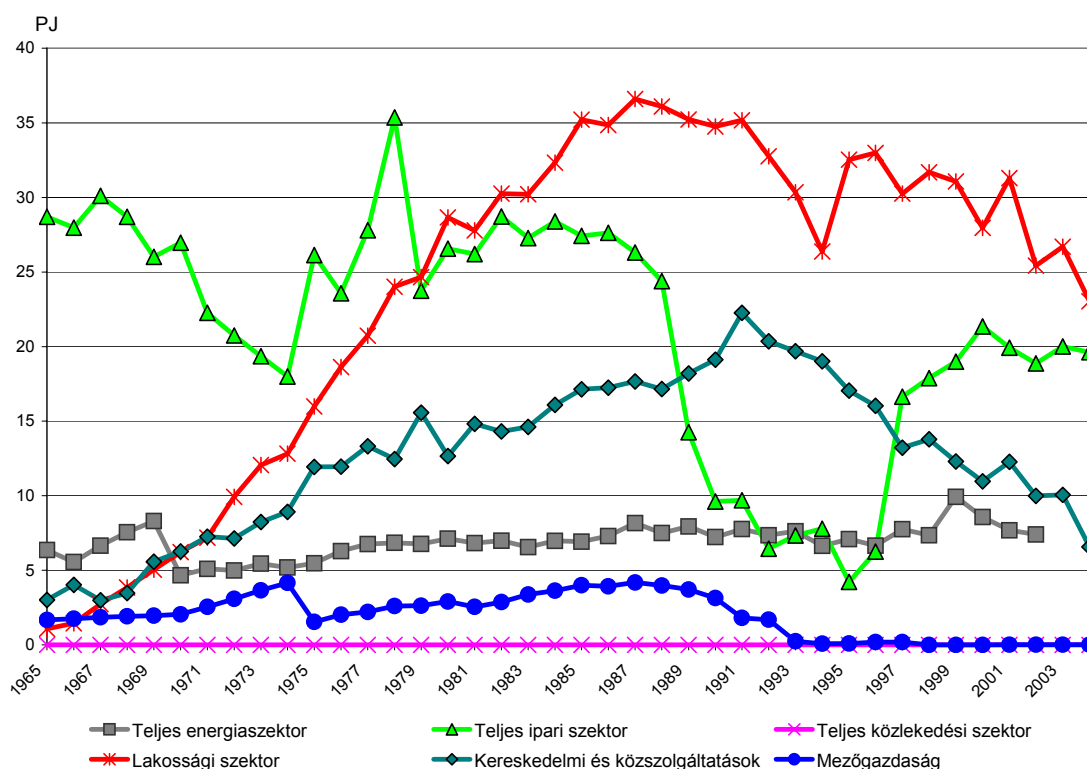


### 5.4.1 A szokásos üzletmenet forgatókönyve

A fűtésszabályozókat és az egyedi hőmennyiségmérőket tipikusan új, a piacon a legkorszerűbb fűtési rendszerekkel rendelkező otthonokba szerelik be, és nem az öreg házak lakásaiba. Ezért a BAU-forgatókönyv az 1990 előtt épült házaknál azt tételezi fel, hogy nem lesz fűtésszabályozó és egyedi hőmennyiségmérő felszerelve.

### 5.4.2 Egyedi hőmennyiségmérés

A távfűtött háztartásállomány a legnagyobb hőfogyasztó Magyarországon (lásd a 21. ábrát). Ennek oka nemcsak az ipari technológiával épített házak magas fűtőenergia-igénye (ami a távfűtött lakásoknál a legnagyobb rész), hanem az is, hogy nem lehet szabályozni a kívánt fűtésszintet, valamint hogy nem a ténylegesen elfogyasztott hőenergiát kell kifizetni<sup>18</sup>.



21. ábra: A hőfogyasztás Magyarországon 1965 és 2004 között - Forrás: az IEA (2004) és az IEA (2006a) alapján készült.

A külön hőcserélők és az egyes lakások egyedi hőmennyiségmérése lehetővé teszi, hogy a háztartások kényelmi szintjük és fizetőképességük szerint szabályozzák hőfogyasztásukat. Ez egy meglehetősen költséges lehetőség, ami szükségessé teszi a melegvíz-vezetékek átrendezését a lakáson belül, valamint új csövek, egyedi hőcserélők és hőmennyiségmérők beszerelését igényli. A szakértői interjúk alapján (Sigmond, 2007) a becsült hasznos energiamegtakarítás akár 20% is lehet, míg a beruházás teljes összege akár 2000 euró/háztartásra is rúghat. A hasznos energiamegtakarítás becslése azon a megfontoláson alapul, hogy tipikusan ki lakik a távfűtött lakásokban. Ezek általában vagy fiatal családok, akik számára a panelházak szociális lakásainak megvásárlása reális lehetőség, vagy pedig idősek, akik 20–30 évvel ezelőtt jutottak hozzá ezekhez a lakásokhoz. Mindkét esetben a háztartások az alacsony vagy közepes jövedelmű osztályba tartoznak, és így érdemes az energiaköltségeiket csökkenteni. Az első esetben valószínű, hogy a fiatalok legalább nyolc óra időtartamra elmennek dolgozni, és így erre az időszakra levehetik a fűtést. Ez kb. 30%-os

<sup>18</sup> Egy soklakásos épület által elfogyasztott hőmennyiséget általában az épületbe történő beérkezéskor mérik, és a kapcsolódó költségeket az alapterület szerint osztják el a háztartások között. Az épület által fogyasztott távfűtés költségeinek fele fix (mérettől függő költség), fele pedig az épület hőfogyasztásától függően változik.

megetakarítást eredményezhet az elfogyasztott fűtési energiában. Az idősebbek szinte mindig otthon tartózkodnak, és magasabb hőmérsékletet is igényelnek fizikai preferenciáik miatt. Számukra nagyon fontos, hogy takarékoskodjanak az energiával, hiszen a költségek nagyon magasak számukra, de valószínűleg csak szabályozással tudnának csökkenteni a fűtésen, feltételezhetően 10%-nyit. Ezen két jellemző háztartástípus becsült átlagos energiamegtakarítása a hasznos energiaigény 20%-a. A mérséklési forgatókönyvben azt feltételeztük, hogy a hagyományos és az ipari technológiával épített házak távfűtéses vagy házközponti fűtéses összes háztartásában egyedi hőcserélőket és hőmennyiségmérőket szerelnek fel 2025-ig, egyenletes ütemezéssel.

#### **5.4.3 Programozható szobai termosztátok**

A programozható szobai termosztátok felszerelése segít a szoba hőmérsékletének egy megadott szinten tartásában, például alacsonyabb és magasabb hőmérsékletekkel a lakásban való jelenlétől és életciklustól függően. Egy szobai termosztátot általában a ház legrepresentatívabb szobájában szerelnek fel. Az olyan háztartásokban, ahol az összes családtag dolgozik, ésszerű a fűtést reggel 9 és este 6 óra között levenni, és a termosztátot például 18°C-ra állítani este 11 és reggel 6 óra között. A MEEPH – Monitoring projekt (2007) ad egy olyan becslést, hogy ha a szoba hőmérsékletének 1°C-kal történő csökkentése a fűtési energia 5%-át (vagy többet) tudja megtakarítani.

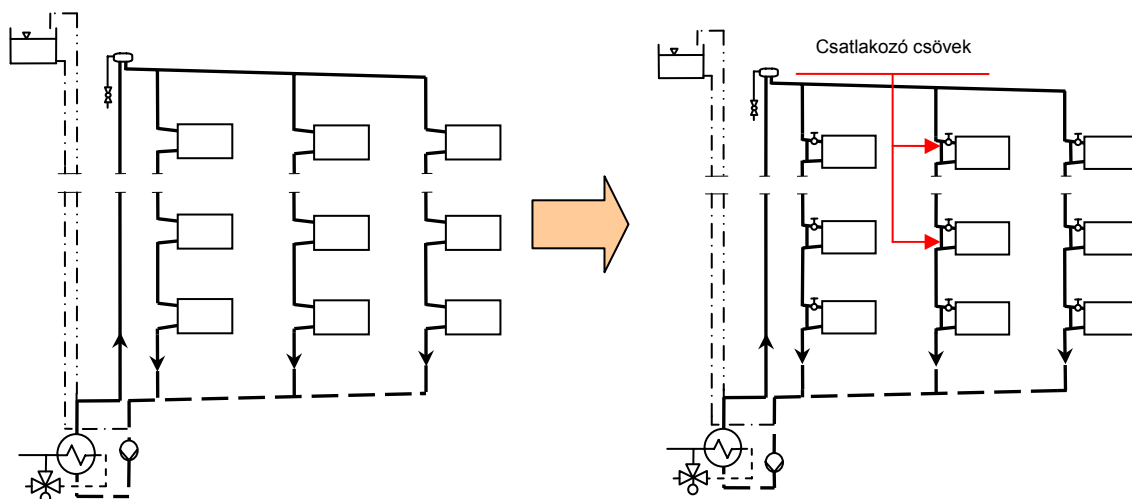
A modellben azt tételeztük fel, hogy egy programozható termosztát teljes tőke- és felszerelési költsége kb. 140 euró/háztartás (a Saunier Duval katalógus, 2007 alapján). A termosztátok becsült hasznos energiamegtakarítása a fűtés energiaigényének 5%-a a MEEPH – Monitoring (2007) honlapjának információi alapján. A mérséklési scenárióban azt feltételeztük, hogy az összes, ipari technológiával épített, hagyományos épületekben és családi házakban lévő, bármilyen fűtési rendszerrel (kivéve a szénrel és hagyományos biomasszával) fűtött otthonban lesznek termosztátok 2025-ig.

#### **5.4.4 Termosztátos radiátorszelepek**

Míg a modellben a szobai termosztátok felszerelése volt a lakások fűtési rendszereiben a legjobb szabályozási lehetőség, addig a termosztátos radiátorszelepek (TRSZ-ek) felszerelését gondoljuk a legmegfelelőbb megoldásnak a távfűtéssel és házközponti fűtéssel biztosított elfogyasztott hőmennyiség szabályozására. A TRSZ-ek radiátorokon keresztül szabályozzák a hőáramlást, és lehetővé teszik, hogy a háztartások a szobákban eltérő kívánt fűtési szintet állítsanak be.

A TRSZ-ek felszereléséből származó becsült energiamegtakarítás a fűtési hasznos energiaigény 10%-a (Živkovi et al. (2006) által leírt kísérlet alapján). Ez az érték a fentebb említett szerbiai épületeknél elvégzett kísérleten alapul. A kísérlet és a TRSZ-ek felszerelésének hasonlósága az, hogy lehetőség van a különböző szobák hőmérsékletének kényelmi szempontú szabályozására anélkül, hogy ennek hatása lenne az energiaköltségekre. A mérséklési forgatókönyvben azt feltételeztük, hogy a hagyományos és az ipari technológiával épített házak távfűtéses vagy házközponti fűtéses összes háztartásában TRSZ-eket szerelnek fel 2025-ig, egyenletes ütemezéssel.

Feltételeztük, hogy a TRSZ-ek felszerelési költsége lakásonként kb. öt radiátorra (átlagos becsült érték) kb. 100 euró/háztartás, ha nem vesszük bele a radiátorhálózatban történő csatlakoztatáshoz szükséges csöveket (ez kb. a lakások felénél lehetséges), és kétszer ekkora összeg, ha a lakásban szükség van csatlakoztató csövekre (a lakások másik fele). A 22. ábra jól illusztrálja a plusz csatlakozó csövek beszerelésének szükségességét. Sok magyarországi soklakásos házban gyakori az olyan tervezés, hogy a forró víz a sorban kötött radiátorokon halad át (a legfelső emelettől a legalsó szintig), és a TRSZ-ek felszerelése, mely a felesleges hőáramlást hivatott megakadályozni, egyben el is zárná a következő háztartás felé irányuló hőáramlást. A költségbecslések a termelési katalógusokon (Megatherm, 2007; Danfoss, 2007) és személyes interjúkon (Sigmond, 2007; Kovacsics, 2007) alapulnak.



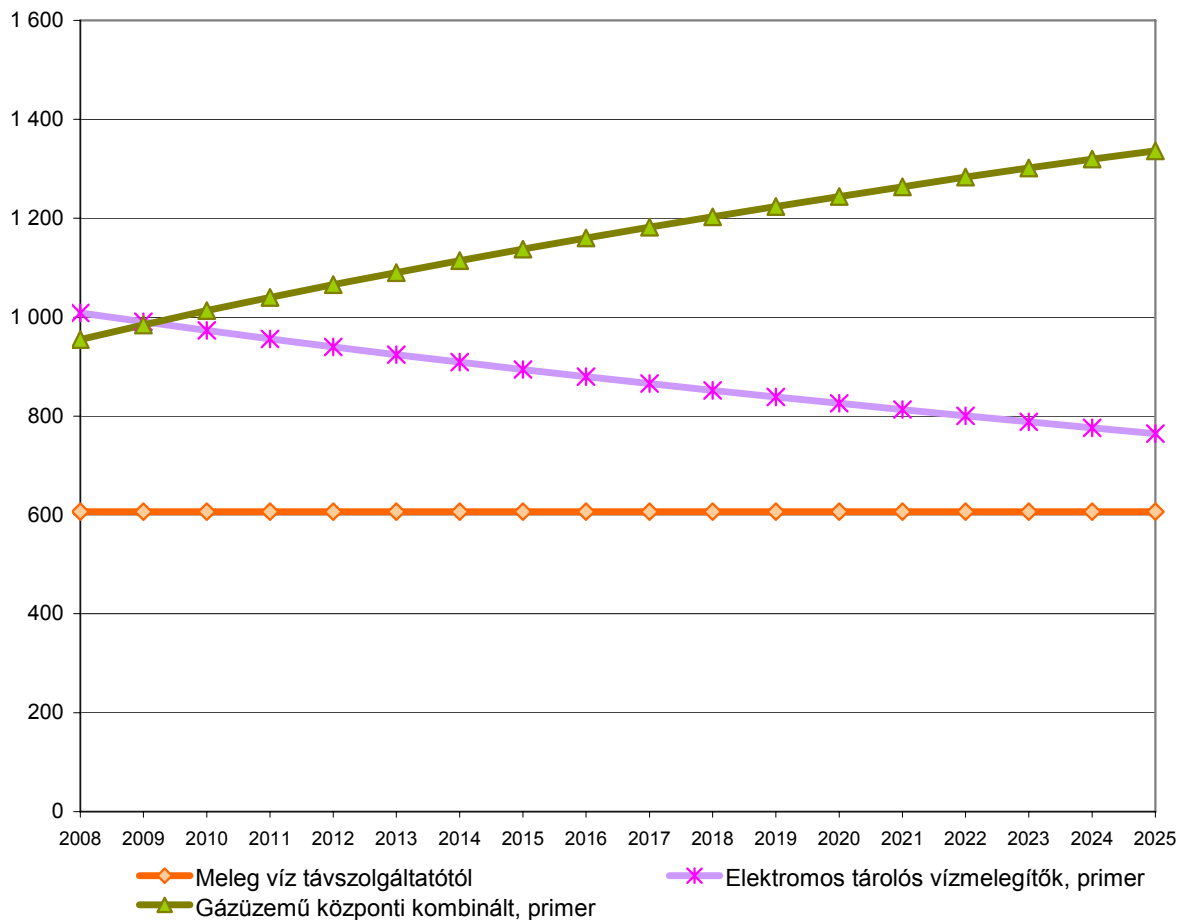
**22. ábra:** Egy sorban kötött, egycsöves, felső elosztású melegvíz-elosztó rendszer sémája a TRSZ-ek és a csatlakozó csövek beszerelése előtt és után - Forrás: Sigmond (2007) révén

## 5.5 Lehetőségek a háztartási vízmelegítés hatékonyságának javítására

A fűtés után a lakossági szektorban a legnagyobb energia-végfelhasználó a háztartási meleg víz előállítása. A vízmelegítés hatékonysága a fűtésénél is alacsonyabb, és jelentős energiamegtakarításra ad lehetőséget. A meleg víz előállítására és tárolására fordított primer energia egy átlagos 3 fős háztartásban kb. 3–5-szöröse a háztartás tagjai által elfogyasztott meleg víz tényleges energiatartalmának (SAVE, 2001a). A veszteségek forrásai: a vízmelegítő készülékek/rendszer, az elosztórendszer, a csapok és más források fajtái. A SAVE (2001a) becslése szerint a háztartási vízmelegítő készülékek gazdasági és technikai potenciálja kb. a 20–35%-os sávban van, figyelembe véve azokat a hatékonysági lehetőségeket, ahol a megtérülési idő nem több 10 évnél, mivel a technikai potenciál kb. 50%.

A csak vízmelegítésre használt berendezések, a fűtési rendszerrel közös vízmelegítő berendezések állományát, valamint a távrendszerből és házközponti rendszerből meleg vizet kapó háztartások számát olyan források alapján becsültük, mint a KSH (2006a), Kemna et al., (2007), a kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek becslésének leírása a 4.2 és az 5.3 részben található. A 23. és a 24. ábra mutatja a becsült állományt a három fő (a vízmelegítő berendezések száma szerint), valamint a többi vízmelegítési lehetőségre.

Ezer készülék (meleg víz távszolgáltatótól - ezer háztartás)



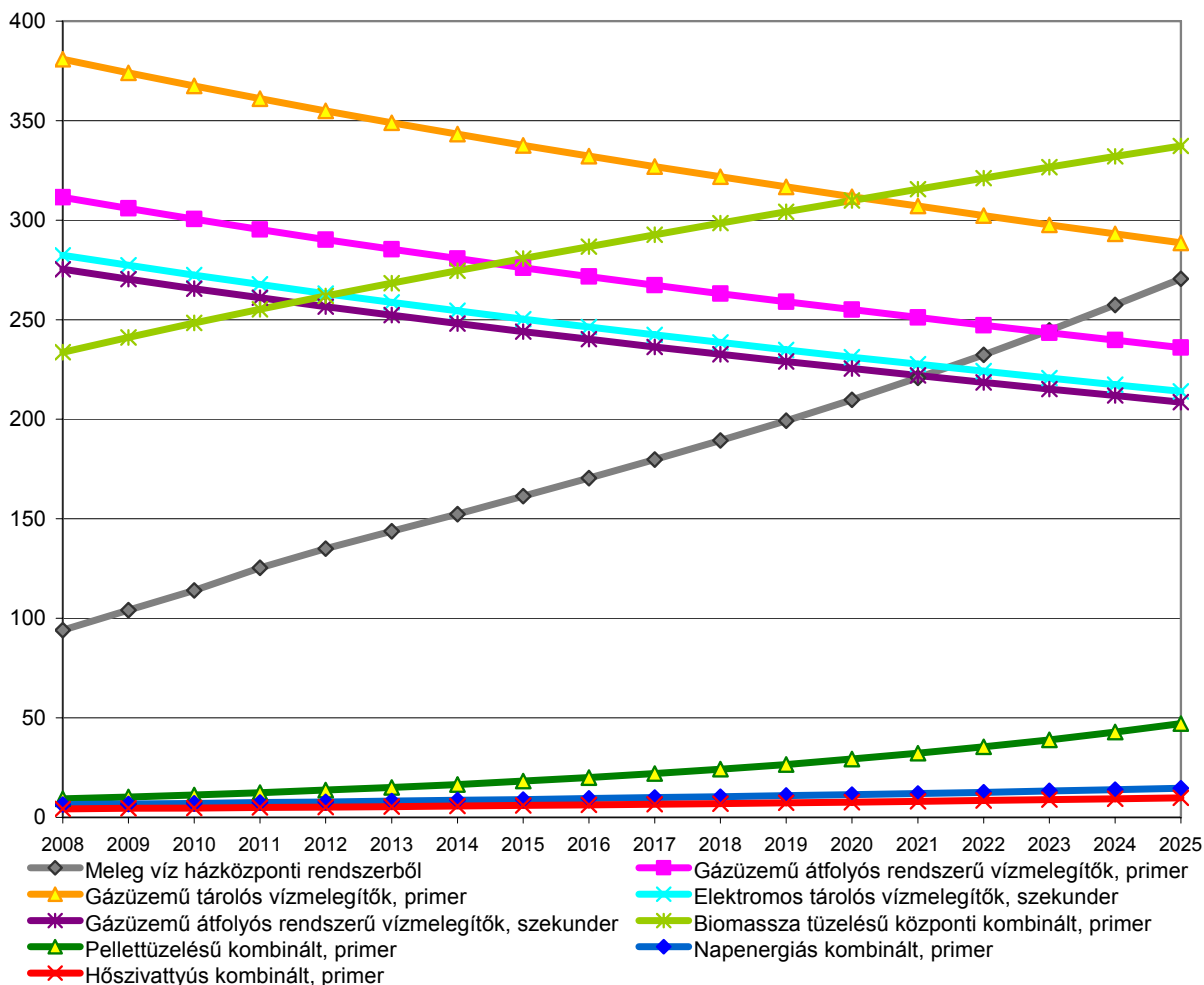
**23. ábra:** A csak vízmelegítésre használt berendezések, a fűtési rendszerrel közös vízmelegítő berendezések becsült állománya, valamint a távrendszerből és a házközponti rendszerből meleg vizet kapó háztartások becsült száma, 1. rész – a három fő mód (a rendszerek száma szerint) - Forrás: az 5.5 rész elején felsorolt feltételezéseken és forrásokon alapuló becslés

Magyarországon régi hagyománya van a hazai vállalatok által gyártott elektromos és gázüzemű tárolós bojlerok használatának<sup>19</sup>. Az (általában importból származó) primer elektromos átfolyós rendszerű vízmelegítők részaránya nem jelentős<sup>20</sup>, azonban a másodlagos gázüzemű átfolyós rendszerű vízmelegítők kismértékben jelen vannak. Amint a 23. és a 24. ábra mutatja, várható, hogy a háztartások a kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek beszerelését fogják preferálni, és az ilyen rendszerek fel fogják váltani a csak vízmelegítésre szolgáló berendezéseket. Ennek a trendnek köszönhetően a háztartásokban nem lesz szükség kiegészítő másodlagos vízmelegítésre. A becslések összhangban vannak az átfogó európai trendekkel, melyek szerint az elektromos tárolós vízmelegítők és a gázüzemű átfolyós és tárolós vízmelegítők értékesítése csökkenni, a kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek értékesítése pedig nőni fog (SAVE, 2001a).

<sup>19</sup> A tárolós vízmelegítő egy víztartály, ami állandó hőmérsékletet tart egy égőfej segítségével, ami akkor lobban be, amikor a tartály hőmérséklete a termosztáton beállított érték alá süllyed (MEEPH – Monitoring, 2007).

<sup>20</sup> Az átfolyós rendszerű vízmelegítő olyan berendezés, ahol az égőfej akkor lobban be, amikor a használó kinyitja a csapot (MEEPH – Monitoring, 2007).

Ezer készülék (meleg víz házközponti rendszerből - ezer háztartás)



**24. ábra:** A csak vízmelegítésre használt berendezések, a fűtési rendszerrel közös vízmelegítő berendezések becsült állománya, valamint a távrendszerből és a házközponti rendszerből meleg vizet kapó háztartások becsült száma, 2. rész – a három fő módtól eltérő módok (a rendszerek száma szerint) - Forrás: az 5.5 rész elején felsorolt feltételezéseken és forrásokon alapuló becslés

A vízmelegítési technológiák széles választéka megtalálható a magyar piacon. Ezek közül a CO<sub>2</sub>-mérséklési potenciál felszabadításához a következők a legfontosabb lehetőségek:

- (i) hatékonyabb és jobban szigetelt elektromos és gázüzemű tárolós vízmelegítők használata;
- (ii) jobb tartály nélküli átfolyós rendszerű vízmelegítők használata, melyek közelebb vannak a használat helyéhez, ezzel kiküszöbölve a készenléti és csökkentve az elosztási hővesztéseket;
- (iii) napenergiával és biomasszával (pellet) működő bojlerrekapcsolódó fejlett rendszerek és hőszivattyúk használata.

A vízmelegítésnél a CO<sub>2</sub>-csökkentést szolgáló egyéni lehetőségek magukban foglalják a korszerűbb kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerekre történő átállást, amint arról már szó esett az 5.3 részben, valamint a hatékonyabb csak vízmelegítésre használt rendszerekre való cserét.

### 5.5.1 A szokásos üzletmenet forgatókönyve

A csak vízmelegítésre használt rendszerek hatékonysági adatainak az alap- és a mérséklési szcenárióban, valamint a kapcsolódó beruházási költségek becslésének alapja Kemna et al. (2007). A fűtési rendszerekhez kapcsolódó vízmelegítők hatékonysági és költségadatainak forrása az 5.3

részben van felsorolva. A BAU-hatékonyságokról és a költségekről (a fejlettebb lehetőségekhez viszonyítva) részletesebben az 5.5.2–5.5.4 fejezetekben lehet olvasni.

### **5.5.2 Jobb elektromos tárolós bojlerok**

Az elektromos tárolós vízmelegítő az egyik leggyakoribb vízmelegítési megoldás Magyarországon. A meglévő állomány átfogó rendszerhatékonysága 65%-ra becsült mind a primer, mind a szekunder elektromos tárolós vízmelegítőknél.

A Kemna et al. (2007) által bemutatott piaci adatok alapján feltételeztük, hogy egy tipikus primer elektromos bojler 120, míg egy tipikus másodlagos bojler pedig 30 liter térfogatú. A BAU-szenárióban az elektromos tárolós bojlerok becsült fűtési hatékonysága 100%, a készenléti veszteségek kb. 548 kWh/év, illetve 244 kWh/év a primer és a szekunder bojleroknál. A mérséklési szenárióban azt feltételeztük, hogy a háztartások képesek lesznek primer elektromos tárolós bojlereiket kisebbre, 80 literesre lecserélni (ennek alapjául olyan megfontolások szolgáltak, miszerint ha egy háztartásban átlagosan 2,5 ember van, akkor a napi melegvíz-fogyasztás kb. 65 liter). A piacon elérhető, ugyanilyen fűtési hatékonyságú vízmelegítési megoldásoknál a készenléti veszteség kb. 288 kWh/év, illetve 179 kWh/év a primer és a szekunder bojleroknál. A primer és a szekunder bojlerok becsült beruházási költsége kb. 115 euró (30 liter) és 275 euró (120 liter) berendezésként a BAU-szenáriónál, és kb. 120 euró (30 liter) és 220 euró (80 liter) berendezésként a mérséklési szenáriónál.

### **5.5.3 Jobb gázüzemű tárolós és átfolyós rendszerű vízmelegítők**

A meglévő berendezésállomány becsült átfogó rendszerhatékonysága 55% a primer gázüzemű átfolyós rendszerű vízmelegítőknél, 45% a primer gázüzemű tárolós vízmelegítőknél, és 50% a szekunder gázüzemű átfolyós rendszerű vízmelegítőknél.

A BAU- és a mérséklési szenáriókban modellezett gázüzemű hagyományos és kondenzációs tárolós bojleroknál a melegítési hatékonyság 85% és 97%, a készenléti veszteség pedig kb. 960 kWh/év és 471 kWh/év. A hagyományos és a kondenzációs gázüzemű tárolós bojlerok becsült beruházási költsége 340, illetve 460 euró/rendszer.

A BAU-szenárióban megvásárolt hagyományos gázüzemű átfolyós rendszerű vízmelegítők becsült hatékonysága 78%, szemben a mérséklési forgatókönyv kondenzációs vízmelegítők 97%-os értékével. A beruházási költség kb. 310 euró és 190 euró a primer és szekunder BAU átfolyós rendszerű vízmelegítőknél, szemben a mérséklési szenárióban modellezett kondenzációs primer és szekunder átfolyós rendszerű vízmelegítők 420 és 260 eurójával.

### **5.5.4 Napenergiához, biomassza-tüzelésű (pellet) bojlerokhoz kapcsolódó vízmelegítés, hőszivattyúk**

A kombinált rendszerű vízmelegítés átfogó rendszerhatékonyságát Kemna et al. (2007) alapján 50–55%-ra becsültük attól függően, hogy kombinált rendszerről van-e szó, vagy pedig a víz melegítése a közvetett hengerben történik. A BAU-forgatókönyv azt feltételezi, hogy az állomány forgása miatt szokásos, fűtésre és vízmelegítésre használt gáz- és biomassza-tüzelésű bojlerok vannak beszerelve a csak vízmelegítésre használt berendezések helyett. A mérséklési szenárióban azt feltételeztük, hogy a referenciatechnológia helyett a háztartások inkább kondenzációs gázbojlereket vagy pelletbojlereket, vagy pelletbojlerrel megtámogatott napenergiás rendszereket vagy hőszivattyúkat szerelnek be fűtési és vízmelegítési célra. Ezen referencia- és a kibocsátás-csökkentési technológiák elterjedtségi aránya ugyanaz, mint ami a fűtésről szóló rész megfelelő fejezeteiben megtalálható (lásd a 5.3 fejezetet).

A kombinált rendszerek fűtési hatékonyságáról a fűtésről szóló részben esik szó. A kombinált vízátfolyós rendszerű bojlerok készenléti és egyéb energiavesztesége kb. 210 kWh/év; azoknál a

rendszereknél, ahol van tárolótartály (biomassza-tüzelésű bojlerok és napenergiás rendszerek), ez kb. 470 kWh/év. A hőszivattyúknál a becsült készenléti veszteség az energiainput 5%-a Kemna et al. szerint. (2007). A kombirendszerek beruházási költségei megtalálhatók az 5.3 részben, és – mint ahogyan az le van írva a módszertannál (3.9.11 fejezet) – kb. a teljes beruházási költség 13%-át teszik ki.

## **5.6 A vízigény csökkentésének lehetőségei**

### **5.6.1 Víztakarékos szerelvények**

Ugyanazok a tevékenységek és higiénias folyamatok gyakran sokkal kevesebb meleg víz elhasználásával is megoldhatóak anélkül, hogy a kényelmi szint csökkenne. A zuhanyzáshoz és mosáshoz használt meleg víz mennyiségének legalább 2. faktorú csökkentése lehetséges, ha hatékonyabbra cseréljük le a szokásos szerelvényeket (Harvey, 2006). A szerző szerint a kis folyásmennyiségű szerelvények felszerelése a zuhanyokra és csapokra a vízhasználatot 10–20 és 10–20 liter/percről 5–10 és 2–8 liter/percre csökkenti.

Harvey (2006) becslései alapján feltételeztük, hogy a kis folyásmennyiségű csapok és zuhanyfejek mintegy felére csökkentik a vízigényt a táv- és házközponti vízellátó rendszerrel rendelkező háztartásokban, ahol átfolyós rendszerű vízmelegítő berendezések vannak. A tárolós vízmelegítőknél a meleg víz energiájánál realizált megtakarítások részben elvesznek azzal, hogy a meleg víz tartályban tárolódik (Harvey, 2006), ezért azt feltételeztük, hogy az ilyen berendezésekkel rendelkező háztartásokban a víztakarékos szerelvények kb. 25%-ot takarítanak meg. A termékárlista (ORIS Consulting, 2007) alapján egy szerelvény átlagos beruházási költsége kb. 30 euró. Bár e fontos és egyszerű lehetőséget évek óta ismerik (lásd például Szilágyi et al. (1998) becsléseit), nem túl gyakori az ilyen korszerűsítés a magyarországi háztartásokban. Ezért tételeztünk fel a BAU-forgatókönyvben zéró elterjedtségi arányt, míg a mérséklési forgatókönyv feltételezi, hogy az összes vízmelegítő rendszerrel és berendezéssel felszerelik a kis folyásmennyiségű szerelvényeket 2025-ig.



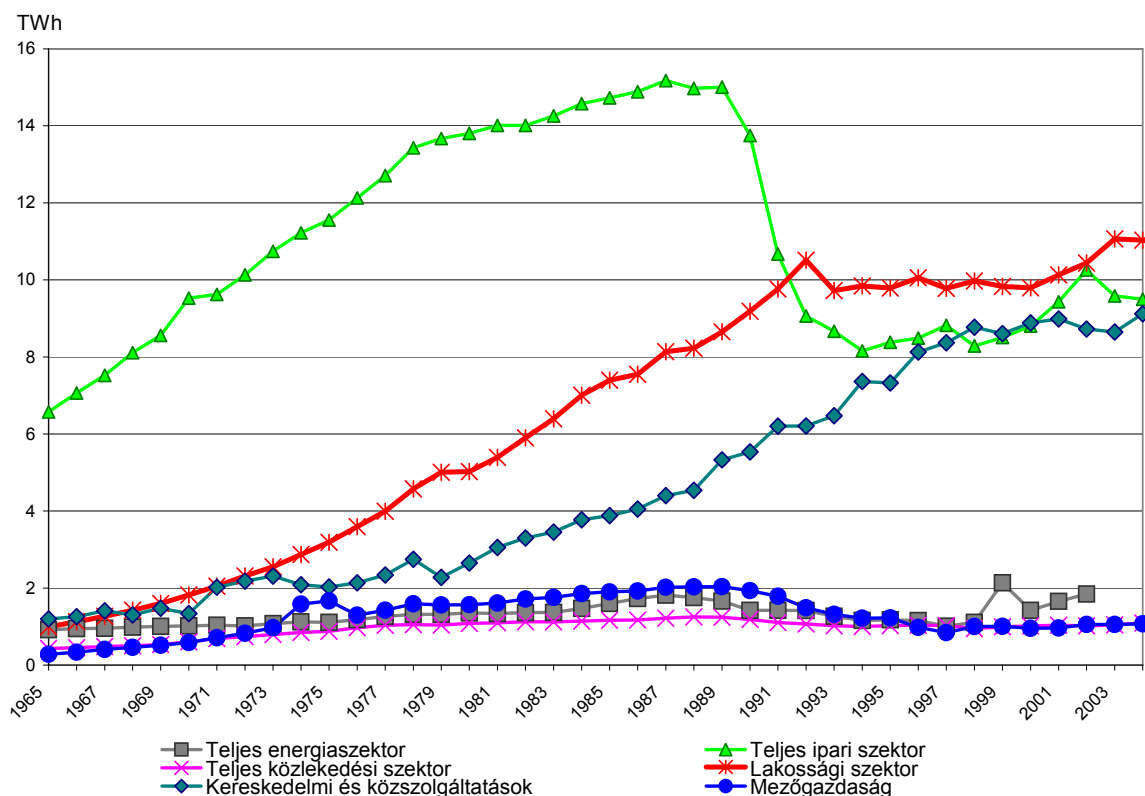


## 6 ALAPFORGATÓKÖNYVBELI ÉS MÉRSÉKLÉSI LEHETŐSÉGEK: ELEKTROMOS HATÉKONYSÁG

Ez a fejezet azokat az energia-végfelhasználásokat tanulmányozza, amelyek elterjedtebbek, és amelyek a lakossági szektor által felhasznált végső energia nagy részét fogyasztják el. A hőenergiával ellentétben az áramfogyasztás várhatóan nőni fog a magyar lakosság növekvő vásárlóerejének, a kényelem iránti igénye növekedésének, az egyre elfoglaltabb életstílusnak, a készülékek szélesedő kínálatának és egyéb tényezőknek köszönhetően. A nagyobb hatékonyságú készülékekre való áttérés gyorsabban és könnyebben eredményezhet CO<sub>2</sub>-megtakarítást, mint a szigetelés vagy a fűtési technológiák felszerelése. Ezt az a tény támasztja alá, hogy a készülékeket olyan elektromos áram működteti, mely jelentős termelési és elosztási veszteséggel bír, és rövidebb az élettartamuk is, így a készülékek cseréjének üteme nagyobb.

### 6.1 Elektromosenergia-fogyasztás a lakossági szektorban

A lakossági és a kereskedelmi az a két szektor Magyarországon, mely stabilan növeli az elektromosáram-fogyasztását az elmúlt 40 év során (25. ábra). Az 1994 és 2004 közötti időszakban a magyar lakossági elektromosáram-fogyasztás átlagosan 1,1%-kal nőtt évente. Ez megnövelte a CO<sub>2</sub>-kibocsátást is: évi 3,6 millió tonna volt 1994-ben, és ez a szám 2004-re elérte az évi 4,0 millió tonnát.



**25. ábra:** A végfelhasználói szektorok elektromosáram-fogyasztása Magyarországon 1965 és 2004 között - Forrás: az IEA (2004) és az IEA (2006a) alapján készült.

Még a World Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2030 (Kitekintés a világ energia-, technológia- és éghajlat-politikájára 2030-ig; Kutatási Főigazgatóság, 2003) szerint is a háztartási készülékek és világítóttestek hatékonysága növekszik, és várható, hogy az elektromos készülékek jelentősen megnövelik a európai energiafogyasztást. Ez a következő trendek eredménye (Bertoldi és Atanasiu, 2007):

- i. A „hagyományos” készülékek nagyobb elterjedése (pl. mosogatógépek, szárítógépek,

légkondicionáló berendezések, számítógépek), ami még mindig nagyon messze van a telítettségtől.

- ii. Új készülékek és eszközök bevezetése, különösen a fogyasztási elektronikai és informatikai és kommunikációs berendezések (DVD-lejátszók, széles sávú készülékek, vezeték nélküli telefonok stb.), melyek áramfogyasztása jelentős a készenléti üzemmódban.
- iii. A „hagyományos” berendezések megnövekedett használata: több televíziózással eltöltött óra, több számítógépezéssel eltöltött óra (főleg a megnövekedett internethasználatnak köszönhetően), több mosás és melegvíz-használat.
- iv. Az azonos funkciójú készülékek számának növekedése (kettő vagy három), főleg tévékészülék vagy hűtő-fagyasztó berendezés.
- v. Nagyobb családi házak vagy lakások, melyek nagyobb világítási, fűtési és hűtési igényt eredményeznek.
- vi. Az öregedő népesség, akik magasabb benti hőmérsékletet igényelnek télen, alacsonyabbat nyáron, és idejük nagy részét a lakásban töltik.

## 6.2 A szokásos üzletmenet (BAU) scenáriója

A BAU forgatókönyv modellezése esetén a legfőbb feltételezés az, hogy az elektromos készülékek és világítótestek intenzitási és elterjedési rátáját Magyarországon a jelenleg megvalósított uniós címkézési és szabványosítási programok irányítják. A mérséklési forgatókönyv esetében az a feltételezés, hogy a megvásárolt készülékeket a (jelenleg ismert és becsült) lehető legjobb technológia jellemzi, mely a tervezett évben elérhető lesz a piacon. Feltételeztük, hogy a BAU költségei reálértékben és a legjobb elérhető készülékek nem változnak az idők során, azaz a jelenlegi hatékony készülékek olcsóbbak lesznek a jövőben, és az újonnan megjelenő hatékony készülékek megérik az árukat. A BAU forgatókönyv szerint vásárolt készülékek és világítótestek hatékonyságát és költségeit a 6.3–6.6 fejezetben mutatjuk be, részletesen összehasonlítva a hatékonyságukat.

## 6.3 Hatékony hűtőberendezések (hűtők és fagyasztók)

Az elmúlt idők jelentős fejlesztései ellenére a hűtőberendezések hatékony fejlesztését illető potenciál még messze nincs kimerítve, és még mindig úgy tekintünk rájuk, mint a legnagyobb árammegtakarítási lehetőségekre. Bertoldi és Atanasiu (2007) becslése szerint az EU-piacon a minimum energiateljesítményű szabványok bevezetését követően a hűtőberendezéseknél egy 27%-os nettó hatékonyságjavulás volt látható a címkézési hatékonysági szintek előtti állapottal összehasonlítva. Ez a hűtőberendezések áramfogyasztásában csökkenést eredményezett, az 1990 és 1992 közötti 450 kWh éves mennyiségről évi kb. 264 kWh-ra. Ezekben a megtakarításokon felül Bertoldi és Atanasiu (2007) még azt feltételezik, hogy a hűtőberendezések árammegtakarításainak költséghatékonyság-aránya 40–50%-a az összes meglévő potenciálnak a lakossági áramfogyasztás esetében.

Egy 2005-ben eladott átlagos kivitelű hűtőberendezésnek – a magyar piacon – az energiahatékonysági indexe (IEE<sup>21</sup>) hűtőgép esetében 0,62, a fagyasztó esetében pedig 0,80 volt (mindkét berendezés A és B energiasztály közötti), míg a legjobb hűtő- és fagyasztómodellek a piacon A++ EEI 0,30 alatt jelzéssel voltak ellátva (Bertoldi és Atanasiu, 2007). Az EU címkézési és szabványosítási programja (ADEME 2000) felülvizsgálatának háttér-dokumentációja szerint a legalacsonyabb technikailag elérhető energiahatékonysági index hosszú távon 0,16–0,18 lesz a hűtőgépek, míg 0,19–0,23 a kombinált hűtő-fagyasztógépek és 0,22–0,26 a fagyasztógépek

---

<sup>21</sup> A piacon 1992-ben a magyarországi hűtőberendezések energiahatékonysági indexe (EEI) 102 volt egy átlagos modell esetében.

esetében. Ezek az indexek a 2025-ös mérséklési scenárióhoz lettek megállapítva mint potenciális célok. A BAU IEE-t az ADEME (2000) jelentés scenáriója alapján becsülték meg, ami figyelembe veszi az EU címkézési rendszerét, a minimum energiateljesítményű szabványt és a flottacélokat, melyek nagyon közel vannak a jelenlegi szinthez. A hűtő- és fagyasztóberendezésekre vonatkozó modell-inputmutatók összegzését a 19. és a 20. táblázat mutatja be.

**19. táblázat: A magyarországi hűtőgéppállomány technikai és pénzügyi paraméterei**

Inputparaméterek	Mértékegységek	2008	2025	Források és megjegyzések
A háztartások felszereltségi aránya	háztartás (%)	96%	107%	Az ODYSSEE, 2007 és a CECED, 2001 alapján becsülve
Élettartam	év	20	20	Meli, 2004 alapján becsülve
BAU forgatókönyv IEE, eladott készülékek		0,59	0,40	Bertoldi és Atanasiu (2007) és ADEME (2000) alapján becsülve
Mérséklési forgatókönyv IEE, eladott készülékek		0,38	0,17	Bertoldi és Atanasiu (2007) és ADEME (2000)
A beüzemelt állomány egységnyi energiafogyasztása (UEC)	kWh/év	366	366	REMODECE, 2007
BAU forgatókönyv UEC, eladott készülékek	kWh/év	185	127	A fenti mutatók alapján becsülve
Mérséklési forgatókönyv UEC, eladott készülékek	kWh/év	120	54	A fenti mutatók alapján becsülve
A BAU esetében értékesített készülékek ára	euró/darab	321	321	Bertoldi és Atanasiu (2007) alapján becsülve
A mérséklési forgatókönyv esetében értékesített készülékek ára	euró/darab	408	408	Bertoldi és Atanasiu (2007) alapján becsülve

**20. táblázat: A magyarországi fagyasztókészülék-állomány technikai és pénzügyi paraméterei**

Inputparaméterek	Mértékegységek	2008	2025	Források és megjegyzések
A háztartások felszereltségi aránya	háztartás (%)	70%	70%	Az ODYSSEE, 2007 és a CECED, 2001 alapján becsülve
Élettartam	év	25	25	Meli, 2004 alapján becsülve
BAU forgatókönyv IEE, eladott készülékek		0,69	0,38	Bertoldi és Atanasiu (2007) és ADEME (2000) alapján becsülve
Mérséklési forgatókönyv IEE, eladott készülékek		0,42	0,22	Bertoldi és Atanasiu (2007) és ADEME (2000) alapján becsülve
Az üzembe helyezett állomány egységnyi energiafogyasztása (UEC)	kWh/év	1075	1075	REMODECE, 2007
BAU forgatókönyv UEC, eladott készülékek	kWh/év	297	161	A fenti mutatók alapján becsülve
Mérséklési forgatókönyv UEC, eladott készülékek	kWh/év	180	94	A fenti mutatók alapján becsülve
A BAU esetében értékesített készülékek ára	euró/darab	318	318	Bertoldi és Atanasiu (2007) alapján becsülve
A mérséklési forgatókönyv esetében értékesített készülékek ára	euró/darab	403	403	Bertoldi és Atanasiu (2007) alapján becsülve

## 6.4 Energiatakarékos mosógépek

Magyarországon 2005-ben a mosógépeknél az eladott készülékek súlyozott átlagos energiahatékonysági indexe<sup>22</sup> (IEE) 0,24 kWh/kg (az A és B energiasztály közöttiek) (Bertoldi és Atanasiu, 2007). A BAU IEE az EU címkézési programja és a mosógépekre vonatkozó célok (SAVE, 2001b) felülvizsgálatának háttér-dokumentációja szerint lett megbecsülve. Nem veszik figyelembe a 2004-es uniós címkézési irányelvet és a flottacélra vonatkozó CECED-kötelezettségvállalást. A mérséklési forgatókönyv szerint jelenleg jelentős potenciál van a hatékonyság javítására a piacon fellelhető átlagos és legjobb modell között (A++). A jövő nagy potenciált rejt az árammegtakarítást illetően az alacsony hőmérsékleten történő mosásra való áttéréssel, amit a jobb mosószeres és mosási technikák tesznek lehetővé. A SAVE (2001b) becslése szerint a legalacsonyabb technikailag

<sup>22</sup> A mosógépek esetében az EEI-n az egy kilogrammnyi ruha mosásához felhasznált energiát értjük egy normál 60 °C-os gypajúmosási programnál (kWh/kg).

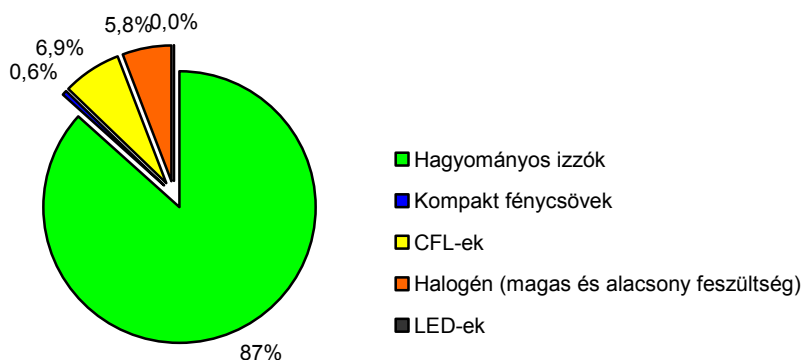
elérhető IEE hosszú távon 0,085 40 °C-os mosás esetén, ami a 2025-re megállapított potenciális cél. A mosógépekre vonatkozó modellbeli inputmutatók összegzését a 21. táblázat mutatja be.

**21. táblázat: A magyarországi mosógépállomány technikai és pénzügyi paraméterei**

Inputparaméterek	Mértékegységek	2008	2025	Források és megjegyzések
A háztartások felszereltségi aránya	háztartás (%)	77%	100%	Az ODYSSEE (2007) alapján becsülve
Élettartam		25	25	Meli, 2004 alapján becsülve
BAU forgatókönyv IEE, eladott készülékek	kWh/kg	0,20	0,19	Bertoldi és Atanasiu (2007) és a SAVE (2001b) alapján becsülve
Mérséklési forgatókönyv IEE, eladott készülékek	kWh/kg	0,16	0,09	Bertoldi és Atanasiu (2007) és a SAVE (2001b) alapján becsülve
Az üzembe helyezett állomány egységnyi energiafogyasztása (UEC)	kWh/év	124	124	REMODECE, 2007
BAU forgatókönyv UEC, eladott készülékek	kWh/év	109	101	A fenti mutatók alapján becsülve
Mérséklési forgatókönyv UEC, eladott készülékek	kWh/év	84	46	A fenti mutatók alapján becsülve
A BAU esetében értékesített készülékek ára	euró/darab	325	325	Bertoldi és Atanasiu (2007) alapján becsülve
A mérséklési forgatókönyv esetében értékesített készülékek ára	euró/darab	386	386	Bertoldi és Atanasiu (2007) alapján becsülve

## 6.5 Hatékony világítótestek

2004-ben Magyarországon a világításra fordított áramfogyasztás a teljes lakossági áramfogyasztás 25%-át tette ki (Bertoldi és Atanasiu, 2007). A növekvő világítási piac főbb trendjeit többek között a nagyobb házak és lakások, a díszítőlátás és a divat határozzák meg (Slek, 2004). A volfrám izzószálas lámpa hatékonysága látható fény formájában körülbelül 5%-a az inputenergiának, mégis ez a technológia a legelterjedtebb Magyarországon. A halogéngáz-töltetű izzólámpák, melyek másfélszer-háromszor hatékonyabbak, mint a hagyományos izzólámpák, szintén nagyon széles körben használatosak a magyar háztartásokban. A kompakt fénycsövek (CFL) az inputenergia mintegy 28%-át adják át látható fény formájában, és jelenleg ez a legjobb elérhető technológia a magyar piacon. Egy tipikus magyar háztartás 18 világító pontja közül átlagosan még mindig csak egy a CFL. A 2007-ben Magyarországon üzemeltett hat legtöbbet fogyasztó izzó szerkezetét a 26. ábra mutatja be.



**26. ábra: Az üzembe helyezett izzóállomány szerkezete a magyarországi háztartásokban 2007-ben - Forrás: a REMODECE (2007) előzetes adatai alapján készült**

Amint azt az EURELECTRIC (2004) is jelzi, még mindig számos módja van a kompakt világítótestek fejlesztésének, mint például a feszültségváltozás csökkentése, a színvisszaadás javítása, gyorsabb felizzás, a felkapcsolások számának növelése és egyéb jellemzők. A jelen dokumentum szerint a világítótestek nem elegendő számát tervezik speciálisan kompakt fénycsövekre (CFL). A világítótestek átlagos cserélődési ütemének eredményeképpen (az adatok az EU, EURELECTRIC, 2004 jelentéséből származnak) a CFL-k elterjedési rátája korlátozott. Ez a dokumentum csak a leginkább használatban lévő izzólámpák CFL-re való lecserélését becsli, de a

kompakt világítótестek (CFL) használatából eredő árammegtakarítás potenciálja túlmutat ezen a lehetőségen, igaz, számos piaci korláttal szembesülve.

Figyelembe véve, hogy a CFL-ek jelenleg a háztartások 47%-ban vannak jelen (REMODECE, 2007), azt feltételeztük, hogy az állomány szerkezete nem javul tovább ebben a tekintetben további kezdeményezések nélkül a BAU scenárióban. Az EURECO (2002) (az IEA-ban (2006b) idézett) kiszámította, hogy ha a világítótéstekeket használatuk gyakoriságának sorrendjében kicseréljük (a legelterjedtebben használtat először), hat lámpa cseréjével az összes energiamegtakarítás mintegy 85%-át érjük el. Ezek a megtakarítások a háztartások világítására vonatkoznak. Ez az, amiért a mérséklési scenárióban csak a hat leggyakrabban használt izzó cseréjét elemeztük. A megvizsgált izzók technikai jellemzői, mint a teljesítmény vagy a használat, a magyar háztartásokra vonatkozóan a REMODECE-projekt előzetes eredményeire alapozva lettek megbecsülve (REMODECE, 2007). A tőkeberuházás egy hagyományos izzó esetén 0,7 euró/60 W-os izzó, míg egy CFL esetén 7 euró/17 W-os izzó.

**22. táblázat:** A hat leggyakrabban használt világítótésteke technikai jellemzője

A világítótésteke sorrendje használatuk szerint	Használat, óra/nap	A hagyományos izzók részaránya	A hagyományos izzók jellemző feszültsége	A CFL-ek részaránya	A CFL-k tipikus feszültsége	Más fényforrástípusok (halogén, fénycső) részaránya
	Óra/év	Részesedés a felszerelt izzóállományból (%)	Watt	Részesedés a felszerelt izzóállományból (%)	Watt	Részesedés a felszerelt izzóállományból (%)
Világítótésteke 1	4,0	70%	60	20%	13	10%
Világítótésteke 2	3,0	55%	60	25%	15	20%
Világítótésteke 3	2,5	55%	60	25%	18	20%
Világítótésteke 4	2,3	50%	60	20%	17	30%
Világítótésteke 5	2,1	50%	60	25%	14	25%
Világítótésteke 6	1,9	70%	60	10%	15	20%

Forrás: a REMODECE (2007) alapján becsülve

## 6.6 Alacsony fogyasztás készenléti üzemmódban

Ebben a dokumentumban a készenléti üzemmód definíciója alatt a készülékek és a berendezések fogyasztását passzív és kikapcsolt (gyakran alacsony energiájú üzemmódként utalunk rá) üzemmódban értjük (LOPOMO). Valentova (2007) becslése szerint a magyar felmérésben résztvevő 95 háztartásban az átlagos LOPOMO energia 30 W volt, az átlagos LOPOMO áramfogyasztás elérte a 236 kWh-t évente, ami a háztartások átlagos áramfogyasztásának 8%-a.

Bertoldi és Atanasiu (2007) azt állította, hogy a fogyasztási elektronikai és informatikai és kommunikációs berendezések a leggyorsabban növekvő áram-végfelhasználók a lakossági szektorban, és a legtöbb készenléti üzemmódban történő áramfogyasztás ezeknek a készülékeknek tulajdonítható. A készenléti üzemmódu hazai készülékek és berendezések teljes skálájára vonatkozó inputparamétereket illető bizonytalanságnak köszönhetően ez a dokumentum csak a számítógépek és a televíziók és ezek perifériái által a készenléti üzemmódban elfogyasztott elektromos áram csökkentésére összpontosít (23. táblázat).

Az Ecostandby-projekt (Fraunhofer IZM, 2007) módszertana szerint a BAU forgatókönyv során az üzemeltetett berendezésállomány hatékonyságjavítása évi 1%-ra becsülhető. Ugyanezen forrás szerint a szerzők megbecsülték a mérséklési szcenárióra a készenléti üzemmódban történő működtetés energiafogyasztását és az alacsony készenléti üzemmódi energiafogyasztású készülékek gyártásához szükséges további tőkebefektetéseket. Az inputparaméterek összefoglalóját a 23. táblázat tartalmazza.

**23. táblázat:** A számítógépekhez és tévékészülékekhez kapcsolódó eszközök készenléti üzemmódban történő működtetésének modellezési paraméterei

Mutatószám/feltételezés	Készülék elterjedtsége		Élettartam	Passzív és kikapcsolt üzemmódban „eltöltött” idő	A BAU során az üzemeltetett készülék fogyasztása passzív és kikapcsolt állapotban		A mérséklési forgatókönyv során az új készülékek fogyasztása passzív és kikapcsolt állapotban		Pótlólagos tőkeberuházás
					Watt		Watt		
Mértékegységek	Háztartás (%)		év	Óra/nap	Watt		Watt		euró/darab
Év	2008	2025			2008	2025	2008	2025	
Tévé	156%	238%	10	18	6,3	5,3	1,0	1,0	1
Videó <sup>23</sup>	38%	0%	10	21	6,0	6,0			
DVD	34%	228%	9	19	3,3	2,8	1,0	1,0	1
Antenna/Műholdvevő	70%	107%	10	23	6,0	5,0	3,0	1,0	3
Asztali számítógép	44%	105%	6	15	5,2	4,3	1,0	1,0	1
Monitor	44%	105%	6	18	1,5	1,3	1,0	1,0	1
Nyomtató	21%	66%	4	20	3,7	3,1	1,0	1,0	1
Modem/router	20%	93%	6	22	5,3	4,4	3,0	1,0	3

*Források:* KSH (2004, 2006a) és Fraunhofer IZM (2007) az elterjedtségi rátához; Fraunhofer IZM (2007) az élettartamhoz; REMODECE (2007) a 2008-ra becsült idő a készenléti állapotra; a működtetett berendezések fogyasztására a készenléti üzemmódban a BAU forgatókönyv esetében és a megvásárolt berendezések fogyasztására a mérséklési forgatókönyv esetében és a REMODECE (2007)-en és Fraunhofer IZM (2007)-en alapuló további beruházásokra.

<sup>23</sup> Videomagnót már nem gyártanak.

## 7 AZ EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

### 7.1 A kutatási keretek összegzése

Ez a fejezet bemutatja a kutatás eredményeit, kezdve a magyarországi lakossági szektorban alkalmazandó legfontosabb energiahatékonysági és alacsony széntartalmú technológiák és gyakorlatok azonosításával. Az eredmények bemutatása előtt fontos a tanulmány kereteinek összegzése. A 24. táblázat felsorolja a tanulmányozott lehetőségeket:

**24. táblázat:** A kutatás által lefedett legfontosabb CO<sub>2</sub>-mérséklési lehetőségek

Lehetőségek	Háztartások				
	soklakásos hagyományos épületekben	soklakásos ipari technológiával készült épületekben	1992 előtt épült családi házakban	1993–2007 között épült soklakásos házakban/családi házakban	2008-tól épülő soklakásos házakban/családi házakban
<b>Épületek határoló felületei</b>					
Falak, tetők és pincék szigetelése		X	X		
Ablakok és ajtók cseréje	X	X	X		
A passzív energetikai tervezés alkalmazása az újonnan felépülő házak esetén					X
<b>Fűtési energiahatékonyság</b>					
A hagyományos épületközponti gázüzemű rendszerek cseréje kondenzációs épületközponti gázüzemű rendszerekre	X	X			
A gáz- és széntüzelésű helyi és központi fűtési rendszerek cseréje kondenzációs gázüzemű központi fűtési (és családi házaknál vízmelegítési) rendszerekre	X		X		
A gáz- és széntüzelésű helyi és központi fűtési rendszerek cseréje fűtési és vízmelegítési szivattyúkra			X		
A gáz- és széntüzelésű helyi és központi fűtési rendszerek cseréje pelletes fűtési és vízmelegítési rendszerekre			X		
A gáz- és széntüzelésű helyi és központi fűtési rendszerek cseréje pelletes tüzeléssel támogatott napenergiás fűtési és vízmelegítési rendszerekre			X		
<b>Fűtésszabályozás</b>					
TRSZ-ek felszerelése (csak a táv- és központi fűtésű lakásoknál)	X	X			
Programozható termosztátok felszerelése (kivéve a táv- és központi fűtésű, valamint a széntüzelésű rendszereknél)	X		X		
Egyedi mérés (csak a táv- és központi fűtésű lakásoknál)	X	X			

Lehetőségek	Háztartások				
	soklakásos hagyományos épületekben	soklakásos ipari technológiával készült épületekben	1992 előtt épült családi házakban	1993–2007 között épült soklakásos házakban/családi házakban	2008-tól épülő soklakásos házakban/családi házakban
<b>Melegvíz</b>					
A fűtési rendszerekkel kombinált vízmelegítés hatékonyságának fejlesztése (a fűtési alternatívák esetében felvázolt lehetőségek szerint)	X	X	X		
A csak vízmelegítésre használt készülékek felváltása ugyanolyan osztályú, de hatékonyabb készülékekkel (elektromos tárolós bojlerok, gázüzemű tárolós és átfolyós rendszerű vízmelegítők)	X	X	X	X	X
Vízmegetakarítást szolgáló szerelvények (zuhanyzófejek és csaptelepek) felszerelése az összes vízmelegítő rendszerre és berendezésre.	X	X	X	X	X
<b>Elektromos berendezések és világítótestek</b>					
Hatékonyabb hűtőberendezések (hűtőszekrények és fagyasztók)	X	X	X	X	X
Hatékonyabb mosógépek	X	X	X	X	X
Az energiatakarékos üzemmódban történő áramfogyasztás csökkentése tévés és számítógépes berendezéseknél (tévékészülékek, DVD-lejátszók, antennák és műholdvevők, asztali számítógépek és monitorok, nyomtatók, modemek és routerek)	X	X	X	X	X
A hagyományos izzók lecserélése kompakt fénycsővilágításra	X	X	X	X	X

A modell nem foglalkozik az 1993 és 2008 között épült házak hőtechnikai héjának és fűtési rendszereinek fejlesztésével, mert ezen épületek hőtechnikai héja hatékonyabb, mint azon épületeké, melyeket az 1991-es építési előírások bevezetése előtt húztak fel. Ezekben az épületekben a fűtési rendszerek megfelelnek a piacon aktuálisan elérhető technológiáknak (noha azok azért nem a csúcstechnológiák). Ennek eredményeképpen ezekben az újonnan létrehozott épületekben a CO<sub>2</sub>-mérséklési potenciál kisebb, mint a régi épületeknél, és kevésbé költséghatékony is.

A jelen dokumentum több okból több kibocsátás-csökkentési lehetőségnél további kutatást szorgalmaz. Először is, mert az ablakok és ajtók légszivárgásának csökkentése és hőmegetakarításainak figyelembe vétele jelenleg korlátozott, mert ennél a lehetőségnél kevés adat áll rendelkezésre. Az adathiány miatt a főzés, a légkondicionálás és a (lift)motorok nem kerültek be a tanulmányba. Azokat a lehetőségeket, melyek várhatóan alacsonyabb potenciállal rendelkeznek, mint a tanulmányozottak, nem vizsgáltuk. Ezek voltak a hógazdálkodási lehetőségeknél például a táv- és a központi rendszerek hő- és melegvíz-szállító csöveinek szigetelése az épületeken és a háztartásokon belül. Ami az elektromos hatékonyságot illeti, a hűtőberendezések, mosógépek, a tévéhez és a számítógéphez kapcsolódó berendezések készenléti üzemmódjának hatékonyságjavításán kívül más elektromos készülékeket nem vizsgáltunk. A kutatás nem foglalkozik a hatékonyabb biomassza-tüzelésű fűtési rendszerek hatásaival sem, mert a biomassza fenntartható energiaforrásnak számít, és így nulla CO<sub>2</sub>-kibocsátást jelent.



A kutatás ezen korlátai miatt a kutatásban becsült alapforgatókönyvbeli energia- és CO<sub>2</sub>-kibocsátásokba nem vettük bele az 1993–2008 között épült házak energiafogyasztását és kapcsolódó CO<sub>2</sub>-kibocsátásait, valamint a biomasszával fűtött épületeket sem, így ezek alacsonyabbak, mint a magyar lakossági szektor valós energiafogyasztása és a kapcsolódó CO<sub>2</sub>-kibocsátásokai.

## 7.2 A legfontosabb egyéni CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési lehetőségek potenciálja

Ez a rész bemutatja a bottom-up csökkentési értékeléseket, mégpedig az egyes kibocsátás-csökkentési lehetőségekre egymástól függetlenül elvégezve. A 25. táblázat részletezi a CO<sub>2</sub>-megtakarítások potenciálját, ami az egyéni lehetőségek megvalósításából és a megtakarított CO<sub>2</sub> kapcsolódó költségeiből származik. A fűtéssel kapcsolatos lehetőségek (beleértve a szigetelést is) épülettípusok szerint, míg a vízmelegítéshez és az elektromos hatékonysághoz (kivéve a vízmelegítést) kapcsolódó lehetőségek elkülönülő kategóriákba vannak csoportosítva. A lehetőségek a csoportjukon belül költséghatékonyságuk szerint vannak rangsorolva. **Az egyéni lehetőségek potenciálja nem additív a dupla beszámítás lehetősége miatt, ha a lehetőségek ugyanarra az alapforgatókönyvbeli technológiákra és energia-végfelhasználásokra vonatkoznak** (lásd a 3.1 részt).

A táblázat bizonyítja, hogy minden épülettípusra és energia-végfelhasználásra létezik olyan technológiai lehetőség, amelyik támogatja a negatív költségű potenciális CO<sub>2</sub>-mitigációt. Költséghatékonyság szempontjából a hagyományos izzók kompakt fénycsővilágítással történő felváltása jár a legnegatívabb költséggel. Ez összhangban van más olyan tanulmányok következtetéseivel, melyeket Levine et al. (2007) végeztek el világszerte átmeneti gazdaságokban. Ezt követi a tévékhez és számítógépekhez kapcsolódó eszközök készenléti üzemmódi áramfogyasztásának csökkentése, valamint a hatékony fagyasztók, hűtők és mosógépek, melyek használatát a magas áramárak is indokolják Magyarországon. Az olyan hő- és melegvíz-szabályozók mint a kis folyásmennyiségű szerelvények, TRSZ-ek és programozható termosztátok felszerelése található a harmadik helyen. Majdnem minden olyan lehetőség, amelyik az épületelemek (falak, pincék és tetők) szigetelésére irányul negatív mérséklési költségű a listán, és ugyanígy a kondenzációs gázüzemű bojler beszerelése házközponti fűtésnél. Az új építésű házaknál a passzív energetikai tervezés alkalmazása, valamint a korszerű vízmelegítési rendszerek beszerelése zárja a negatív költségű CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési intézkedések sorát.

A 0–100 euró/t CO<sub>2</sub> költség tartományba eső technológiai lehetőségek közé tartozik az ablakcsere, a családi házaknál a vízmelegítést és fűtést biztosító kondenzációs gázbojler beszerelése, valamint a hagyományos épületekben a táv- és központi fűtéssel ellátott háztartásokban az egyedi mérés megteremtése (az összes lehetőség kb. 90 euró/t CO<sub>2</sub> költségű).

A további lehetőségek drágának számítanak, a mitigáció költsége nagyjából a 100–500 euró/t CO<sub>2</sub> tartományban van, kivéve az ajtócserét bármelyik épülettípusnál, ami 1000 euró/t CO<sub>2</sub> költség felett van. A drága lehetőségek listája tartalmazza a családi házak korszerű fűtésének összes változatát, ezek (költségek szerint növekvő sorrendben): pelletbojler, kondenzációs gázbojler, napkollektorok pellettel megtámogatva, és szivattyúk. A lista tartalmazza az ipari technológiával épült házakban lévő táv- és központi fűtésű háztartások egyedi mérőinek felszerelését és az ablakcserét a hagyományos az ipari technológiával épült házaknál. Fontos megjegyezni, hogy az ablak- és ajtócserek potenciálja alulbecsült, mert elmarad a csökkent légszivárgás beleszámolása. Ha ezt a tényezőt figyelembe vennék, a hatékonyabb ablakok és ajtók potenciálja és költséghatékonysága magasabb lenne a jelenleg becsülnél.

Az elkerült CO<sub>2</sub> mennyiségének szempontjából a régi családi házak hógazdálkodásának és fűtési hatékonyságának javítása adja a legnagyobb potenciált a lakossági szektorban. Ezért a pelletbojler vagy a pelletbojlerrel megtámogatott, napenergiára épülő fűtési és vízmelegítési rendszerek felszerelése adja a potenciál legnagyobb mértékét, kb. 3,1 millió tonna CO<sub>2</sub> az alapvonal kibocsátáshoz viszonyítva; a hőszivattyúk és a kondenzációs bojler beszerelése ezekben a típusú háztartásokba nagyon jelentős potenciált adhat, akár 1,8 és 0,6 millió tonna CO<sub>2</sub>-t (megjegyzendő, hogy ezek a lehetőségek kizárják vagy csökkentik egymás potenciálját, ha sorban alkalmazzák őket). Az épületelemek, mint a falak, a tető és a pince szigetelése, valamint az ablakok cseréje

rendre mintegy 2,4, 1,5, 1,4 és 1,1 millió tonna CO<sub>2</sub>-megtakarítást eredményezhet. A hőgazdálkodási hatékonysághoz kapcsolódó más lehetőségek ezekben a típusú épületekben, azaz a programozható termosztátok és jobb ajtók beszerelése akár 0,2 és 0,1 millió tonna CO<sub>2</sub> megtakarítását is eredményezhetik.

A vonzó lehetőségek között van az új építésű házaknál a passzív energetikai tervezés alkalmazása, ami 0,7 millió tonna CO<sub>2</sub>-t takaríthat meg. A korszerűsített vízmelegítő rendszerek, a kompakt világítástechnológia bevezetése, a víztakarékos szerelvények felszerelése, valamint annak megtiltása, hogy a tévéhez és a számítógéphez kapcsolódó eszközöknek legyen készenléti üzemmódja 0,1–0,6 millió tonna CO<sub>2</sub>-t takaríthat meg lehetőségenként. A hagyományos épületek hőtechnikai héjának javításával kapcsolatos lehetőségek (ablakcsere, a pincék és a tetők szigetelése) 0,1–0,3 millió tonna CO<sub>2</sub>-t takaríthat meg lehetőségenként. Ugyanezek a lehetőségek az iparosított technológiával készült épületeknél 0,4–1,0 millió tonna CO<sub>2</sub>-t takaríthatnak meg lehetőségenként, további 0,3 és 0,1 millió tonna CO<sub>2</sub>-megtakarítás jelentkezik még a falak szigetelésének és az egyedi hőmennyiségmérők felszerelésének köszönhetően ennél az épülettípusnál. A többi lehetőség kevesebb mint 0,1 millió tonna CO<sub>2</sub>-t jelent lehetőségenként.

A táblázat bemutatja a CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési lehetőségek megvalósításából származó energiamegtakarításokat és a megtakarított energia kapcsolódó költségeit. Ha a 2025-ös energiaárakhoz viszonyítjuk, egy lehetőség megtakarított energiájának költségei igazolják, hogy az energiaköltség megtakarításai megtérülnek-e. Más szavakkal, ha a megtakarított energia költségei magasabbak, mint a várható energiaárak 2025-ben, akkor az adott lehetőség nem térül meg 2025-ben az energiaköltségek megtakarításaiból. **Fontos kihangsúlyozni, hogy a(z) alapszenárióhoz képest) megtakarított CO<sub>2</sub> mennyisége vagy a megtakarítás költséghatékonysága szempontjából leghatékonyabb lehetőségek gyakran nem esnek egybe a megtakarított energia mennyisége, illetve az energiamegtakarítás költséghatékonysága szempontjából leghatékonyabb lehetőségekkel.** Például a fűtést és vízmelegítést szolgáló pelletbojler használata a fűtőhatékonyságát 5–25%-kal növelheti az alaptermotechnológiától függően, ugyanakkor a CO<sub>2</sub>-kibocsátás 100%-át semlegesíti a nulla kibocsátási tényezőjének köszönhetően. Így a kutatás eredményeit csak nagyon óvatosan lehet alkalmazni az energiahatékonysági lehetőségek elemzésére.

**25. táblázat:** Az egyedi lehetőségek elkülönített alkalmazásával elérhető potenciál, eredmények 2025-re

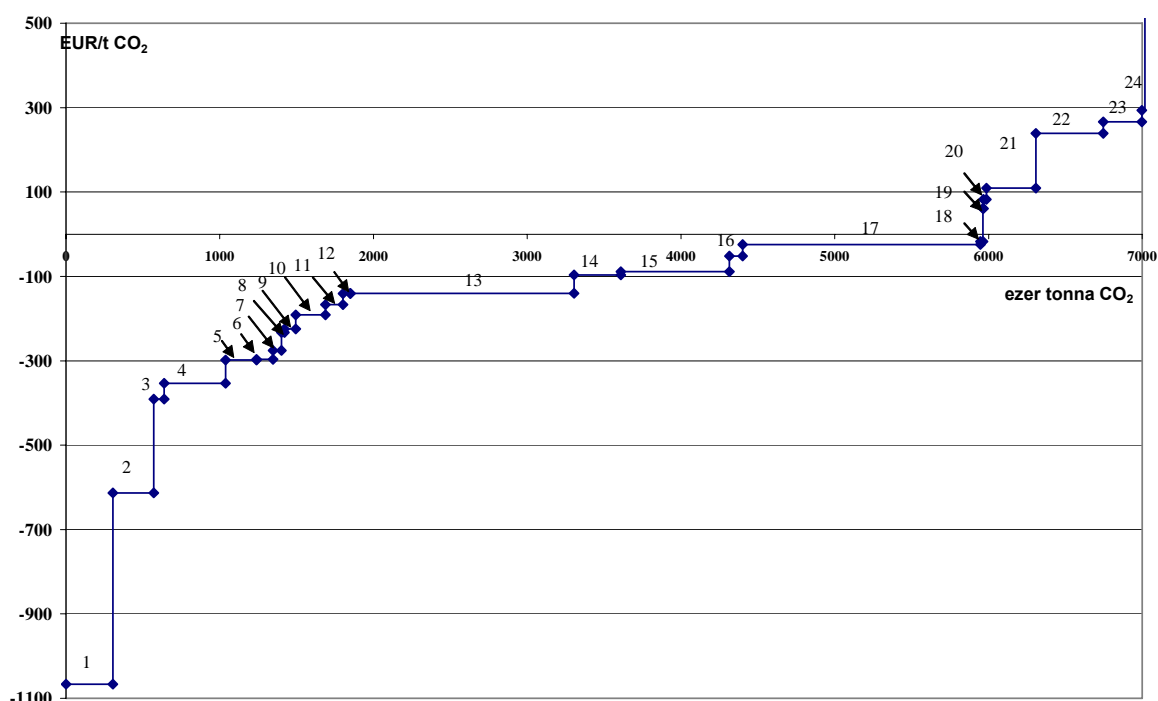
Technológiai lehetőségek	Elkerült CO <sub>2</sub>	A csökkentett CO <sub>2</sub> költsége		Energiamegtakarítások	A megtakarított energia költsége	
	1000 t CO <sub>2</sub> /év	EUR/t CO <sub>2</sub>	1000 Ft/t CO <sub>2</sub>	GWh/év	EUR/kWh	Ft/kWh
<b>Az ipari technológiával épített épületek energiamegtakarítási felújítása: fűtés</b>						
TRSZ-ek felszerelése	74	-225	-56	441	0,02	4
A falak szigetelése a lakásokban	332	-115	-29	1931	0,03	8
Kondenzációs központi gázbojlerek felszerelése	5	-108	-27	25	0,04	9
A pince szigetelése	37	-96	-24	215	0,04	9
Tetőszigetelés	38	158	40	219	0,05	14
Ablakcsere	128	307	77	746	0,08	20
A táv- és központi fűtés egyedi fogyasztásának mérése	148	1684	421	882	0,10	26
Ajtócsere	21	-225	-56	124	0,34	86
<b>A hagyományos épületek energiamegtakarítási felújítása: fűtés</b>						
TRSZ-ek felszerelése	19	-233	-58	100	0,01	3
A pince szigetelése	116	-169	-42	579	0,02	6
Programozható termosztátok felszerelése	52	-154	-38	259	0,03	7
A lakások fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerek felszerelése	26	-104	-26	130	0,04	9
Tetőszigetelés	103	-89	-22	512	0,04	10
A táv- és központi fűtés egyedi fogyasztásának mérése	39	91	23	200	0,07	18
Ablakcsere	337	125	31	1679	0,08	21
A lakások fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerek felszerelése	79	204	51	392	0,10	25
Ajtócsere	23	1462	366	114	0,35	88
<b>Az 1992 előtt épült családi házak energiamegtakarítási felújítása: fűtés</b>						
Programozható termosztátok felszerelése	193	-191	-48	957	0,02	5
A pince szigetelése	1514	-146	-36	6680	0,02	5
Falak szigetelése	2367	-100	-25	10446	0,03	8
Tetőszigetelés	1338	-82	-21	5903	0,04	9
Víz- és központi fűtésre szolgáló kondenzációs gázbojlerek felszerelése	579	86	22	2017	0,07	18
Ablakcsere az 1992 előtt épült családi házaknál	1100	88	22	4853	0,07	18
Vízmelegítésre és központi fűtésre szolgáló pelletbojlerek felszerelése	3054	110	27	1110	0,52	129
Napkollektorok felszerelése pelletbojlerekkel megtámogatva a lakások vízmelegítésére és központi fűtésére	3054	487	122	4771	0,23	57
Víz- és központi fűtésre szolgáló hőszivattyúk felszerelése	1833	1151	288	9572	0,09	22
Ajtócsere	75	-191	-48	330	0,31	79
<b>Az 2008 után épülő családi házak energiamegtakarítási felújítása:</b>						
Passzív energetikai tervezés alkalmazása	705	-89	-22	4689	0,04	9

Technológiai lehetőségek	Elkerült CO <sub>2</sub>	A csökkentett CO <sub>2</sub> költsége		Energiamegtakarítások	A megtakarított energia költsége	
	1000 t CO <sub>2</sub> /év	EUR/t CO <sub>2</sub>	1000 Ft/t CO <sub>2</sub>	GWh/év	EUR/kWh	Ft/kWh
<b>Energiamegtakarítást eredményező felújítás: vízmelegítési rendszerek</b>						
Vízmegtakarítást szolgáló szerelvények felszerelése azokban a lakásokban ahol nem a távhőszolgáltató biztosítja a meleg vizet	400	-354	-88	1942	0,00	1
Vízmegtakarítást szolgáló szerelvények felszerelése azokban a lakásokban ahol nem a távhőszolgáltató biztosítja a meleg vizet	202	-298	-75	1213	0,00	1
Korszerű kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek és egyedi vízmelegítő készülékek	553	-51	-13	1140	0,09	22
<b>Villamos energiahatékonysághoz kapcsolódó lehetőségek (kivéve a vízfűtést): berendezések és világítótestek</b>						
A hagyományos izzók lecserélése kompakt fénycsővilágításra	305	-1066	-267	935	-0,15	-36
A tévéhez és a számítógéphez csatlakozó eszközök készenléti üzemmódjához (LOPOMO) kapcsolódó energiafogyasztás csökkentése	266	-613	-153	815	0,00	0
Hatékony fagyasztók	67	-391	-98	206	0,07	19
Hatékony hűtőszekrények	107	-297	-74	328	0,11	26
Hatékony mosógépek	54	-275	-69	167	0,11	28

### 7.3 A CO<sub>2</sub>-mitigáció országos potenciálja és kínálati görbéje

Ez a rész bemutatja az eredményeket úgy, hogy a kibocsátás-csökkentési lehetőségek bottom-up mérséklési értékeléseit a kínálatigörbe-módszerrel végezzük el. A kínálatigörbe-módszer előnye, hogy lehetővé teszi a teljes potenciál becslését, elkerülve a dupla beszámítás lehetőségét, ha az egyes lehetőségek ugyanarra az alapforgatókönyvbeli technológiákra és energia-végfelhasználásokra vonatkoznak (például a jobb szigetelés csökkenti a fűtésigényt, és így a hatékonyabb fűtési rendszer beszerelésének energiamegtakarítási potenciálját is). A módszertan részletesebb bemutatása a 3. részben található meg. Így az előző részben bemutatott eredményekhez képest itt az a fő különbség, hogy ez **lehetővé teszi a technológiai lehetőségek nyújtotta potenciálnál a kettős beszámítás elkerülését**.

A 27. ábra illusztrálja a CO<sub>2</sub>-elhárítás potenciálját a CO<sub>2</sub>-mitigáció megvizsgált technológiai lehetőségei költségeinek függvényében. A 26. táblázat beazonosíthatóvá teszi a számozott intézkedéseket, valamint megadja a kapcsolódó CO<sub>2</sub>-mérséklési potenciálra és költségekre vonatkozó részletes adatokat. A táblázat becslést ad az energiamegtakarításra is, ami a kibocsátás-csökkentési lehetőségek megvalósításából állhat elő.



**27. ábra:** A lakossági szektor CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési kínálati görbéje Magyarországon, 2025-re

Az ábra a negatív és alacsony költségű CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési lehetőségek széles skáláját mutatja be az összes vizsgált lakóépület-típus esetében. A hőgazdálkodási lehetőségek inkább támogatják a komolyabb megtakarításokat abszolút értelemben, valamint ezek alapvonalai kibocsátási részarányát, mint az elektromos hatékonysági lehetőségeket, kivéve a világítást.

Az ábra bemutatja, hogy az olyan technológiai lehetőségek, mint a hatékony eszközök és világítástechnológiák, a fűtési és vízmelegítési szabályozók, a tévéhez és számítógéphez kapcsolódó eszközök csökkentett áramfogyasztása készenléti módban, a passzív energetikai tervezés elvei alapján történő építés, valamint a legtöbb szigetelési lehetőség – mind-mind növeli a negatív költségű CO<sub>2</sub>-mitigáció potenciálját 2025-ben. Ma mindezen lehetőségeket megvalósítják, összességében 6 millió tonnával csökkentik a CO<sub>2</sub>-mitigációt 2025-ben. Ez körülbelül 53%-a a modellezett energia-végfelhasználásokhoz kötődő CO<sub>2</sub>-kibocsátások összesített alapszenáriójának (megjegyzendő, hogy ez nem a lakossági szektor összesített alapszenáriója). Ezen negatív költségű CO<sub>2</sub>-kibocsátás-csökkentési lehetőségek megvalósítása évi 28,1 TWh energiamegtakarítást fog eredményezni, ami 2025-ben a modellezett lakossági energia-végfelhasználások teljes energiafogyasztásának mintegy

54%-a. Ezen potenciál realizálása 2008–2025 között nagyjából összesen 11,8 milliárd euró összegű beruházást igényel, de egyúttal 18,8 milliárd eurós megtakarítást hoz az energiaköltségekben.

Van néhány lehetőség, mely 0–100 euró/t CO<sub>2</sub> kapcsolódó kibocsátás-csökkentési költséggel tud megvalósulni 2025-ben; ezek nem tesznek hozzá túl sokat CO<sub>2</sub>-elhárítási potenciálhoz. A „drága” lehetőségek listája (melyeknél az elhárítási költségek a 100–500 euró/t CO<sub>2</sub> tartományba esnek) tartalmazza a korszerű vízmelegítési rendszereket és berendezéseket, néhány szigetelési lehetőséget és ablakcserét, valamint egyedi hőmennyiségmérők felszerelését és a fűtési rendszerek korszerűsítését. Ezek a „drága” lehetőségek kb. a modellezett energia-végfelhasználások alapvonalai CO<sub>2</sub>-kibocsátásainak és alapvonalai energiafogyasztásainak 19 és 11%-át adják. Ezek a megtakarítások megfelelnek további 2,1 millió tonna CO<sub>2</sub>-nek és 5,8 TWh/év megtakarításnak 2025-ben. A „drága” lehetőségek költsége összességében 19,1 milliárd euró 2008 és 2025 között (lásd az 50. táblázatot!).

A többi vizsgált lehetőség költsége 500 euró/t CO<sub>2</sub> felett van, de ezek nem tesznek hozzá túl sokat CO<sub>2</sub>-elhárítási potenciálhoz. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ha ezek a lehetőségek egyénileg valósulnak meg, akkor is drágák (lásd az előző szakaszt!). A nagyon drága lehetőségek listája főként az épületállomány kis épületelemeinek cseréjét foglalja magában. Ennek oka, hogy az épületek hőgazdálkodási tulajdonságait már az előző lehetőségek is javították, és már csak kevés fűtési energiára van szükségük. Ez az oka annak, hogy a további lehetőségek sokkal kisebb mennyiségű energiát tudnak már csak megtakarítani, ha sorban alkalmazzák őket, és így az energiamegtakarítások költségei sokkal lassabban térülnek meg.

Fontos megemlíteni, hogy a kínálati görbe nem tartalmazza a napenergiás megoldásokat és a régi családi házak kondenzációs gázbojlereit, mert a pelletbojlerek és a hőszivattyúk is alkalmazhatók ezeknél az épületeknél, és ezek költséghatékonyabbak (és ezért helyettesítik a referenciatechnológiákat).

Az összes megvizsgált intézkedés megvalósításával elért becsült maximális összes potenciál nagyjából a modellezett végfelhasználásoknál az alapvonalai CO<sub>2</sub>-kibocsátások és energiafogyasztás 73 és 67%-ára tehető 2025-ben. Abszolút számokban a megtakarítások körülbelül 8,2 millió tonna CO<sub>2</sub>-re és évi 34,8 TWh-ra rúgnak. A maximális potenciál eléréséhez szükséges összes beruházás értéke kb. 38,6 milliárd euró 2008 és 2025 között.

26. táblázat: A kínálatigörbe-módszerrel becsült CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciál és költségek, eredmények 2025-re

N	Technológiai lehetőségek	CO <sub>2</sub> - megtakarítások	Összesített CO <sub>2</sub> - megtakarítás	A csökkentett CO <sub>2</sub> költsége		Energiameg- takarítások	Összesített energia- megtakarítás
		1000 t CO <sub>2</sub> /év	1000 t CO <sub>2</sub> /év	euró/t CO <sub>2</sub>	1000 Ft/t CO <sub>2</sub>	GWh/év	GWh/év
1	A hagyományos izzók lecserélése kompakt fénycsóvilágításra	305	305	-1066	-267	935	935
2	A tévéhez és a számítógéphez csatlakozó eszközök készenléti (LOPOMO) és kikapcsolt üzemmódjához kapcsolódó energiafogyasztás csökkentése	266	571	-613	-153	815	1750
3	Hatékony fagyasztók	67	638	-391	-98	206	1955
4	Vízmeztakarítást szolgáló szerelvények felszerelése háztartási melegvíz-rendszerekkel és készülékekkel rendelkező háztartásokban	400	1038	-354	-88	1942	3897
5	Vízmeztakarítást szolgáló szerelvények felszerelése azokban a háztartásokban, ahol a távhőszolgáltató vagy központi rendszer biztosítja a meleg vizet	202	1240	-298	-75	1213	5110
6	Hatékony hűtőszekrények	107	1347	-297	-74	328	5438
7	Hatékony mosógépek	54	1401	-275	-69	167	5605
8	TRSZ-ek felszerelése a hagyományos házakban	19	1420	-233	-58	100	5705
9	TRSZ-ek felszerelése az ipari technológiával épített házakban	74	1494	-225	-56	441	6146
10	Programozható termosztátok felszerelése az 1992 előtt épült családi házakban	193	1688	-191	-48	957	7104
11	A pince szigetelése a hagyományos házakban	114	1802	-167	-42	569	7673
12	Programozható termosztátok felszerelése a hagyományos házakban	48	1850	-141	-35	235	7908
13	A pince szigetelése az 1992 előtt épült családi házakban	1455	3305	-140	-35	6390	14298
14	Falak szigetelése az ipari technológiával épített házakban	304	3609	-96	-24	1763	16060
15	Passzív energetikai tervezés alkalmazása a 2008 után felépülő épületek esetében	705	4314	-89	-22	4689	20749
16	Tetőszigetelés a hagyományos házakban	86	4400	-52	-13	430	21179
17	A falak szigetelése az 1992 előtt épült családi házakban	1546	5947	-25	-6	6786	27966
18	A hagyományos házak fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerek felszerelése	18	5964	-17	-4	87	28053
19	Az ipari technológiával épült házak fűtését szolgáló kondenzációs gázbojlerek felszerelése	3	5967	61	15	13	28066
20	A pince szigetelése az ipari technológiával épült házakban	20	5987	83	21	117	28182
21	Korszerű kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek és egyedi vízmelegítő készülékek	322	6309	109	27	273	28455
22	Tetőszigetelés az 1992 előtt épült családi házakban	438	6747	239	60	1922	30377
23	Ablakcsere a hagyományos házakban	251	6998	266	67	1250	31627
24	Tetőszigetelés az ipari technológiával épült házakban	20	7017	294	73	114	31740
25	A táv- és a központi fűtés egyedi fogyasztásmérése a hagyományos házakban	16	7034	624	156	84	31824
26	Ablakcsere az ipari technológiával épült házakban	64	7098	631	158	369	32193
27	A hagyományos házak fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerek felszerelése	42	7139	641	160	206	32399
28	Az 1992 előtt épült családi házak víz- és központi fűtésére szolgáló pelletbojlerek felszerelése	731	7870	710	178	320	32719
29	A táv- és központi fűtés egyedi fogyasztásmérése az ipari technológiával épült házakban	60	7930	1227	307	357	33077
30	Az 1992 előtt épült családi házak víz- és központi fűtésére szolgáló szivattyúk felszerelése	202	8132	1507	377	901	33978
31	Ajtócsere a hagyományos házakban	11	8143	3479	870	53	34031
32	Ajtócsere az ipari technológiával épült házakban	8	8150	5309	1327	43	34074
33	Ablakcsere az 1992 előtt épült családi házakban	60	8210	5415	1354	732	34806
34	Ajtócsere az 1992 előtt épült családi házakban	3	8214	30954	7738	39	34845

**27. táblázat: A kibocsátás-csökkentési lehetőségek éves beruházási költségei, millió euró**

Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Összesen
<b>A hagyományos házak háztartásainak energiamegtakarítási felújítása</b>																			
TRSZ-ek felszerelése	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
A pince szigetelése	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	184
Programozható termosztátok felszerelése	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	78
Tetőszigetelés	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	276
Épületközponti kondenzációs gázbojlerek	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	54
Ablakcsere	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	1900
Egyedi mérés	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	169
A lakások fűtését szolgáló kondenzációs központi gázbojlerek felszerelése	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	24	442
Ajtócsere	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	551
<b>Az ipari technológiával épült házak háztartásainak energiamegtakarítási felújítása</b>																			
TRSZ-ek felszerelése	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80
Falak szigetelése	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	890
A pince szigetelése	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	109
Épületközponti kondenzációs gázbojlerek	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Tetőszigetelés	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	163
Ablakcsere	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	827
Egyedi fogyasztásmérés táv- és központi fűtésnél	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	1062
Ajtócsere	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	587
<b>Az 1992 előtt épült családi házak háztartásainak energiamegtakarítási felújítása</b>																			
Programozható termosztátok felszerelése	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	204
A pince szigetelése	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	1905
Falak szigetelése	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	4485
Tetőszigetelés	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	2858
Pelletbojlerek fűtésre és vízmelegítésre	402	396	391	386	382	378	374	370	367	363	359	356	353	349	346	343	340	337	6593
Szivattyúk fűtésre és vízmelegítésre	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	3995
Ablakcsere	272	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	4925
Ajtócsere	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	1429
<b>A 2008 után épülő családi házak energiamegtakarítási felújítása</b>																			
Passzív energetikai tervezés alkalmazása	126	128	127	121	121	125	130	135	142	149	157	167	177	187	197	207	216	222	2,834
<b>Berendezések és világítótestek</b>																			
Hatékony hűtőszekrények	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	73
Hatékony fagyasztók	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
Hatékony mosógépek	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	15	15	16	16	239
Tévéhez és számítógéphez csatlakozó eszközök készletléti üzemmódja	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	103
A hagyományos izzók lecserélése kompakt fénycsővilágításra	87	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	261



Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Összesen
<b>Vízmelegítés</b>																			
Kombinált fűtési és vízmelegítési rendszerek és egyedi vízmelegítő készülékek	62	62	62	62	62	62	62	62	62	63	63	63	63	64	64	64	65	65	1131
Víztakarékos szerelvények / háztartási melegvíz-rendszerekkel és készülékekkel felszerelt háztartások	12	12	12	11	11	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	78
Víztakarékos szerelvények / távszolgáltatású/központi melegvíz	9	9	9	9	9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	51
<b>ÖSSZESEN</b>	<b>2226</b>	<b>2136</b>	<b>2131</b>	<b>2121</b>	<b>2117</b>	<b>2100</b>	<b>2101</b>	<b>2190</b>	<b>2107</b>	<b>2111</b>	<b>2117</b>	<b>2124</b>	<b>2132</b>	<b>2140</b>	<b>2235</b>	<b>2156</b>	<b>2163</b>	<b>2168</b>	<b>38577</b>

**28. táblázat: Az alap- és a kibocsátás-csökkentési forgatókönyv energiafogyasztása (maximális megvalósított potenciál) és lehetséges energiamegtakarításai**

Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Alapforgatókönyvbeli energiafogyasztás, GWh/év</b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	7259	7222	7184	7143	7100	7054	7005	6954	6899	6840	6777	6710	6633	6556	6474	6385	6288	6184
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	6635	6574	6511	6447	6382	6316	6247	6178	6106	6032	5956	5878	5774	5696	5615	5531	5443	5352
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	25215	25112	24998	24873	24739	24596	24442	24278	24104	23919	23724	23519	23303	23076	22839	22590	22329	22057
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	255	513	774	1034	1279	1524	1775	2035	2306	2588	2885	3198	3524	3875	4246	4637	5045	5471
Készülékek	6548	6461	6371	6280	6184	6086	5986	5885	5794	5701	5608	5514	5426	5339	5263	5260	5261	5286
Vízmelegítés	9082	9005	8929	8858	8782	8707	8633	8562	8493	8427	8364	8303	8234	8182	8133	8087	8043	8057
Összesen	54994	54887	54768	54635	54467	54282	54089	53892	53701	53508	53315	53123	52893	52725	52570	52489	52410	52405
<b>Potenciális energiafogyasztás a kibocsátás-csökkentési szcenárióban, GWh/év</b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	7,066	6,841	6,617	6,394	6,172	5,950	5,728	5,507	5,284	5,061	4,837	4,611	4,380	4,150	3,917	3,680	3,439	3,194
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	6,454	6,213	5,970	5,727	5,484	5,239	4,993	4,746	4,497	4,247	3,996	3,742	3,473	3,220	2,963	2,704	2,441	2,174
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	23,359	21,594	19,975	18,473	17,068	15,746	14,494	13,302	12,162	11,068	10,015	8,999	8,016	7,063	6,138	5,239	4,363	3,509
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	36	73	111	148	183	218	254	291	329	370	412	457	503	554	607	662	721	782
Készülékek	5,580	5,389	5,204	5,016	4,823	4,630	4,433	4,244	4,062	3,879	3,694	3,536	3,377	3,216	3,063	2,981	2,898	2,836
Vízmelegítés	8,504	7,860	7,234	6,630	6,041	5,888	5,740	5,598	5,463	5,335	5,214	5,100	4,990	4,895	4,809	4,733	4,667	4,629
Összesen	50999	47970	45111	42387	39771	37670	35642	33687	31798	29960	28168	26445	24739	23097	21497	19999	18529	17123
<b>Potenciális energiamegtakarítás, GWh/év</b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	192	381	567	749	928	1,104	1,277	1,447	1,614	1,779	1,941	2,099	2,253	2,407	2,557	2,705	2,849	2,990
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	181	361	541	720	899	1,077	1,255	1,432	1,609	1,785	1,960	2,136	2,300	2,476	2,652	2,827	3,002	3,177
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	1,856	3,518	5,024	6,401	7,671	8,849	9,948	10,976	11,942	12,851	13,709	14,520	15,287	16,013	16,701	17,351	17,967	18,548
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	219	440	663	886	1,097	1,306	1,521	1,745	1,977	2,219	2,473	2,741	3,021	3,322	3,640	3,975	4,325	4,689
Készülékek	968	1,071	1,167	1,264	1,361	1,456	1,553	1,641	1,731	1,822	1,913	1,978	2,049	2,122	2,199	2,279	2,363	2,450
Vízmelegítés	578	1,145	1,695	2,228	2,741	2,819	2,893	2,964	3,030	3,093	3,150	3,203	3,245	3,288	3,324	3,354	3,376	3,428
Összesen	3994	6917	9657	12248	14696	16612	18447	20205	21903	23548	25147	26678	28154	29627	31072	32491	33881	35283

Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Potenciális energiamegtakarítás, alapforgatókönyvbeli részesedés</b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	3%	5%	8%	10%	13%	16%	18%	21%	23%	26%	29%	31%	34%	37%	39%	42%	45%	48%
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	3%	5%	8%	11%	14%	17%	20%	23%	26%	30%	33%	36%	40%	43%	47%	51%	55%	59%
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	7%	14%	20%	26%	31%	36%	41%	45%	50%	54%	58%	62%	66%	69%	73%	77%	80%	84%
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%
Készülékek	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%	32%	34%	36%	38%	40%	42%	43%	45%	46%
Vízmelegítés	6%	13%	19%	25%	31%	32%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	39%	40%	41%	41%	42%	43%
Összesen	7%	13%	18%	22%	27%	31%	34%	37%	41%	44%	47%	50%	53%	56%	59%	62%	65%	67%

**29. táblázat: Az alap- és a csökkentési forgatókönyv alapvonalai CO<sub>2</sub>-kibocsátásai (maximális megvalósított potenciál) és lehetséges CO<sub>2</sub>-megtakarításai**

Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Alapvonalai CO<sub>2</sub>-kibocsátások, ezer tonna CO<sub>2</sub></b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	1471	1462	1452	1442	1432	1421	1410	1398	1387	1374	1361	1347	1331	1316	1299	1282	1262	1241
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	1434	1389	1346	1300	1255	1211	1169	1128	1104	1080	1055	1031	1003	989	975	961	946	930
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	5799	5769	5738	5704	5669	5631	5592	5550	5506	5460	5411	5360	5307	5252	5194	5134	5072	5006
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	42	84	127	169	207	245	284	323	364	406	450	496	543	594	648	705	763	823
Készülékek	2274	2206	2138	2061	1985	1911	1839	1768	1769	1770	1770	1770	1770	1742	1717	1716	1716	1724
Vízmelegítés	2067	2016	1967	1916	1865	1816	1768	1723	1707	1691	1676	1661	1644	1628	1613	1598	1584	1578
Összesen	13087	12927	12768	12592	12414	12236	12062	11890	11836	11780	11723	11665	11599	11522	11447	11395	11342	11303
<b>Potenciális CO<sub>2</sub>-kibocsátások, ezer tonna CO<sub>2</sub></b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	1,432	1,384	1,338	1,291	1,245	1,199	1,153	1,107	1,062	1,017	972	926	880	833	787	739	691	642
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	1,395	1,313	1,234	1,155	1,079	1,006	936	869	815	763	711	660	608	564	520	475	430	384
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	5,183	4,621	4,122	3,675	3,271	2,904	2,570	2,264	1,988	1,734	1,502	1,288	1,093	912	747	596	461	339
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	6	12	18	24	30	35	41	46	52	58	64	71	78	85	93	101	109	118
Készülékek	1,938	1,840	1,746	1,646	1,548	1,454	1,362	1,275	1,241	1,204	1,166	1,135	1,102	1,049	999	972	945	925
Vízmelegítés	1,922	1,733	1,554	1,381	1,218	1,146	1,078	1,013	970	928	888	850	812	775	741	709	680	655
Összesen	11875	10903	10012	9172	8390	7744	7139	6574	6128	5705	5303	4930	4572	4219	3886	3593	3316	3063
<b>Potenciális CO<sub>2</sub>-megtakarítások, ezer tonna CO<sub>2</sub></b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	39	77	115	151	187	222	257	291	324	357	389	421	452	483	513	542	571	599
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	39	77	112	145	176	206	234	260	289	317	344	371	395	425	455	485	516	546
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	616	1,149	1,616	2,030	2,398	2,727	3,022	3,286	3,518	3,725	3,909	4,072	4,215	4,340	4,448	4,538	4,611	4,607
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	36	72	109	145	178	210	243	277	312	348	386	425	465	510	556	604	654	705
Készülékek	336	366	392	415	437	457	477	493	529	566	604	635	668	692	717	744	771	799
Vízmelegítés	145	283	413	535	647	669	690	710	737	763	788	811	832	853	872	889	904	923
Összesen	1211	2024	2756	3420	4024	4492	4922	5316	5709	6076	6420	6735	7028	7303	7561	7802	8026	8240

Év	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Potenciális CO<sub>2</sub>-megtakarítások, alapforgatókönyvbeli részesedés</b>																		
Fűtés a hagyományos házakban	3%	5%	8%	10%	13%	16%	18%	21%	23%	26%	29%	31%	34%	37%	39%	42%	45%	48%
Fűtés az ipari technológiával épült házakban	3%	6%	8%	11%	14%	17%	20%	23%	26%	29%	33%	36%	39%	43%	47%	51%	55%	59%
Fűtés az 1992 előtt épült családi házakban	11%	20%	28%	36%	42%	48%	54%	59%	64%	68%	72%	76%	79%	83%	86%	88%	91%	93%
Fűtés a 2008 után épülő háztartásokban	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%
Készülékek	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%	32%	34%	36%	38%	40%	42%	43%	45%	46%
Vízmelegítés	7%	14%	21%	28%	35%	37%	39%	41%	43%	45%	47%	49%	51%	52%	54%	56%	57%	58%
Összesen	9%	16%	22%	27%	32%	37%	41%	45%	48%	52%	55%	58%	61%	63%	66%	68%	71%	73%

## 7.4 Jövőbeni kutatási igények

Ez a rész a kutatás korlátainak csökkentési, valamint az eredményei javításának lehetőségeit mutatja be.

### 7.4.1 A lakossági szektor háttérstatisztikái

Egy modell jósága az inputadataitól függ (SAFE, 2002). Sajnos a lakossági szektor háttérstatisztikái és a magyarországi műszaki trendekről szóló piaci információk szűkösek, ellentmondásosak, bizonytalanok, és így nem megbízhatók. Sőt, ha vannak ilyen információk, akkor azok beszerzése gyakran nehéz és költséges. Ebből a szempontból a modell jobb adatokkal jelentősen javítható. A szerzők különösen nehéznek találták az olyan fontos energia-végfelhasználási lehetőségekről szóló információk megszerzését, mint a fűtési és vízmelegítési lakossági végső energiafogyasztás legalább  $\frac{3}{4}$ -énél. A jobb eredmények érdekében a szerzők úgy vélik, hogy az alábbi kulcsfontosságú adatokat kellene összegyűjteni:

- i. Az épületállomány dinamikus korstruktúráját épülettípusonként
- ii. Jobb információkat a nem lakott lakásállomány energiafogyasztásáról
- iii. A lakások átlagos hőgazdálkodási jellemzőit és épülettípusonkénti geometriáját
- iv. A fűtési energiaigényt épülettípusonként
- v. A fűtési és vízmelegítési módok dinamikus megoszlását
- vi. A főzés energiaigényét, dinamikus tüzelőanyag-megoszlását és beépített hatékonyságát
- vii. A fűtési és vízmelegítési berendezések beépített hatékonyságát
- viii. A kis háztartási estközők és légkondicionálók beépített hatékonyságát, ezen készülékek magyarországi piaci trendjeinek áttekintését

### 7.4.2 A kibocsátás-csökkentési lehetőségek bővebb listája

Bár a szerzők igyekeztek a lehető legtöbb kibocsátás-csökkentési lehetőséget megtárgyalni, az elemzés csak a kétségtelenül legnagyobb potenciálú CO<sub>2</sub>-csökkentési lehetőségekkel foglalkozik. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a többi lehetőség kevésbé fontos.

Először is, foglalkozni kell az 1993 és 2008 között épült épületek kimaradt hőgazdálkodási lehetőségeivel. Noha a potenciáljuk várhatóan sokkal kisebb, mint a többi épülettípusé, ezeket az épületeket is kritizálják magas energiafelhasználásuk miatt.

Másodsorban, a csökkentett légszivárgás tényezőjének kizárása az ablak- és ajtócserek potenciáljának jelentős alábecslését eredményezheti. Akkor is, ha ez a lehetőség valószínűleg még akkor is elég drága a CO<sub>2</sub>-megtakarításhoz, ha a légszivárgást figyelembe vesszük, mert könnyen megvalósítható és ösztönözhető a háztartásokban.

A kényelem és a szórakozás iránti növekvő igény várhatóan tovább növeli a kis elektromos készülékek áramfogyasztását. Akkor is, ha jelenleg ezek kevesebb mint kb. 20%-ot vesznek el az áramigényből (GFK, 2004), várhatóan ezek lesznek a jövőbeni növekvő áramfogyasztási trend fő motorjai, és ezért fontos, hogy a jövőbeni kutatások foglalkozzanak velük.

Az adatok hiányos volta miatt a főzéssel és a (lift)motorokkal kapcsolatos hatékonysági lehetőségeket nem vizsgáltuk. Még nem világos, hogy ezek az energia-végfelhasználások jelenleg milyen mértékben járulnak hozzá a magyarországi lakossági szektor végső energiaigényéhez, és hogy milyenek a jelenlegi hatékonyságaik. Ami a főzést illeti, gyakran azt gondolják, hogy a főzésnél felhasznált energia jelentősége csökken a változó életstílus, az ételek (több előre elkészített és konzervétel) és más tényezők miatt. A liftekkel kapcsolatban a szerzők nem találtak a magyar statisztikákban erre vonatkozó energia-végfelhasználási adatokkal, de a liftek jelentősen hozzájárulhatnak a sokemeletes épületek áramigényéhez. Fontos lenne tanulmányozni ezeket a lehetőségeket, hogy jobban megértsük a lakossági szektor energia-végfelhasználását és kapcsolódó CO<sub>2</sub>-kibocsátásait, ami szintén tartalmazhat CO<sub>2</sub>-csökkentési potenciált.

A déli európai országokban a légkondicionálás iránti növekvő igény az áramfogyasztás fő növelője, mivel gyorsan terjednek a kis teljesítményű, lakásban felszerelhető eszközök (Bertoldi és Atanasiu, 2007); az éghajlat melegedésével azonban a légkondicionáló berendezések egyre gyakoribbak a magyar háztartásokban is. Noha a kulturális különbségek miatt az nem túl valószínű, hogy a légkondicionálás olyan elterjedt lesz Magyarországon, mint az USA-ban vagy Dél-Európában, már jelentősen hozzájárul a nyári csúcspotasztáshoz. Ha az épületállomány energiamegtakarítási felújítása gyorsan fog megvalósulni, a csökkenő levegőbeszűrés miatt nagyobb lesz az igény a légkeverésre és a légkondicionálásra.

Végül, a lakossági energiafogyasztási alapvonal jobb megértése végett érdemes belevenni a kutatásba a biomasszával fűtött épületeket és házakat is, noha a kibocsátásuk nullának tekintett (a fenntartható tüzelőanyag miatt).

### **7.4.3 A bizonytalanságok korlátozása**

Számos módja van a bizonytalanságok csökkentésére és a modellben alkalmazott feltevések tisztázására. Ez magában foglalja, de nem korlátozódik a fűtési hőfokórák várható csökkenésének és a hűtési hőfokórák várható növekedésének vizsgálatára, a háztartási készülékek és világítótestek által kibocsátott hő figyelembevételére, az energiaárak 2008 és 2025 közötti dinamikájának alaposabb feltárására, a referencia- és a fejlett technológiák árdinamikájának vizsgálatára, a magyarországi fűtési és vízmelegítési technológiák piaci trendjeinek kutatására, a háztartások által elfogyasztott áram és hő CO<sub>2</sub>-kibocsátási tényezőinek kutatására, és más paraméterekre.

## 8 HIVATKOZÁSOK

- Adam, B. 2007. The spreading of geothermal heat pump systems in Hungary. Presentation made at the EHPA Heat Pump Conference on May 4, 2007, Paris.
- ACCESS (Accelerated Penetration of Small-Scale Biomass and Solar Technologies), 2007. Maps and databases on the biomass potential. Bulgaria, Czech Republic, Hungary, Romania, Slovakia + Greece. Available online at URL: <http://www.access-ret.net/info/deliverables.htm>
- ADEME, 2000. COLD II. The revision of energy labelling and minimum energy efficiency standards for domestic refrigeration appliances. ADEME: France.
- Atanasiu, B., Bertoldi, P., Rezessy, S., and Urge-Vorsatz, D. 2005. Electricity end-use in buildings: a survey of New Member States and Candidate Countries. Presentation at the Summary Study of the European Council on an Energy Efficient Economy (ECEEE) 2005, on May 30 – June 4, France.
- Ball, M. 2005. RICS European Housing Review 2005. Available online at URL: [http://www.rics.org/NR/rdonlyres/FE69252B-B62E-47BD-820E-471AA2072C65/0/ehr\\_2005\\_full\\_report.pdf](http://www.rics.org/NR/rdonlyres/FE69252B-B62E-47BD-820E-471AA2072C65/0/ehr_2005_full_report.pdf)
- Barta, J., 2006. Passive houses (Pasivní domy). Presentation at the Energy Efficiency Business Week 2006 on November 7-11, 2006, Prague.
- Bertoldi, P., 2005. The latest energy efficiency policy developments in the EU. Presentation at TAIEX – JRC workshop on Scientific Technical Reference System on Renewable Energy & Use Efficiency: “Energy Efficiency potential in buildings, barriers and ways to finance projects in New Member States and Candidate Countries” on July 6-8, 2005, Tallinn.
- Bertoldi, P., and Atanasiu, B., 2007. Electricity consumption and efficiency trends in the enlarged European Union. Status report 2006. European Commission DG-JRC, Renewable Energies Unit.
- CECED (European Committee of Domestic European Manufactures), 2001. Energy consumption of domestic appliances in European households. Available online at URL: [www.ceced.org/](http://www.ceced.org/)
- Csoknyai, T. 2004. Iparosított technológiával létesített lakóépületek energiatudatos felújítása. PhD dissertation.
- Csoknyai, T. 2005. Fokozott hőszigetelésű épületel fűtési kérdései. In: Proceedings of the 4th International Conference Climate Change - Energy Awareness - Energy Efficiency. June 8-10, 2005, Visegrád.
- Csoknyai, T. 2007. Personal communication on August 8, 2007.
- Danfoss, 2007. Catalogues of thermostat radiator valves and communication by phone. Catalogue is available online: <http://www.danfoss.com>
- Directorate-General for Research Energy, 2003. World Energy, Technology and Climate Policy Outlook 2030. European Commission. Available online at URL: <http://www.fusie-energie.nl/artikelen/Outlook2030.pdf>
- DBO, 2007. New business opportunities for New Europe. Pellet burners market review Available online at URL: [http://www.dbo.hu/pellet\\_en.html](http://www.dbo.hu/pellet_en.html)
- Duplo-duplex, 2007. Fűtési Energia Megtakarítás (Heating Energy Savings). Available online at URL: <http://www.hohangszigeteles.hu/>
- Elek, L., 2004. End-use efficiency in buildings in newly associated countries. Presentation on the international workshop “Electricity end-use efficiency in buildings and energy services in New Member States and Candidate Countries” on December 9-10, 2004, Brussels.
- EHPA (European Heat Pump Association), 2007. Heating costs - Heat pump beats oil and gas: Available online at URL: <http://ehpa.fiz-karlsruhe.de/en/aktuell/kat1/akt239.html>



- EURELECTRIC (Union of the Electricity Industry), 2004. Electricity for More Efficiency : Electric Technologies and their Energy Savings Potential. Ref: 2004-440-0002
- EURECO, 2002. Demand-side management: end-use metering campaign in 400 households of the European Community –assessment of the potential electricity savings. Project EURICO, for the Commission of the European Communities, SAVE Contract N 4,1031/Z/98-267,ENERTECH, Felibes s/Rimandoule, France.
- EUROSTAT, 2007. EUROSTAT population forecast. Available online at URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/> (Website/Home page/Population and social conditions/Data)
- Fraunhofer IZM, 2007. Standby and Off-mode losses. Reports (1-6) for tender N TREN/D1/40 Lot 6-2005. Available online at URL: <http://www.ecostandby.org/>
- Gavron, 2007. Online catalogue of doors. Available online at URL: <http://www.gavron.hu/index.html>
- GIL-TRADE, 2007. Production catalogues and pricelists for doors. Available online at URL: <http://www.gil-trade.hu/>
- GFK, 2004. Report leaflet. Confidential.
- Government of the Republic of Hungary, 2006. Convergence Programme of Hungary 2006-2010. Budapest.
- Görös, Z., 2005. Biomass utilization and potential in Hungary. Presentation at the “Biomass – Energy from Agriculture” Conference in 2005, Nyitra, in ACCESS, 2007.
- Halsnaen, K., Callaway, L. and Meyers, H. J., 1999. Economics of GHG limitations. Main Report. Methodological guidelines. ISBN 87-550-2490-4. Available on the request from UNEP Collaborating Centre for Energy and Environment, Riso National Laboratory, Denmark
- Harvey, L.D.D. 2006. A Handbook on Low-Energy Buildings and District Energy Systems: Fundamentals, Techniques, and Examples. James and James, London.
- Hermelink, A., 2005. Retrofit of residential panel buildings - The SOLANOVA Adventure. In: Proceedings of Common Symposium of EU FP6 Eco-building Projects. November, 22-23, 2005, Berlin.
- Hungarian Central Bank, 2007. Statistical Time Series (as of August 2007). Available online at URL: [http://english.mnb.hu/engine.aspx?page=mnben\\_statistikai\\_idosorok](http://english.mnb.hu/engine.aspx?page=mnben_statistikai_idosorok)
- Hungarian Ministry of Environment and Water, 2007. Inventory 2005. Submission 2007 v1.1. Hungary. Available online at URL: [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/3929.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/3929.php)
- IEA (International Energy Agency), 2004. Electricity information. CD-ROM.
- \_\_\_\_\_, 2006a. Energy Balances of OECD countries. Paris: IEA.
- \_\_\_\_\_, 2006b. Light's labour costs. Policies for energy-efficient lighting. In support of the G- Plan of Action. OECD/IEA: Paris.
- Invert, 2005. Investing in RES & RUE technologies: Models for saving public money. Final Report of Work Phase 6 of the project. a research project within the Altener Program of the European Commission, DG TREN – Contract No.: Altener contract 4.1030/Z/02-094.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., XXX pp.
- Kemna, R., van Elburg, M., Li, W., and van Holsteijn, R., 2007. Eco-design of water heaters. Draft reports of tasks 1-5. VNK: Delft.
- Kovacsics, Istvan. 2007. Personal communications on January 6, 2007 and July 26, 2007.

- KSH (Központi Statistikai Hivatal (KSH (Hungarian Statistical Central Office))), 2004. Household Statistics Yearbook 2004. Budapest: KSH.
- \_\_\_\_\_, 2005. Housing conditions at the turn of the century. Budapest: KSH.
- \_\_\_\_\_, 2006a. Statistical Yearbook of Hungary 2005. Budapest, KSH
- \_\_\_\_\_, 2006b. Yearbook of housing statistics 2005. Budapest, KSH.
- \_\_\_\_\_, 2006c. Electricity consumption of households. Budapest, KSH.
- Levine, M., D. Ürge-Vorsatz, K. Blok, L. Geng, D. Harvey, S. Lang, G. Levermore, A. Mongameli Mehlwana, S. Mirasgedis, A. Novikova, J. Rilling, H. Yoshino, 2007: Residential and commercial buildings. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Matolcsy, K., Tiderenczi, G., and P. Matiasovsky, 2005. NAS state of the art report on performance based building. The Netherlands: CIB (PeBBu).
- MAVIR, 2005. A villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásterve 2. kiadásának MELLÉKLETEI 2005. Budapest.
- Mega-öko Kazánfejlesztő-gyártó Kft, 2007. Production catalogue of central dwelling boilers. Available online at URL: <http://www.tuzelestechnika.hu/megaoko/talalatangol.htm>
- Megatherm, 2007. Catalogues of thermostat radiator valves and communication by phone. Catalogue is available online at <http://www.megatherm.hu/>
- Meli, L., 2004. Domestic appliances energy efficiency potential. Manufacturers' view. Presentation at the international workshop "Electricity end-use efficiency in buildings and energy services in New Member States and Candidate Countries", December 9-10, 2004, Brussels.
- MEEPH – Monitoring, 2007. An informative website on the Boiler Efficiency Directive 92/42/EEC [May 1992]. Available online at: URL: <http://www.boilerinfo.org/site.htm>
- Molnar, L., 2007. Magyar Energiahatékonysági Akció Terv. Budapest: Hungarian Energy Centre.
- Nagy, P., 2007. Building thermal modernization. Nyiregyhaza. Available online at URL: [http://www.ruse-europe.org/IMG/pdf/Nyiregyhaza\\_Hungary\\_HU\\_\\_en.pdf](http://www.ruse-europe.org/IMG/pdf/Nyiregyhaza_Hungary_HU__en.pdf)
- NAP, 2007. National Allocation Plan of the Republic of Hungary for the Period 2008 – 2012.
- Novoferm, 2007. Production catalogues of doors. Available online at URL: <http://www.novoferm.hu/>
- ODYSSEE NMC, 2007. Energy Efficiency Indicators In New EU Member countries. The data received on the request from the Hungarian Ministry of Environment and Water.
- ORIS Consulting, 2007. Online catalogue of low flow fixtures. Available online at URL: <http://cseppetsem.com/arak.htm>
- Petersdroff, C., T. Boermans, Joosen, S., Kolacz, I., Jakubowska, B., Scharte, M., Stobbe, O., and Harnisch, J. 2005. Cost effective Climate Protection in the Building Stock of the New EU Member States. Beyond the EU Energy performance of Buildings Directive. ECOFYS, Germany.
- REMODECE (Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe), 2007. Preliminary research results achieved by Central European University. Information about the project is available online at URL: <http://www.ceu.hu/envsci/projects/REMODECE/>
- SAVE, 2001. Study on water heating - labelling / standards. The foundation for the policy to be followed in creating an energy use information system for domestic hot water appliances. The Netherlands: Novem.
- SAVE, 2001b: Revision of energy labeling and targets washing machines (clothes). The Netherlands: Novem.

- SAVE, 2002. SAVE II Labelling & other measures for heating systems in dwellings. Appendix 4 - Stock model of residential heating systems. The Netherlands: VHK.
- Sathaye, J. and Meyers, S. 1995. Greenhouse Gas Mitigation Assessment: A Guidebook. Kluwer Academic Publishers: The Netherlands.
- Saunier Duval, 2007. Saunier Duval: gázkészülék és kiegészít termékek fogyasztói árjegyzéke. Árlista 2006/2.2. Available online at URL: [www.aktivkft.hu/letoltesek/Arlistak/saunier\\_duwal\\_arlista\\_2006.pdf](http://www.aktivkft.hu/letoltesek/Arlistak/saunier_duwal_arlista_2006.pdf)
- Slek, B. 2004. Energy efficient lighting potential in Central & Eastern Europe manufacturers' views. Presentation on the international workshop "Electricity end-use efficiency in buildings and energy services in New Member States and Candidate Countries" on, December 9-10, 2004, Brussels.
- Schild, R. Renewable Energies in Domestic Heating & Cooling Systems. Presentation at the Sustainable Energy Forum on April 24, 2006, Amsterdam.
- Sigmond, Gy., 2007. Personal interview on August 17, 2007.
- Szalontai and Sonnenkraft, 2007. Price list of space and water systems. Available online at: <http://www.szalontai.co.hu/>
- Szlavik, M., T. Palvolgyi, D. Ürge-Vorsatz, and M. Fule. 1999. Economics of GHG Limitations. Country Case Study. Hungary. ISBN: 87-550-2583-8. Available on the request from UNEP Collaborating Centre for Energy and Environment, Riso National Laboratory, Denmark.
- SOLANOVA, 2007. Information about the project. Available online at URL: <http://www.solanova.eu/>
- Times Online, 2007. UK to phase out traditional light bulb by 2011. Online news on September 27, 2007. URL: <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/politics/article2543056.ece>
- Ürge-Vorsatz, D., Koeppel, S., and Mirasgedis, S. 2007. Appraisal of policy instruments for reducing buildings'CO2 emissions. Building Research & Information 35(4), 458–477.
- Várfalvi, J. and Zöld, A., 1994. Energiatudatos épületfelújítás. TERRANOVA, Budapest, 1994,
- Waide, P. 2006. High-rise refurbishment. The energy efficient upgrade of multi-story residences in the European Union. IEA information paper. OECD/IEA.
- Weiss, W., Bergmann, I., and Faninger, G. 2007. Solar heat worldwide. Markets and contributions for the energy supply 2005. Austria: AEE INTEC.
- Živkovi, B., Todorovi, M., and P. Vasiljevi, 2006. Energy savings for residential heating in two pairs of buildings achieved by implementation of actually consumed energy measuring. Original scientific paper, UDC: 697.514, BIBLID: 0354-9836, 10 (2006), Suppl., 4, 79-88
- Zöld, A. and Csoknyai, T. 2005. Refurbishment of blocks of flats. In: Proceedings of the 7th Symposium on Building Physics in the Nordic countries. June 13-15, 2005, Reykjavík.

