



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar

Környezetgazdaságtan Tanszék

Mekkora az energiaszámla? - Lakossági fűtési energiahordozók felhasználásának gazdasági összefüggései Közép-Európában

Készítette: Somogyi Réka

Energetikai mérnöki MSc. szakos hallgató

Konzulens: Dr. Pálvölgyi Tamás

tanszékvezető egyetemi docens

Tudományos Diákköri Konferencia

Budapest, 2019.

Tartalom

ÁBRAJEGYZÉK	3
1. BEVEZETÉS.....	4
2. HÁZTARTÁSI FŰTÉSI ENERGIAFELHASZNÁLÁS HELYZETÉRTÉKELÉSE.....	6
2.1. Európai Unió szakpolitikai háttér	6
2.2. Fűtési rendszerek bemutatása	8
2.2.1. A villamos energia, a földgáz, a szén, a távhő és a biomassa szerepe a lakossági fűtésben	9
2.2.2. A távhőrendszerek kialakulása és fejlődése	11
2.2.3. Villamos energia hálózatok kialakulása, fejlődése	13
2.2.4. Földgázhálózat kialakulása, fejlődése	14
2.3. A vizsgált országok jellemzése hőenergia felhasználás szempontjából	16
3. HÁZTARTÁSI HŐENERGIA FELHASZNÁLÁS ENERGIAGAZDASÁGI VIZSGÁLATA	18
3.1. Adatforrások, elemzési módszertan	18
3.1.1. Időjárési korrekció a fűtési energiafogyasztási adatokon	19
3.2. Gazdasági vizsgálatok	23
3.2.1. Háztartási fűtési energiafelhasználás időbeli tendenciái	23
3.2.2. Árrugalmasság elemzése	24
3.3. Társadalmi, fenntarthatósági hatások	31
4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	32
ÖSSZEFOGLALÁS	34
IRODALOMJEGYZÉK	36

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Az EU fűtési energiafelhasználás megoszlása az energiahordozók között 2017-ben.
2. Ábra: Lakossági fűtési energiafelhasználás részesedése energiahordozónként 2017-ben.
3. Ábra: Háztartási földgáz fogyasztás HDD korrekciója.
4. Ábra: Háztartási távhő fogyasztás HDD korrekciója.
5. Ábra: Háztartási tűzifa fogyasztás HDD korrekciója.
6. Ábra: Az országok egy főre jutó fűtési energiafogyasztása.
7. Ábra: Lakossági energiahordozó árak 2005-2017 között.
8. Ábra: Háztartási földgáz fogyasztás-ár index (2005=100%).
9. Ábra: Távhő fogyasztás-ár index (2005=100%).
10. Ábra: Háztartási tűzifa fogyasztás-ár index (2005=100%).

1. BEVEZETÉS

Az első ipari forradalom alapjaiban változtatta meg az emberi élet minőségét. Ez a folyamat az egyre rohamosabban fejlődő iparosodott világ változásainak hatására a mai napig tart. A XVIII. század előtt a mai viszonyokhoz képest alacsony technológiai hatékonysággal csekély terméshozadékok keletkeztek, az életszínvonal, a születéskor várható élettartam és az orvosi ellátás minősége alacsony volt. A körülmények javulása demográfiai robbanásokat idézett elő a fejlődő régiókban, aminek hatására a Föld népessége 2019-ben már 7,74 milliárd főre növekedett.

Az ipari forradalom kezdete óta az emberiség megsokszorozta energiateljesítményét. A fosszilis energiahordozók felhasználásával a légköri szén-dioxid és egyéb üvegház hatású gázok koncentrációja rohamosan növekszik, a fogyasztói társadalom fejlődése egyre több környezeti szennyezést és pazarlást eredményez.

Az ipari forradalomban kialakult munkakörülmények a szabályozások bevezetésével egyre javultak, ám a természeti környezet károsodásával a XX. századra lokális, majd globális problémák is megjelentek, melyek összeadódva a XXI. század legfőbb kezelendő problémájához, a globális klímaváltozáshoz vezettek.

A fűtési energiateljesítmény egészségkárosító hatásait nagy mértékben először az 1952-ben, Londonban tapasztalhatta meg a lakosság. 1953 távaszáig közel 14 000 ember halt meg a később londoni típusú szmognak elnevezett légszennyezés és időjárás okozta együttesben (Bell *et al.*, 2004).

Az ember-környezet-termeszet szemlélet viszony kialakításának első kulcsszereplőjének Rachel Louise Carson-t tartják, aki az 1962-ben megjelent *Néma tavasz* című művével járult hozzá a környezettudatos szemlélet kialakításához. A mű megjelenése után hosszú út vezetett el odáig, hogy az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület legnagyobb valószínűséggel kijelenthette, hogy a globális éghajlatváltozásért az emberi tevékenység a felelős. A tudományos világ egyetért abban, hogy a globális éghajlatváltozás elkerüléséhez, mérsékléséhez az üvegház hatású gázok kibocsátásának csökkentése és a megújuló energiákkal kapcsolatos technológiák nagyobb térnyerése szükséges (IEA, 2010). E technológiák térnyerésével elérhető lehet az EU energiapolitikai céljainak megfelelően az ellátásbiztonság növelése, tehát az energiateljesítmény mérséklése és a kibocsátáscsökkentés.

A társadalmak fűtési energiateljesítménye – az életszínvonal és a népességszám emelkedésével párhuzamosan - folyamatosan növekszik. A fosszilis energiahordozók készleteinek fogyásával, a

technológiai fejlődéssel és a jelenkori klímaproblémák megjelenésével kiemelkedően fontossá vált a fűtési energiahordozók felhasználási tendenciáinak vizsgálata.

Az Európai Unió energiafelhasználásának 17,3%-át adja a fűtési energiafelhasználás, melynek megújuló energia részaránya 2020-ra várhatóan eléri a 20%-os szintet. Magyarországon és a volt szocialista országokban a fűtési energiafelhasználás aránya általánosan nagyobb a korszerűtlen épületállomány miatt.

Dolgozatomban célom vizsgálni a háztartási fűtési energiafelhasználás gazdasági és időbeni folyamatait a Magyarországhoz hasonló energiamixű (földgáz dominancia) és épületállományú Szlovákia, illetve két nagyobb biomassza felhasználó Ausztria és Szlovénia példáján keresztül.

Vizsgálom az energiafogyasztást befolyásoló meteorológiai, gazdasági, társadalmi és technológiai tényezőket.

A gazdasági tényezők közül az árrugalmasságot értékelem. Célom fogyasztás és ár közti korreláció mértékének felmérése és az ezt befolyásoló tényezők magyarázata országonként és energiahordozónként.

2. HÁZTARTÁSI FŰTÉSI ENERGIAFELHASZNÁLÁS HELYZETÉRTÉKELÉSE

2.1. Európai Unió szakpolitikai háttér

Az Európai Unió történetében és kialakulásához vezető úton mindig lényeges szerepet töltött be az erőforrás felhasználás szabályozása. Az 1951-ben létrejött Európai Szén és Acél Közösség célja a nyersanyagok nemzetközi felügyelete volt az esetlegesen kialakuló újabb háború elkerülésére, az fegyverkezési lehetőségek csökkentésére (ECSC, 1951), majd az atomenergia békés célú felhasználásának érdekében megalkották az Európai Atomenergia Közösséget (EURATOM, 1957). Ezek a szerződések ugyanakkor nem alakítottak ki integrált energiapolitikát, melynek megalkotása az olajválság hatására vált szükségessé.

Az 1873-as olajválság érzékenyen érintette az Európai Gazdasági Közösséget. Ennek hatását a szocialista blokk a bukaresti árelv (Botos, 1981) miatt pár évvel később érezhette. Az OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) export korlátozó, illetve árnövelő intézkedéseinek ellenpólusaként megalakult az OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), majd az IEA (Nemzetközi Energiaügynökség), melynek energiapolitikai célkitűzéseit az EGK is részben átvette.

Az események hatására az EGK Tanács megalkotta a közös energiapolitikát, melynek fókuszpontjában az energiafelhasználás racionalizálása, a kőolajimport csökkentése és egyéb ellátásbiztonsági tényezők álltak úgy, mint a szén és nukleáris energia részesedésének energiamixen belüli növelése (EN, 1974).

1980-ra az energiafogyasztást racionalizáló intézkedések is napirendre kerültek az EGK-ban. A velencei csúcstalálkozón a résztvevő államok meghatározták, hogy az energiafogyasztás növekedése nem haladhatja meg a gazdasági növekedés 60%-át. A maximális importfüggőség mértékét pedig 50%-ban határozták meg (EN, 1980).

Az Egységes Európai Okmány, a Római szerződés első átfogó reformjában már felmerült az energiapiaci liberalizáció és az egységes belső energiapiac gondolata, amit azonban csak az 1991-ben létrehozott, majd 1997-ben elfogadott (98/181/EK) Energia Charta Egyezmény és a 96/92/EK irányelv emelt törvényi keretek közé (Olajos and Szilágyi, 2013). Az 1995-ös Energiapolitika az Európai Unióért című Fehér Könyvben megjelent a környezetvédelem, energiaellátás biztonsága és versenyképesség hármásának gondolata is.

Az Európai Bizottságnak 2006-ban újra szembe kellett néznie egy energiahordozó importveszélyével. Az orosz-ukrán gázválság hatására hozták létre a második Zöld Könyvet, melynek kulcsterületei környezeti fenntarthatóság fejlesztése, az európai gazdaság

versenyképességének és az energia megfizethetőségének biztosítása és az ellátásbiztonság növelése. A környezetre ható fontos tényezők között ebben a dokumentumban már megjelent a klímaváltozás elleni integrált intézkedések fontossága, illetve az ehhez kapcsolódó innovációs kulcsterületek (EN, 2006).

Mindezek alapján látható, hogy az Európai Unión kívüli importútvonalak folytonossága kétséges, nagyrészt politikai érdekektől függ. A megújuló energiaforrások nagyobb részesedése az energiamixben egyaránt klímavédelmi és nemzetgazdasági érdek is. Ezt felismerve az EU 2001-ben a 2001/77/EK direktívával biztosította először a megújuló energiaforrásból termelt villamos energiák piaci helyzetét. Az irányelv célkitűzése volt, hogy ösztönözze a megújuló energiatermeléshez való nagyobb hozzájárulását a belső villamos energia piacon, illetve tisztázta a megújuló energiák fogalomkörét.

A 2001/77/EK irányelv a 2009/28/EK irányelv elfogadása után veszítette hatályát. A direktíva célkitűzése, hogy 2020-ra Európai Unió szinten megvalósuljon a 20%-os megújuló energia felhasználás részesedés (a közlekedési ágazatban 10%-os). További célkitűzései 2020-ra 20%-os energiahatékonyság javulás, az üvegház hatású gázok kibocsátásának 20%-os csökkentése (2009/28/EK).

A Párizsi Klímaegyezmény szerint a globális klímaváltozás beláthatatlan következményeinek elkerüléséhez a földi átlaghőmérséklet emelkedését nem elég 2°C alatt tartani, hanem az ipari forradalom előttihez képest maximálisan $1,5^{\circ}\text{C}$ globális átlaghőmérséklet emelkedés legyen az irányadó. Az EU az egyezménynek megfelelően a 2030-as célkitűzésként 40%-os üvegház hatású gáz kibocsátás csökkentést, 32%- megújuló energia részarányt, illetve 32,5%-os energiahatékonyság növelést ír elő. Az energiahatékonyság növelésében, illetve a kibocsátáscsökkentésben nagy mértékben támaszkodik az Unió a háztartásokra.

Az energiahatékonysági irányelv az energiaszegény háztartások segítségét célzó intézkedéseket kíván bevezetni, illetve a hűtés-fűtés végső energiafelhasználásának nagyobb mértékű monitorozását írja elő a tagállamok számára (EN, 2018a). A 2018-tól hatályos épületenergetikai irányelv alapját pedig egy 2050-ig megvalósítandó épület dekarbonizációs intézkedéssorozat képezi, a közel nulla energiaigényű épületek kialakítása érdekében (EN, 2018b)

2.2. Fűtési rendszerek bemutatása

A jogszabályi környezet alapján megállapítható, hogy az Európai Unió elkötelezett az épület energiahatékonyság növelésében, ám jelenleg nagy különbség látszik az egyes tagállamok között az épületállomány energiaigényében, mely a korszerűséggel áll összefüggésben.

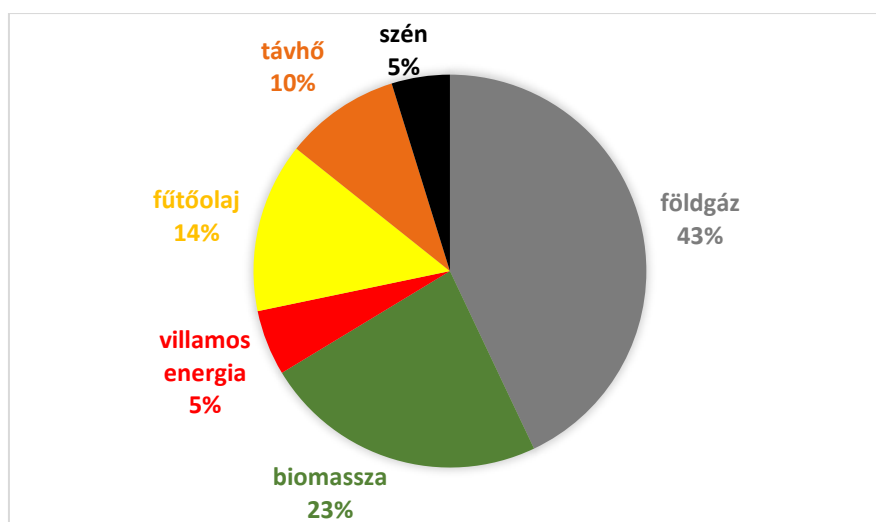
Mindaddig, míg meg nem valósul a karbonsemlegesség fontos a lakossági hőenergia felhasználás összetételének monitorozása, hiszen az energiafelhasználási tendenciákkal párhuzamba állítható többek közt a környezetterhelés mértéke is.

A következő fejezetekben részletesen bemutatom a lakossági hőellátásban szerepet vállaló energiahálózatok kialakulását, jelenlegi helyzetét és fejlődési irányait, részletezzük a hálózati és egyedi fűtési energiahordozók szállítási, technológiai feltételeit.

2.2.1. A villamos energia, a földgáz, a szén, a távhő és a biomassa szerepe a lakossági fűtésben

Az Európai Unió végső energia fogyasztásából lakossági energiafogyasztás 27%-os részesedésű, melynek 64%-a hőenergia fogyasztás, tehát az összenergia-fogyasztás 17,3%-a fordítódik lakóépületek fűtésére. Magyarországon ez az arány a többi közép-európai országgal egyetemben jóval magasabb, 40% (Eurostat, 2017). A nagy mértékű különbség oka a korszerűtlen épületállomány, melynek közel kétharmada nem felel meg a korszerű műszaki, hőtechnikai követelményeknek (NEKT, 2018).

Az EU tagállamai változatos fűtési energiamixet mutatnak, melyet a szállítási lehetőségek, a népesség eloszlása (távhő) és az energiahálózatok kiépítettsége jelentősen befolyásolnak.



1. ábra: Az EU fűtési energiafelhasználás megoszlása az energiahordozók között 2017-ben.

Az energiahordozók szállítási lehetőségei jelentősen befolyásolják felhasználásukat. Az ábrán látható fűtési energiahordozók közül a bármilyen forrásból (megújuló, nem megújuló) származó távhő, tehát a fűtési energia hő formájában történő szállításánál érezhető legnagyobb mértékben a távolsági korlát. A nagy nyomású forró víz szállításánál fellépő hőveszteségek miatt a jelenlegi technológiával a távhő szállítása megközelítőleg 30-40 km-es sugarú körzetben belül gazdaságos (Zsebik, 2004).

A biomassza, a földgáz és az egyéb fosszilis energiahordozók szállítási lehetőségeit az energiasűrűségük, illetve fűtőértékük határozza meg. Mindkét mennyiség az egységnyi anyagból kinyerhető energiát határozza meg. Míg feketeköszent 500 km-es távolságból is megéri szállítani

(Lawrie *et al.*, 2007) addig például a faapríték szállítása anyagi minőségétől és a nedvességtartalomtól függően maximálisan 25-50 km-es távolságra gazdaságos (Searcy *et al.*, 2007).

Földgáz esetében a fogyasztást a gázhálózat kiépítettsége befolyásolja. A vezetékes energiaellátást tekintve, rendszerszintű hőellátás szempontjából a földgáz a legpraktikusabb energiahordozó. Vezetéken történő szállítása több ezer kilométer távolságba is történhet (Gudmundsson *et al.*, 2003). Tehát a villamos energiához hasonlóan nagy távolságokba gazdaságosan szállítható, ám a tárolása nagyobb mértékben megoldott, tartalékolható és szállítása során minimális veszteségek lépnek fel.

A tüzelő-, illetve fűtőanyaggal üzemeltetett erőművekben előállított villamos energiaként a termelt energiamennyiség mindössze 30-40%-a képes hasznosulni, a maradék hőenergia mennyiség csak kapcsolt erőművekben hasznosulhat. Mivel az energiamennyiség 60-70%-a elveszik, ezért a hagyományos villamos energia alapú például elektromos fűtőtestes fűtés tekinthető a legenergiapazarlóbb fűtési módszernek.

Az 1. táblázatban összefoglalva láthatók a fűtési energiahordozók legnagyobb gazdaságos szállítási távolságai.

1. Táblázat: Egyes energiahordozók maximálisan gazdaságos szállítási távolsága.

Energiahordozó	Energiatartalom (Waldheim and Nilsson, 2001)	Maximális szállítási távolság
Metán (földgáz)	34 MJ/m ³	>1000 km
Fűtőolaj	36,5 MJ/m ³	>1000 km
Feketekőszén	16-33 MJ/m ³	500 km
Biomassza (fa, fapellet)	4,5-8,3 MJ/m ³	25-50 km
Villamosenergia		>1000 km (Kavvadias and Quoilin, 2018)
Távhő		30-40 km

2.2.2. A távhőrendszerek kialakulása és fejlődése

A távhő épületenergetikai célú felhasználása hosszú múltra tekint vissza, felhasználását hőhordozó közeg szerint két csoportra, vízre és gőzre oszthatjuk. Megjelenésüket a technológia fejlődése, illetve a természetes erőforrások elérhetősége befolyásolta.

Balneológiai célra már az időszámításunk előtti hellén kultúra is használta a természetes hévizek hőenergiáját, ám igazán nagy technológia fejlesztés a Római Birodalomban született meg a hévizek és a meleg levegő fűtési célú felhasználásának (Basaran, 2007).

A római kor után sok technológiai fejlesztés feledésbe merült, az európai távhő hasznosítás következő mérföldkövének az 1322-ben Franciaországban a Chaudes-Aigues nevű faluban kiépült geotermális hőhasznosító rendszert tekintjük. A rendszer a mai napig üzemel, kezdetben a közel 80 °C-os szabad kifolyású forrásból fa csöveken keresztül szállították a forró vizet a falu házaiba és templomába (Rezaie & Rosen, 2012). Ám ez az újdonság még nem járulhatott hozzá a távhőrendszerek elterjedéséhez, hiszen inkább természeti adottságnak, mintsem technológiának volt köszönhető az első francia rendszer létrejötte.

A XVIII. század elejétől egyes európai uralkodói házakban légfűtési rendszert alkalmaztak a kényelem biztosítása és a berendezés kormolódásának elkerülése érdekében, ám a szélesebb körű társadalmi réteg számára történő alkalmazás a XIX. század végéig váratott magára.

A modern távhőellátást négy generációra oszthatjuk, melyek technológiai konstrukcióját gazdasági és műszaki okok befolyásolták.

Birdsill Holly Lockportban kipróbált rendszere és szabadalmi nyomán 1880-ban Denverben kezdte meg működését az USA legelső kereskedelmi távfűtési rendszere. Innentől számítja a szakirodalom a távfűtési generációit és ezzel Hollyt tekintjük a távfűtési atyjának (Gallo, 2003).

Az első generációs, gőzrendszereket az 1880 és 1930 közötti időszakban építették ki. Létrehozásukkor elsődleges szempont volt a lakásokban addig használatos kazánok leváltása, a kényelem biztosítása, a kazánrobbanás veszélyének csökkentése. A technológia bevezetésével csökkent a városközpontokban a légszennyezettség, így a londoni típusú szmog előfordulása és az e miatti megbetegedések száma, mivel a fűtőművet el tudták helyezni az iparterületekre, a városok sűrűn lakott részétől távolabb.

Ezeket a rendszereket mára már modernizálták a hőveszteség csökkentése, gőzrobbanások elkerülése érdekében. Amerikában szélesebb körben elterjedtek a gőz hőhordozójú rendszerek, és néhány városban még ma is használatban vannak. (Lund *et al.*, 2014).

A nagynyomású vizes rendszereket energiamegtakarítás és ellátásbiztonság, balesetmegelőzés miatt kezdték alkalmazni. A második generációs távhőrendszerek korának az 1930-as és 1980-as évek közti időszakot tekinthetjük. A második világháború kezdetéig Németországban, Franciaországban és a jelentősebb európai városokban megjelentek ezek a szén vagy olaj tüzelésű fűtőművek által ellátott távhős rendszerek és később a háború utáni üzemanyag és erőforráshiány is nagyot lendített a használatukon (Lund *et al.*, 2014).

A harmadik generációs technológia kialakulásához az olajválságra való reagálás vezetett, főleg a skandináv és a kelet-európai hálózatok alapját alkotja. A konstrukció sajátja, hogy nagynyomású vízként legtöbb esetben 100°C alatti ellátási hőmérsékletű víz kering. Jellemzői az előregyártott szabványalkatrészek, illetve az anyagtakarékos eljárás. Az olajválságot követően kiemelten fontossá vált az ellátásbiztonság, alternatív tüzelőanyagként megjelentek a szén, biomassza és hulladék tüzelőművek a rendszerben (Lund *et al.*, 2014).

A távhőellátás legújabb generációjának elsődleges feladata lesz a korunk elvárásainak való nagyobb mértékű megfelelés. Az EU-s céloknak megfelelően lényeges fontosságú a megújuló energiák nagyobb arányú használata rendszerszinten és technológiai újításokkal az energiahatékonyság növelése.

Az egyre szélesebb körben elterjedő klímaberendezések az utóbbi időben jelentősen megnövelték a villamos energia fogyasztást a nyári időszakban, egy a téli fűtési időszakhoz hasonló csúcsot generálva (Fang *et al.*, 2014). A távhűtés rendszerének kiépítése csökkentheti az országok primer energia felhasználását, hiszen az energiakevesebb átalakuláson megy keresztül, így kevesebb veszteséggel jut el a felhasználás helyére (Powell *et al.*, 2013).

A nagy távolságú, 30 km-es körzeten túli hőellátás biztosítása a nagyobb erőművek által centralizáltan termelt, részben vagy egészen kihasználatlan hőenergia felhasználása szempontjából is kiemelt fontosságú területe a távhőellátó rendszerek fejlesztésének. Bár a legtöbb szakirodalmi forrás küszöbértékként a 30 – 50 km-es tartományt jelöli megvalósítható hőátviteli távolságként, bizonyos technológiai-gazdasági paraméterek és esetleges piaci körülmények teljesülése esetén hosszabb távolságok is elérhetőek (Kavvadias & Quoilin, 2018).

2.2.3. Villamos energia hálózatok kialakulása, fejlődése

A közcélú villamos energia ellátás az 1880-as évek végétől tölt be fontos szerepet az emberiség életében. A gyakorlatban a váltakozó áramú villamosenergia szállító rendszerek terjedtek el, mivel az egyenáramot nem lehet transzformátorral magasabb feszültségszintre transzformálni (Antal, 2013). Nagy távolságokra azonban csak magas feszültségen szállítható az energia e formája, így egyszerűbb volt az akkori technológiával a váltakozó áramú villamosenergia hálózat kialakítása.

A jelenlegi villamoshálózati rendszerek lényeges sajátága a hurkoltság, vagyis az $n-1$ elv. Ennek lényege, hogy bármely két hálózati csomópont között egynél több átviteli út létezik, így egy vezeték kiesése esetén is üzemképes marad a hálózat (Faludi és Szabó, 2012). Az ellátásbiztosság garantálása céljából újabban kiemelt jelentőséggel bírnak a smart grid alkalmazások. Az okos hálózatok eredeti rendeltetésük szerint érzékelő, beavatkozó műszerekkel rendelkeznek, a meghibásodások kis területre koncentrálódása érdekében. Manapság azonban céljuk a fogyasztási költségek optimalizálása és az energiatárolásban való részvétel is (Gungor *et al.*, 2011).

Jelenleg a villamosenergia-iparban szintén a megújuló erőforrásból termelt energia egyre nagyobb részesedése indukálja a kutatás-fejlesztési irányokat. Az állami támogatás élvező időjárásfüggő erőműveknek nem célja, hogy a piac igényeinek kielégítésére termeljenek, mivel az Európában legelterjedtebb ún. „feed-in tariff” támogatási rendszer lényege, hogy fix áron vásárolja meg az állam a termelőktől a villamos energiát, ami torzítja a piaci viszonyokat (Lipp, 2007). Az Európai Bizottság 2017-ben hatályba lépett iránymutatása erősen korlátozza a fix támogatási ár alkalmazási körét, helyette piaci integrációt szorgalmaz (Európai Bizottság, 2014).

A megújuló erőforrásból termelt villamosenergia piaci integrációjától az EU a nagyobb hatékonyságot, költségoptimalizálást várja el. Az Uniós irányelveknek megfelelően a tagállamok már csak bizonyos mértékig piacintegrált támogatási rendszereket alkalmazhatnak, amitől elvárható, hogy jobban ösztönzi a termelőket a piaci folyamatok követésére.

Az villamos energia átvételi ár az erőmű költségeinek megtérülése, gazdaságossága szempontjából lényeges. Az erőmű költségei között megkülönböztetünk állandó és változó költségeket. A változó költségek legnagyobb részét a tüzelőanyag vagy üzemanyag adja (Gács, 2012). Ezek alapján a „zöld energia” változó költségeit közel nullának tekinthetjük, így a megtérülési számításoknál a beruházási, karbantartási költségek lényegesek. Nagyobb erőmű beépített teljesítménynél megfontolandó lehet a termelők számára egy energiatermelővel együtt működtetett energiatároló berendezés létesítése is, mellyel kiküszöbölhető az alacsony piaci árak melletti kényszerű villamosenergia eladás.

2.2.4. Földgázhálózat kialakulása, fejlődése

A tüzelőanyagkénti gázhasználat három szakaszra osztható. Az első korszak 1810-től az 1920-as évekig tartott. Ekkor nem földgázt használtak tüzelőanyagként, hanem szénből, illetve olajból állítottak elő gázt, melyekkel a közvilágítást üzemeltették. Ám az 1870-es évektől jelentősen visszaszorult a gázlámpák használata a nagyvárosokban a szénszálas izzó feltalálásának köszönhetően. Az elektromos világítás elterjedése miatt a gázipar új felhasználási módszereket keresett a gázhasználatra, ekkor kezdődött el a hasznosítása fűtésre és melegvíz ellátásra, illetve ipari célokra (Evans & Fatima, 2013). Az első gázkorszaknak az első világháborúban kialakuló erőforrás-, köztük szén hiány vetett véget.

A hagyományos gáz korszak a XX. század elejétől napjainkig tart. Az első gázmezőket olajkinyerés céljából fúrt kutak által fedezték fel. Kezdetben az európai országok saját tartalékukat élték fel, de az '50-es évektől már jelentős importigény körvonalazódott, így nemzetközi kapcsolatok révén elkezdtek kiépülni az egyre nagyobb technológiai fejlettségű, transzkontinentális hálózatok (Bouzarovski *et al.*, 2015). Európába jelenleg négy irányból, Afrika, Közel-Kelet, Oroszország és a skandináv országok felől történik a rendszeres gázellátás.

2015-ben az Európai Unió lakossági hőenergiájának 41 %-a földgázból származott (Heat Roadmap Europe, 2017). A volt szocialista blokk fejlett gázhálózata politikai érdekek eredményeképpen formálódott és a jelenlegi európai gázellátásnak sem sikerült függetlenednie a politikai befolyásoltságtól.

A gázfelhasználás legújabb, alternatív irányvonala az európai importfüggőséget is igyekszik csökkenteni, az EU energiapolitikai céljainak megfelelően az ellátásbiztonság növelése céljából.

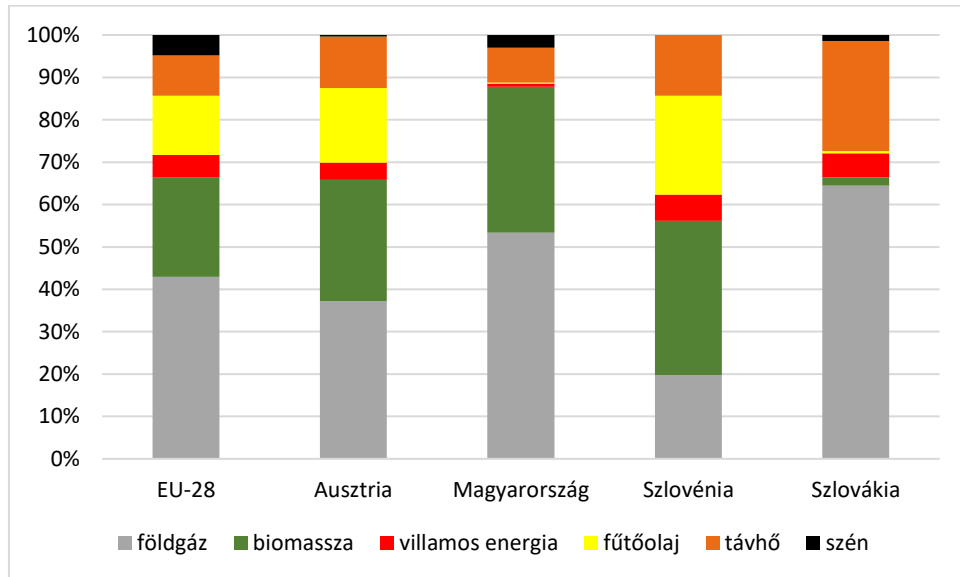
Alternatív irányt jelenthet a földgázigény kielégítésére a biogázból származó biometán földgázhálózatba táplálása, illetve autógázként történő hasznosítása is. Jelenleg nincs uniós szabvány a biometán földgázként való hasznosíthatóságáról és a tisztítási technológia kiépítése is magas költségekkel jár, így leggyakoribb felhasználási módként a biogáz üzemekben gázfáklyával égetik el a változó összetételű, átlagosan 45-75% metán tartalmú gázelegyet (Uusitalo *et al.*, 2013). A biogáz égetése útján történő villamos energia kinyerése energiagazdálkodás szempontjából nem túl kedvező, mivel ilyen módszerrel az energiatartalomnak mindössze 1/3-ad részét tudjuk villamos energia formájában hasznosítani (Tóth *et al.*, 2019). A maradék 2/3-ad rész hőenergiát kizárólag a kapcsolt erőművek képesek hasznosítani például távhő formájában, ami jelentősen behatárolja a hálózati hőveszteségek miatt a szállítási sugarat.

A biometán földgázhálózatba táplálása ezzel szemben azért lenne kedvezőbb megoldás, mivel az energia átalakítás közvetlenül a fogyasztóknál történne, így nem kell számolnunk az energia többszörös átalakításából adódó veszteségekkel.

A fentebb említettek szerint elektromos árammal való hőenergia termelés a legdrágábban előállított, legtöbb veszteséggel járó fűtési mód. Remélhetőleg a jövőben a biogáz tisztítási technológiák beruházási költségének csökkenésével és a támogató jogszabályi környezet megalapozásával (pl. a megújuló erőforrásból előállított villamos energia átvételi árához hasonló támogatási rendszer kidolgozása) lehetőség nyílik a biogáz energetikailag hatékonyabb hasznosítására.

2.3. A vizsgált országok jellemzése hőenergia felhasználás szempontjából

Láthattuk, hogy a fűtési energiahordozó felhasználást jelentősen befolyásolja az egyes országok földrajzi fekvése, az országon belül elérhető nyersanyag fajtája és mennyisége, illetve a szállító-elosztó hálózatok kiépítettsége. A fogyasztási adatok alapján megfigyelhető, hogy a vizsgált négy ország közül az energiaelosztó hálózati infrastruktúrája Szlovákiának a legjobban kiépített, míg Szlovéniában inkább egyedi fűtési módokat alkalmaznak.



2. ábra: Lakossági fűtési energiafelhasználás részesedése energiahordozónként 2017-ben.

Az energiahordozók felhasználását a múltban jelentősen alakították a tüzelőanyag árak. Erre jó példa a kőolaj fűtési energiafelhasználásának felfutása az 1960-as években, majd az olajválság hatására az energiahordozó elhagyása az 1980-as, 90-es években.

Szlovákiában Magyarorszáéhoz hasonló tendenciák figyelhetők meg az energiafelhasználás alakulásában. A szocialista időkben mindkét ország erőltetett nehéziparát kis energiahatékonyság jellemezte. Az olajválság hatására az országok az ipar és munkahelyek fenntartása érdekében hitelekkel vettek fel, melyek előkészítették az adósságspirálba csúszásukat.

Ezzel szemben a nyugati országokban a hiány elkendőzése helyett korlátozásokat léptettek érvénybe (Hohensee, 1996), energiahatékonysági beruházásokba kezdtek (Mallaburn and Eyre, 2014), illetve igyekeztek diverzifikálni az energiamixet.

A volt szovjet blokk országokban – az olajválság után kiépülő földgázhálózat és az orosz földgázimport lehetősége miatt – a lakossági fűtésben a fűtőolaj felhasználási részarány kevesebb, mint 1%-os. Ez alól kivételt képez Szlovénia, ahol ez az arány 10% feletti (Eurostat, 2017).

Magyarország és Szlovákia földgázfelhasználás és a földgázhálózat kiépítettsége szempontjából az EU-s országok közt az élmezőnyben állnak, a két államot csak Hollandia előzi meg. Ausztria és Szlovénia a középmezőnyben foglalnak helyet.

A villamos energia felhasználás kis részesedését a fűtési energiafelhasználás mixében a villamos energia árával lehet magyarázni. Ez a másodlagos energiahordozó háromszor többbe kerül a vizsgált országokban, mint a közel azonos árú földgáz és távhő.

Biomassza felhasználásban közel azonos, az EU átlagánál 10%-kal magasabb a vizsgált országok részesedése a fűtési energiamixben. Ez alól kivételt képez Szlovákia, ahol bár európai szinten magasnak számít az erdőterületek aránya, ám a kitermelt faanyag mindössze 27%-a járul hozzá tűzifaként a háztartási energiafelhasználáshoz. Nagyobb része magasabb értékű faipari alapanyagként hasznosul (Oravec and Slamka, 2013).

Az EU energiahatékonysági, épületenergetikai és megújuló energia felhasználási irányelveinek megfelelően, valamint az éghajlatvédelmi vállalások miatt a jövőben várhatóan csökkenni fog a vizsgált országok lakossági hőenergia igénye, melyet távhő, biomassza és egyéb megújuló erőforrásból származó energia fog kielégíteni.

3. HÁZTARTÁSI HŐENERGIA FELHASZNÁLÁS ENERGIAGAZDASÁGI VIZSGÁLATA

3.1. Adatforrások, elemzési módszertan

Munkámban a földrajzilag közép-európai országok közül Ausztria, Magyarország, Szlovákia és Szlovénia energiafogyasztási adatait vizsgáltam. A vizsgált országok körét az adatok elérhetősége jelentősen befolyásolta, mivel igen kevés ország tartja számon statisztikai rendszerében a tűzifa áralakulását, melynek időbeni tendenciája kutatásom fontos része.

A fűtési energiahordozók fogyasztását és ezeknek egymáshoz viszonyított százalékos arányát (azaz a fűtési energiamixet) a 2005-2017 közötti időintervallumban vizsgáltam. A vizsgált energiahordozók a földgáz, a távfűtés, illetve a tűzifa részaránya a négy ország fűtési energiafelhasználásából összesen 80-95%-ot tesznek ki, így megfelelően reprezentálják az országok energiafelhasználását. Szlovénia és Ausztria esetében az olajfűtés is számottevő, 10% feletti részesedésű, ám ezek a többi ország energiamixéből kevesebb, mint egy százalékot tesznek ki.

A fűtési energiafelhasználás az országokban évről-évre változó értéket mutat. A következő fejezetekben részletesen ismertetem és elemzem a változások okait, különös tekintettel az energiahordozók árának fogyasztásra gyakorolt hatására. A gazdasági korrelációs vizsgálat előtt fűtési napfokszám adatokkal korrekciót végzek a fogyasztást befolyásoló hőhatás kizárása érdekében.

Az energiahordozók árait az adókkal együtt vizsgálom az Eurostat adatai alapján, melyek nincsenek korrigálva az éves infláció mértékével.

3.1.1. Időjárási korrekció a fűtési energiafogyasztási adatokon

Az energiafogyasztás mennyiségét több tényező, meteorológiai, gazdasági, társadalmi és technológiai okok befolyásolják. Munkámban a gazdasági tényezőkkel, a fűtési energiahordozók áralakulásával foglalkozok bővebben. Ennek vizsgálatához azonban a fogyasztási adatokat korrigálni kell a többi tényező hatásával.

Az országok fűtési összenergia felhasználásának ingadozó, egyik évben magasabb, másokban alacsonyabb értékét a változó időjárási viszonyok befolyásolják. Az éves fogyasztási értékek hőmérséklet általi befolyásoltságának kiszűrésére az Eurostat adatbázisában fellelhető Heating Degree Days értékeket használtam.

A HDD vagy fűtési napfokszám az épületek fűtési energiaigényét írja le úgy, hogy figyelembe veszi a kinti hőmérsékletet és az átlagos szobahőmérsékletet. Ha a napi átlaghőmérséklet 15°C felett van, $\text{HDD} = 0$, ha 15°C alatt van, akkor az Eurostat magyarázó jegyzéke alapján alábbi képlet alkalmazandó a HDD számításra:

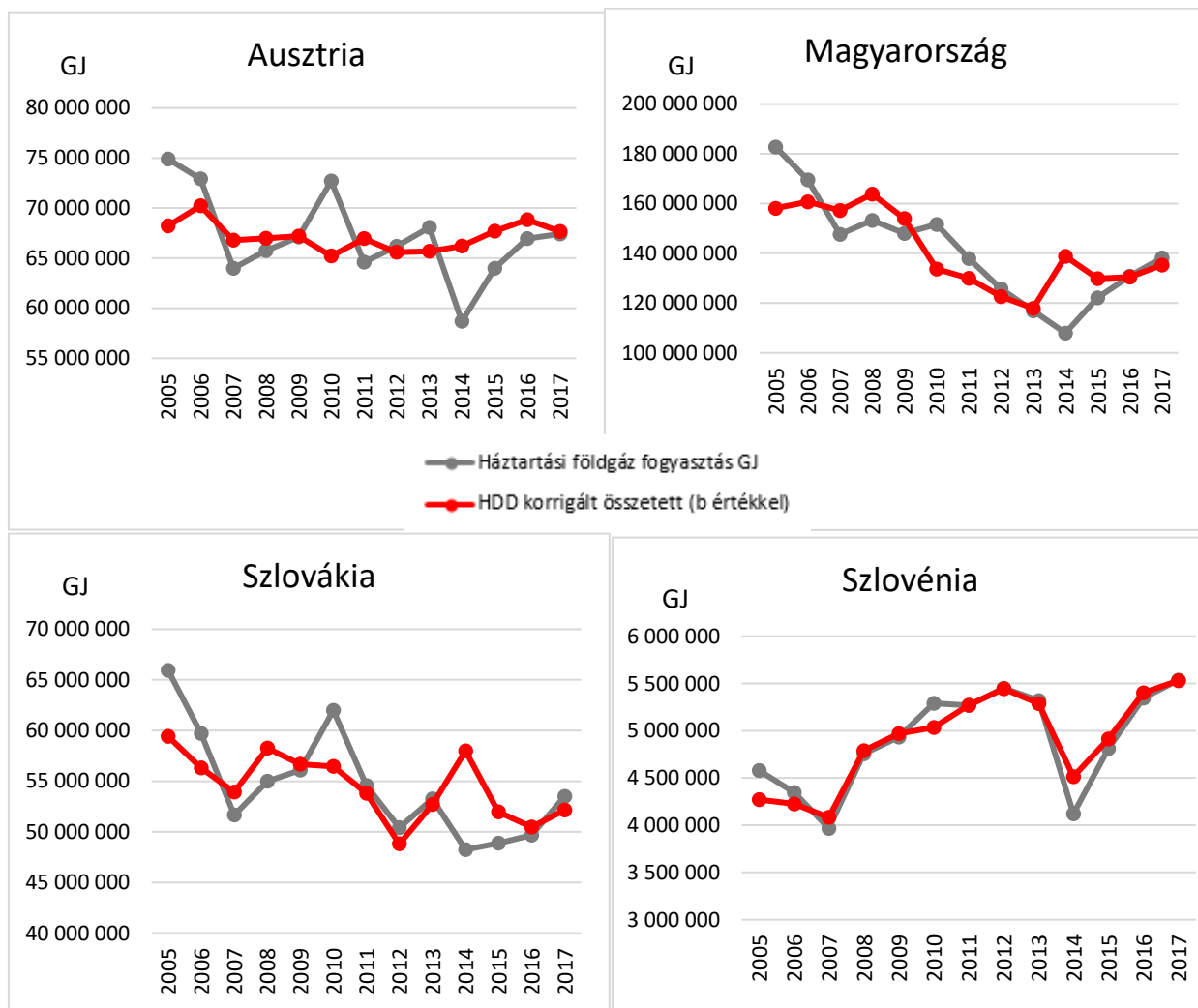
$$\text{HDD} = \sum^i (18^{\circ}\text{C} - \mathbf{T}_m), \text{ ahol } \mathbf{T}_m \text{ a napi átlaghőmérséklet, illetve } i \text{ a napok száma. } \quad (1)$$

A HDD-vel történő korrekcióhoz az Eurostat final energy consumption (FEC) és HDD adatait használtam fel. A számítást országonként és energiahordozónként külön végeztem. Az FEC és HDD adatok közt lineáris regressziót vizsgáltam Microsoft Office Excel segítségével, majd a lineáris trendvonal felvételével meghatároztam a b-értéket. Végül az alábbi képlet segítségével számítottam ki az évenkénti korrigált energiafogyasztást:

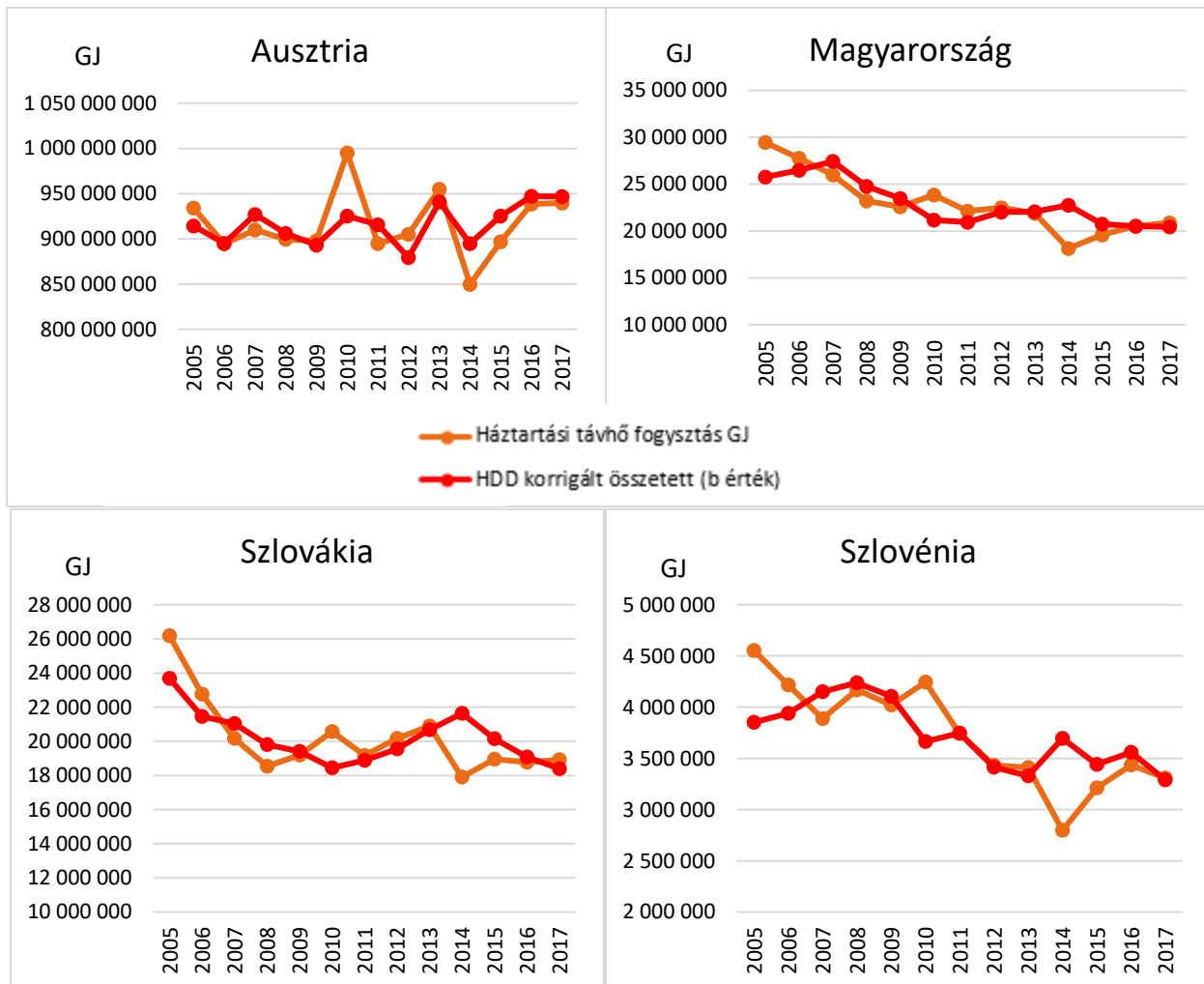
$$\text{FEC}_{\text{kor}}(\mathbf{t}) = \text{FEC}(\mathbf{t}) - \mathbf{b} * [\text{HDD}(\mathbf{t}) - (\sum_{t=1}^n \text{HDD}(\mathbf{t})) / \mathbf{n}], \text{ ahol } \mathbf{t} \text{ az adott év, } \mathbf{n} \text{ pedig a vizsgált évek száma.} \quad (2)$$

Az energiamixet befolyásoló technológiai okok lehetnek a már előzőekben tárgyalt energiahálózati infrastruktúra kiépítettsége és a szállítási lehetőségek. Szintén technológiai oknak tekinthető az épületállomány energetikai korszerűsítése. A hőszigetelés nélküli, rossz energiagazdálkodású épületek aránya növeli az országok energiafogyasztását. Magyarországon és Szlovákiában az ország teljes primerenergia fogyasztásának megközelítőleg 40%-a fordítódik helyiségfűtésre, míg Ausztriában és Szlovákiában ez az arány 25% körüli (Heat Roadmap Europe, 2017). Az épületállomány korszerűsítési folyamataira a HDD-vel történő korrekció után lehet következtetni, amennyiben az energiafogyasztás csökkenő tendenciát mutat.

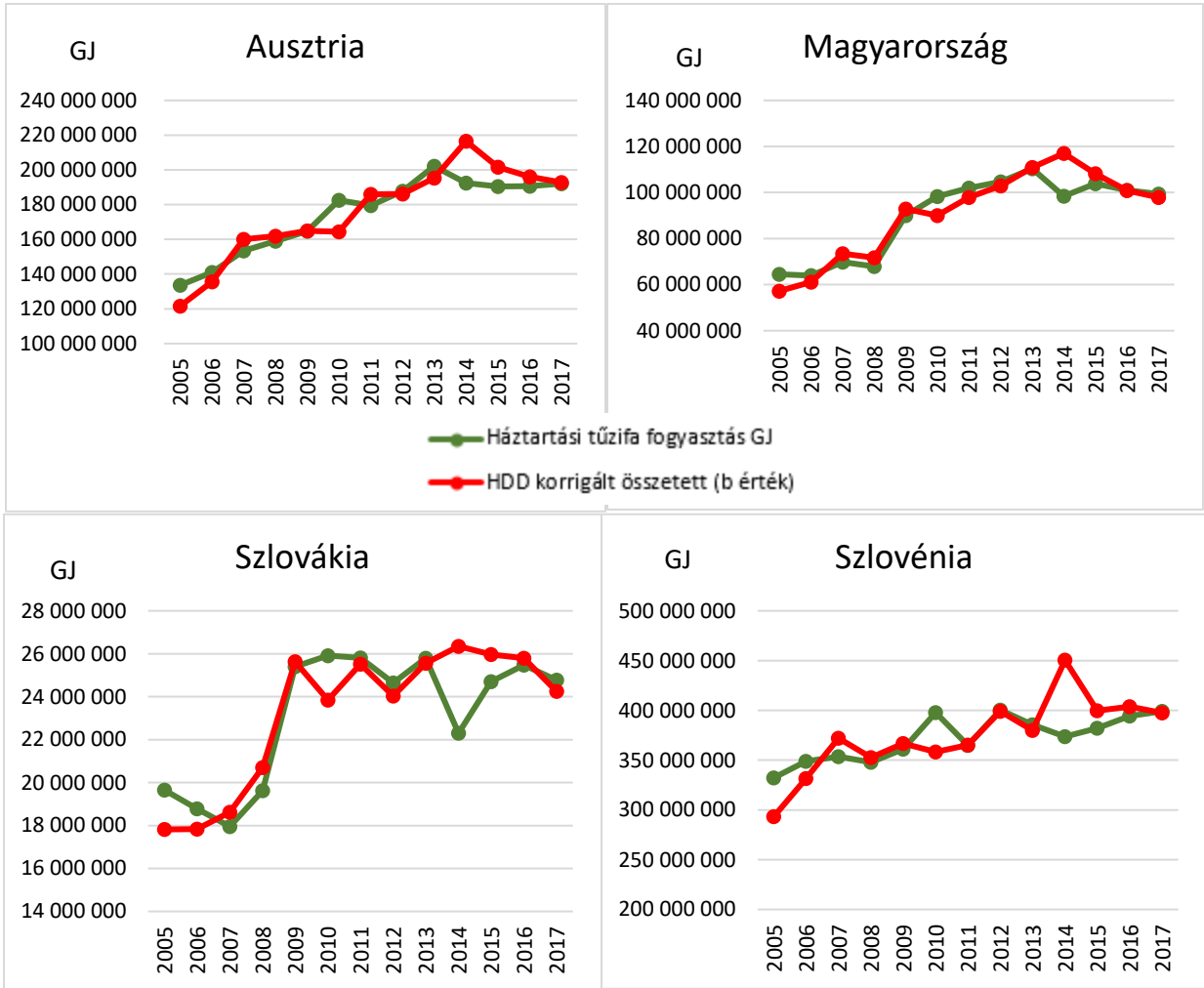
A fűtési napfokszámmal korrigált adatsorok és az eredeti fogyasztási adatok összevetése az alábbi ábrákon látható, ahol a piros színnel jelzett adatsorok a korrigált értékeket mutatják. A további számításokat az éves hőhatás változó mértékével korrigált fogyasztási adatokkal végeztük.



3. ábra: Háztartási földgáz fogyasztás HDD korrekciója.



4. ábra: Háztartási távhő fogyasztás HDD korrekciója.

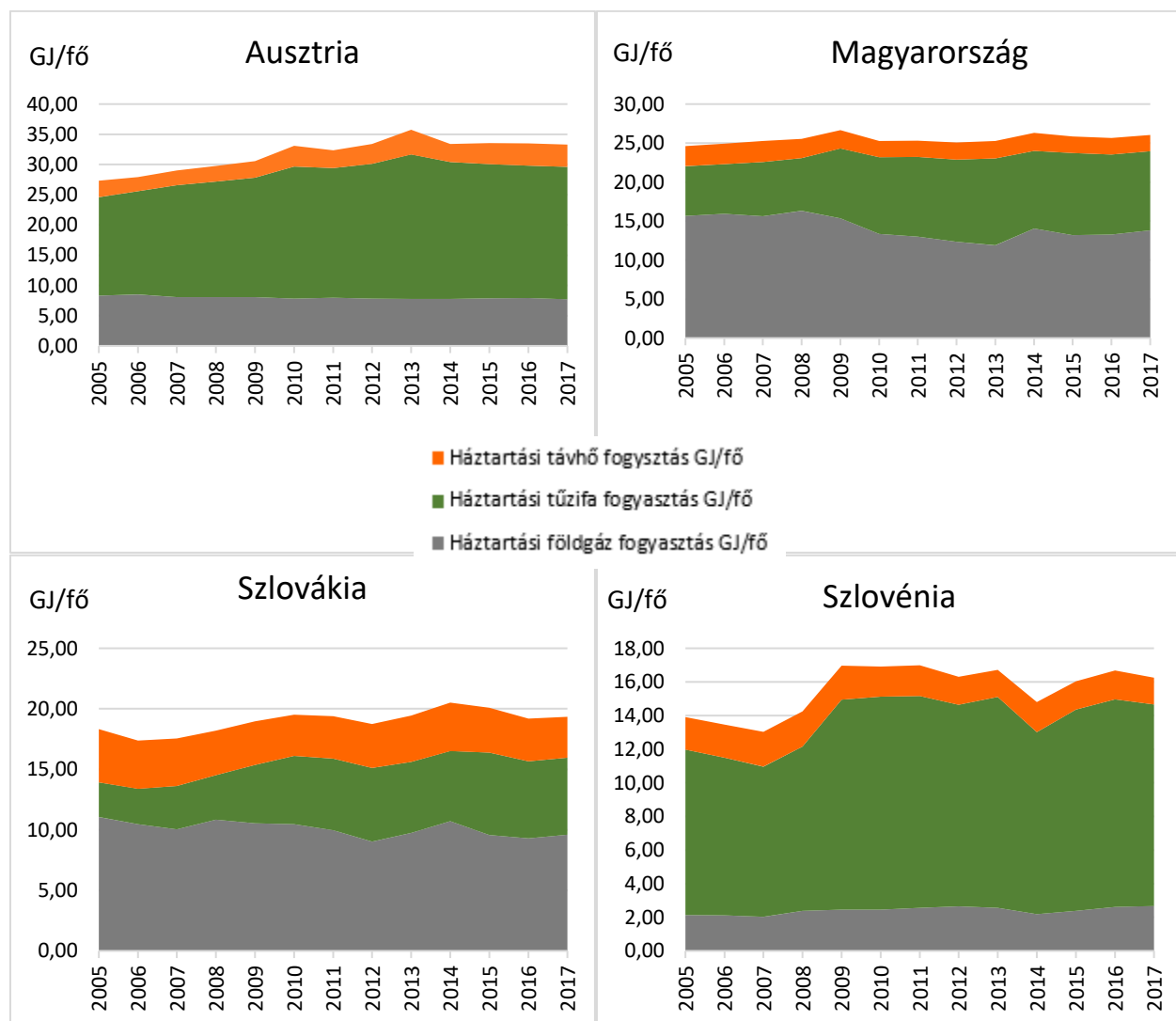


5. ábra: Háztartási tűzifa fogyasztás HDD korrekciója.

3.2. Gazdasági vizsgálatok

3.2.1. Háztartási fűtési energiafelhasználás időbeli tendenciái

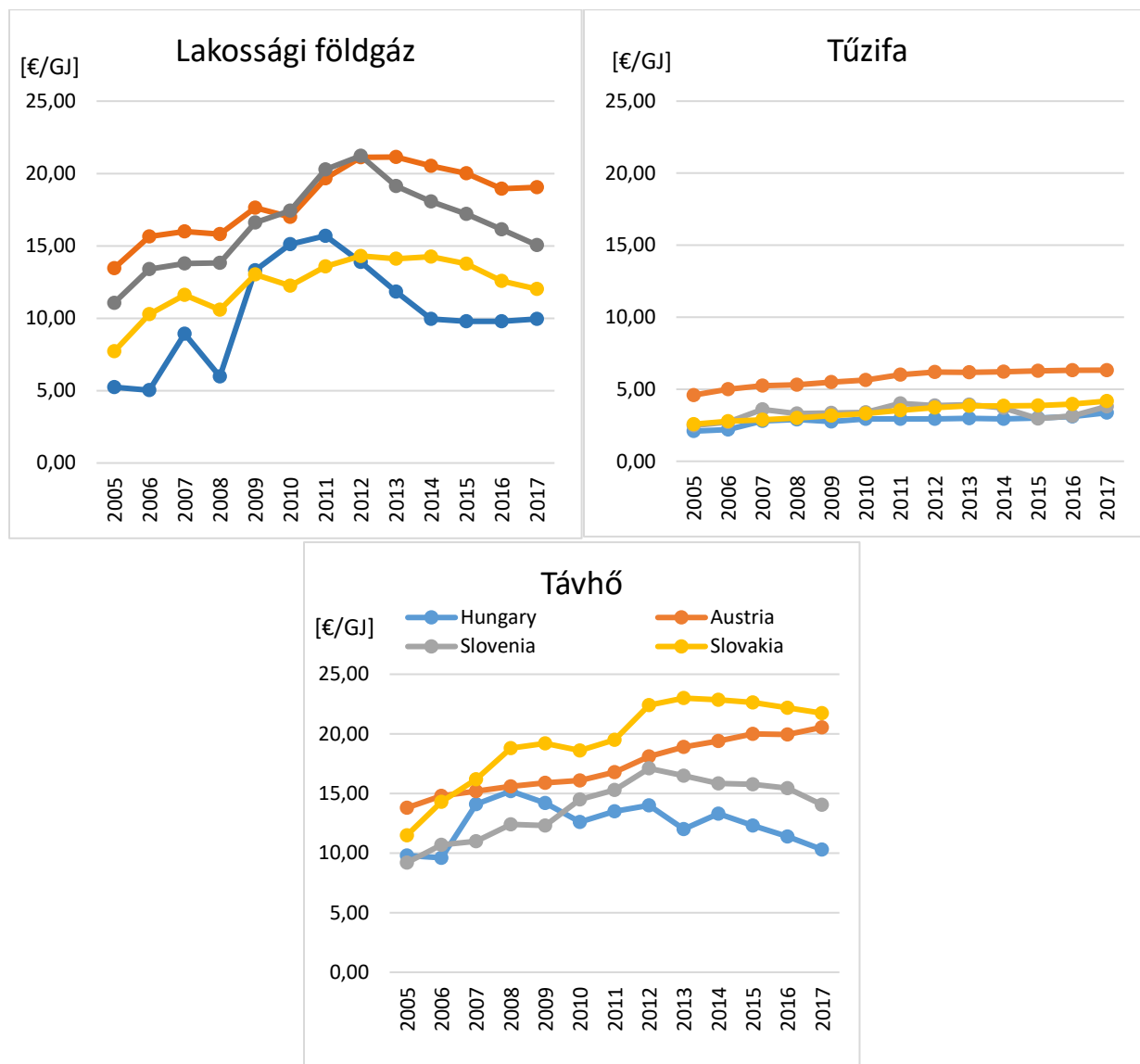
A vizsgált országok háztartási hőenergia felhasználásának összetételét a 6. ábrán láthatjuk. Az ábra alapján megállapítható, hogy tűzifa felhasználásban a vizsgált időintervallumban növekedés látható az országok közt. Távhő felhasználásban Ausztria esetében vehető észre a növekvő tendencia, mely az energiapolitikai törekvéseknek, és a megújuló hőenergia termelők növekvő részesedésének köszönhető. Gáz felhasználási adatokban enyhe csökkenés látható az országok közt Szlovéniát kivéve, ahol a fűtőolaj felhasználásának csökkenését a vizsgált időszakban a földgáz részarány növelésével kívánták elérni állami szinten.



6. ábra: Az országok egy főre jutó fűtési energiafogyasztása.

3.2.2. Árrugalmasság elemzése

Dolgozatomban célom volt vizsgálni az energiahordozók árának változását és ennek a változásnak az esetleges fogyasztásra gyakorolt hatását. Az Eurostat adatbázisa alapján állítottam össze a 7. ábrát, mely €/GJ mértékegységben ábrázolja az évenkénti energiahordozók árara vonatkozó adatokat, az adókat és járulékokat is beleértve.



7. ábra: Lakossági energiahordozó árak 2005-2017 között.

A földgáz világpiaci ára függ a dollár árfolyamtól és a kőolaj világpiaci árához kötött, ám azt kilenc hónapos csúszással követi le. Az ipari fogyasztók számára a földgáz alapára a világpiaci árakat követi, így a vizsgált országokban értéke közel azonos a 2005-2017 közötti időintervallumban.

Nem mondható el ez a lakossági földgázárakról, melyek adóértéke országonként különböző, illetve egyes országokban, például Magyarországon nem a világpiaci árakat követi, hanem az ár éves szintje hatósági árszabályozás keretében kerül meghatározásra. Az EU a piaci liberalizáció felé törekszik, ezért a 2003/55/EC (Irányelv a földgázpiac belső szabályozásáról) direktíva 2007-től lehetővé tette a lakosság számára a szabad szolgáltatóváltást (Kádárné Horváth, 2009).

A 7. ábra alapján látható, hogy Magyarországon az energiaárak rendre alacsonyabbak a többi vizsgált országhoz képest. Ám a világpiaci árak nagy mértékű növekedésének és a piacnyitás hatására a hatósági árszabályozást korrigálni kellett, mivel az ár nem volt összhangban a felmerülő költségekkel, illetve aránytalanul nagy terhet jelentett az ipari fogyasztóknak. Így 2006-hoz képest 2007-ben jelentős árnövekedés volt tapasztalható a lakossági földgáz árakban Magyarországon, mely befolyásolta a többi energiahordozó áralakulását is, így innentől a 2013-as rezsicsökkentésig vásárlóerő paritást nézve Magyarországon az energiefelhasználásra fordított kiadások az EU csúcserőkei közt foglaltak helyet (Sebestyén Szép, 2018).

2013-ban a magyar kormány a 2013. évi LIV. törvénnyel (a rezsicsökkentések végrehajtásáról) a lakossági terhek csökkentése érdekében a 2013-as árszint alá csökkentette a lakossági földgáz árát, így újból előkerült az EU által nem preferált keresztfinanszírozás jelensége a gázszolgáltatásban.

A gáz világpiaci árának távfűtésre gyakorolt hatása Ausztria, Magyarország és Szlovákia esetében régebben a mainál jóval jelentősebb volt, mivel a távhő jelentős részét gáz tüzelőanyag alapú erőművekben állították elő. Mára ez az arány a megújuló biomassza, illetve geotermikus bázis növekedése miatt csökkent.

A távhő árak az ismertett energiahordozó függésük miatt a földgáz árakkal azonos vagy enyhén magasabb értéken mozognak. Magyarországon a 2000-es évek elején a lakossági távfűtési díjak a gázdíjak kétszeresei voltak. Ez a jellemzően alacsony egy főre jutó jövedelmű, panellakásban élő háztartásokra aránytalanul nagy terhet rótt, így a 2000-es évek elején az Eurostat adatai alapján megfigyelhető tendencia volt a távfűtésről való leválás társasházi szinten. A távhőtársaságok védelme érdekében a kormány a 83/2005. (XII. 16.) Fővárosi Közgyűlési rendelettel tiltotta a távhőszolgáltatásról való leválást Budapesten 2009-ig, mikor az Alkotmánybíróság ezt alkotmányellenesnek ítélte.

A másik jelenség, az alacsony keresetű háztartások kiköltözése a budapesti panelházakból, mely megfigyelhető volt ebben az időszakban (Kádárné Horváth, 2012). Ez a folyamat csak rövid ideig csökkentette a családok kiadásait. A fővárosi munkahellyel rendelkező családok a háztartási

költségek csökkentése érdekében jellemzően az agglomeráción túli településekre költöztek, mely megnövelte a munkába járás idejét és költségeit. Ennek hatására egy idő után az ingázás is nagy terhet rótt a családi kasszára, így kénytelenek voltak felmondani munkahelyükön és a közelben egy alacsonyabb fizetésű munkahelyen próbáltak szerencsét. Ebbe a spirálba belecsúszva jellemzően nem jártak jól a családok, hiszen közben a távhő árak lassú csökkenésnek indultak, miközben a budapesti ingatlanok felértékelődtek és a fizetések emelkedtek.

A tűzifa árak minden országban lassú, de folyamatos növekedést mutatnak a vizsgált időszakban. A vizsgált energiahordozók közt a legalacsonyabb egységárral rendelkeznek, ám a rezsicsökkentés nem érintette áralakulásukat.

A lakossági energiahordozó fogyasztás és áralakulást árindexként szemléltetem a 8. 9. 10. ábrákon. A fogyasztás ár adatok összefüggésének vizsgálatához a Microsoft Office Excel korrelációfüggvényével korrelációvizsgálatot végeztem. A korrelációs együttható minden esetben megfelelt a szignifikancia próbának, így a próba helyesnek bizonyult.

A vizsgálat alapján a negatív korreláció jelentése, hogy a közgazdasági racionalitásnak megfelelően az ár növekedése fogyasztás csökkenést okozott, pozitív korreláció esetén pedig az ár növekedése ellenére nőtt az országok egy főre jutó, HDD-vel korrigált fogyasztása.

2. Táblázat: Lakossági hőtermelésre használt energiahordozók fogyasztás – ár korrelációja.

	Földgáz	Távhő	Tűzifa
Magyarország	-0,698506302	0,000855	0,76623
Ausztria	-0,773207113	0,792615	0,93726
Szlovénia	0,629153014	-0,76418	0,567756
Szlovákia	-0,600900341	-0,6068	0,833842

A 2. táblázat eredményei alapján Ausztria esetében erős, Magyarország és Szlovákia esetében gyengébb korrelációs együtthatóval megállapítható, hogy a lakossági földgáz árának emelkedése fogyasztáscsökkenést okozott a vizsgált időszakban. Ez a tendencia a 8. ábrán is látható. Szlovénia esetében az árnövekedés ellenére növekvő földgáz fogyasztást tapasztaltunk, ami összhangban áll Szlovénia energiapolitikai célkitűzéseivel, mi szerint a fűtőolaj fogyasztást csökkenteni, illetve a földgáz részesedését növelni kívánják (Integrated National Energy and Climate Plan for Slovenia, 2018).

A távhő felhasználás Magyarországi felhasználás és ár adatai közt nem találtunk kapcsolatot, ez a távhő felhasználók kiszolgáltatottságának valószínűsíthető, mivel a kormány 2009-ig tiltotta a

távhőszolgáltatásról való leválást. Jelenleg engedélyezett a gázzolgáltatásra való egyedi áttérés, ám ez jelentős beruházási tökeigényű, amit a kormány nem támogat.

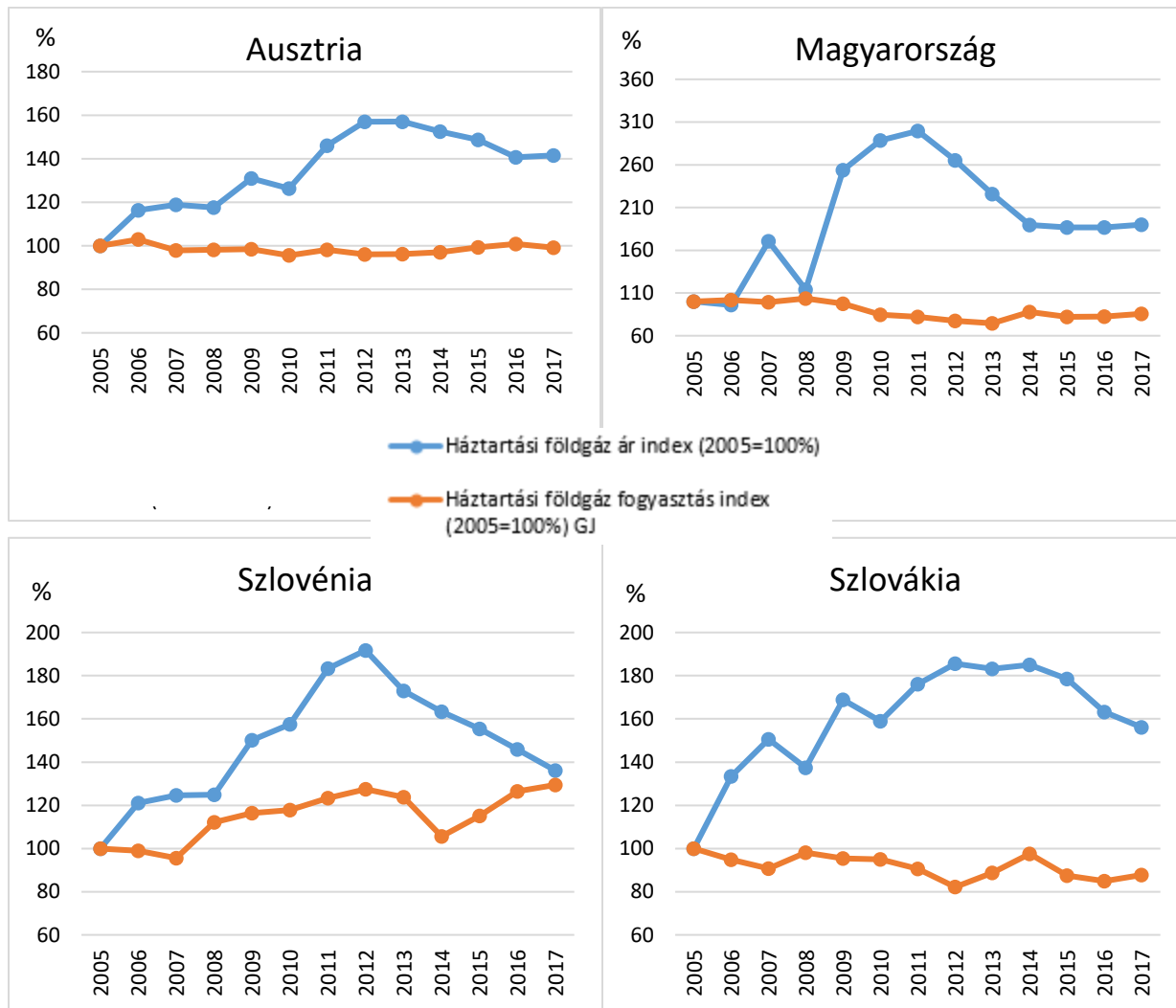
Ausztria esetében az Eurostat SHARES 2017-es adatai alapján is látható, hogy a jelentős távhő felhasználás növekedés a megújuló energia alapú fűtési rendszerek növekvő arányú részesedésének köszönhető.

Szlovákiában, illetve Szlovéniában a korrelációs együttható -1-hez közeli értéke, illetve a 9. *ábra* alapján megállapítható, hogy a fogyasztói ár növekedése felhasználáscsökkenést eredményezett. A csökkenés valószínűsíthető okai lehetnek a panelház korszerűsítési programok, illetve a levélások a távhő rendszerről.

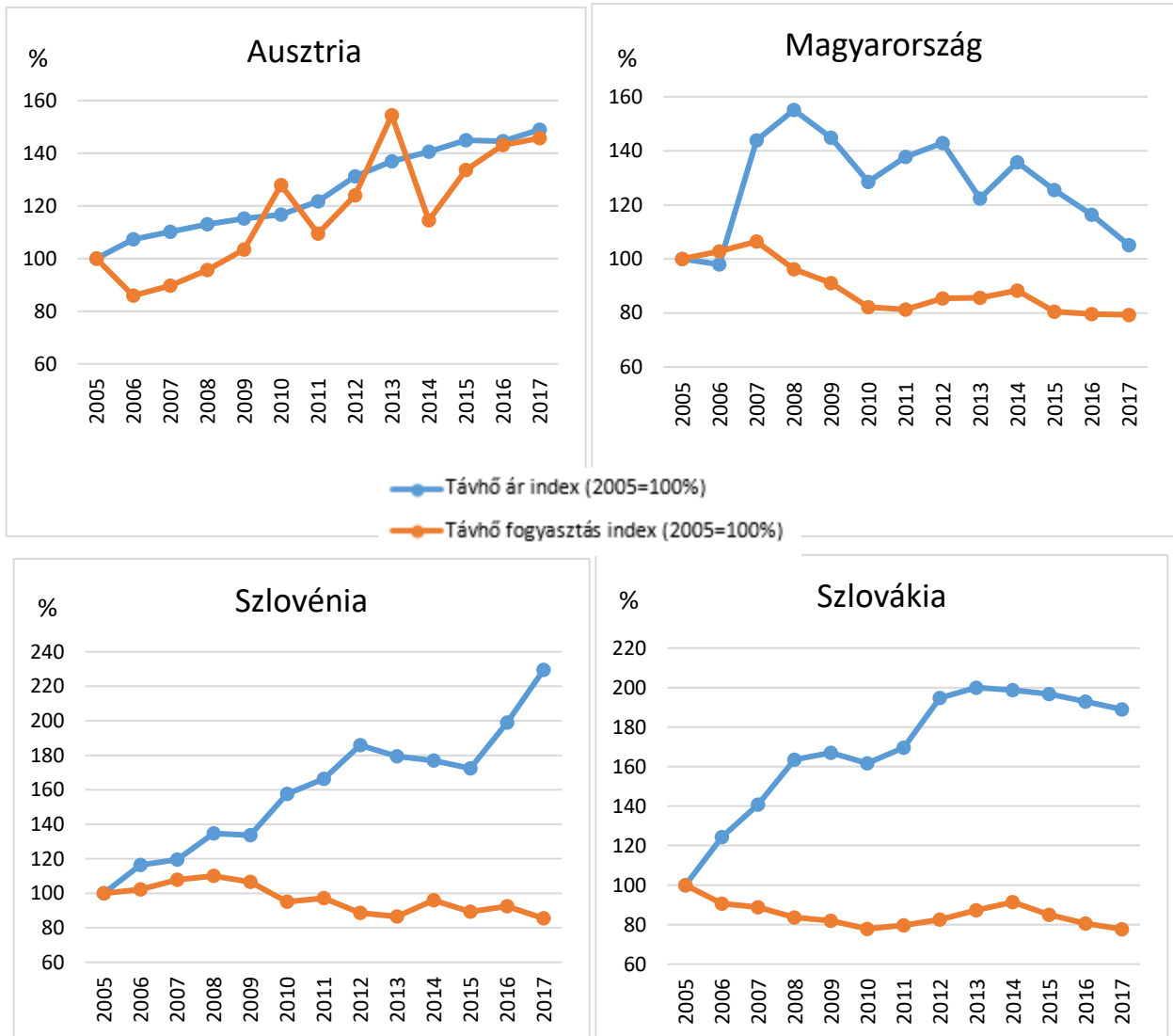
A tűzifa felhasználás-ár korrelációjából, illetve az ábrán látható fogyasztás-ár index adatokból megállapítható, hogy a háztartási tűzifa fogyasztásban a közgazdasági racionalitással ellentmondó tendencia tapasztalható, tehát minden országnál az ár növekedésével együtt nőtt a felhasználás mértéke is.

A nagy mértékű tűzifa felhasználás a volt szocialista országokban általában a szegényebb társadalmi réteghez köthető, ugyanakkor az EU által előírányzott megújuló energia részarányban, így klímavédelmi célokban is szerepet játszik. A 10. *ábrán* is látható, hogy a tűzifa ára a nagy mértékű áremelkedés ellenére is 2-4-szer kisebb árszinten maradt egységnyi energiára vetítve, így még mindig a legolcsóbbnak tekinthető a vizsgált energiahordozók közül.

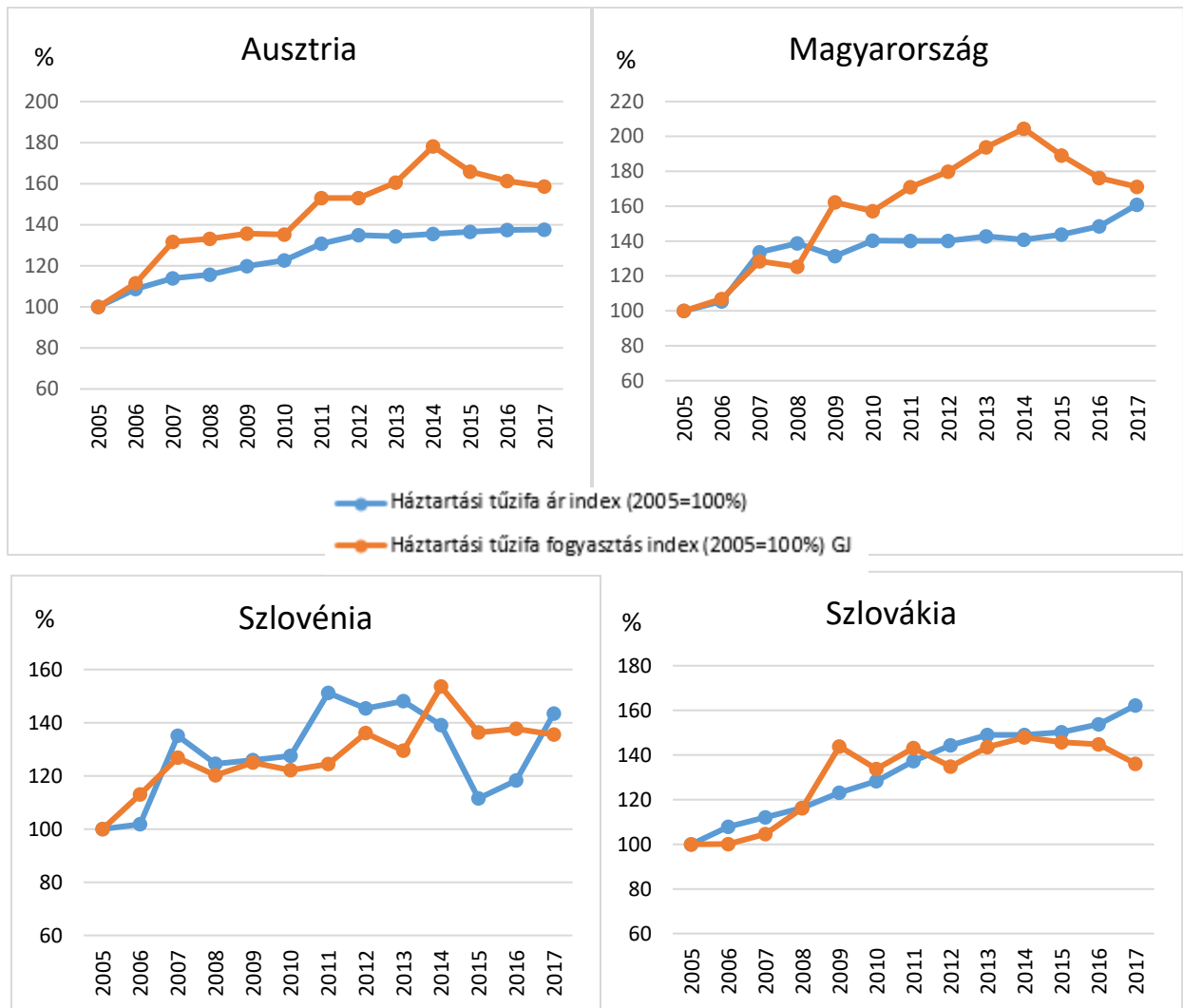
A tűzifa felhasználási körében szerepet játszik az egyéb lehetőségek hiánya is. Kiepített energiahálózat hiányában egyedi fűtési módok lehetségesek, ilyenek például a szén, fűtőolaj és fatüzelés.



8. ábra: Háztartási földgáz fogyasztás-ár index (2005=100%).



9. ábra: Távhő fogyasztás-ár index (2005=100%).



10. ábra: Háztartási tűzifa fogyasztás-ár index (2005=100%).

3.3. Társadalmi, fenntarthatósági hatások

Az előző fejezetben ismertettük a háztartási hőenergia felhasználás gazdasági vonzatait ám, az energiafogyasztás mennyiségét több tényező, meteorológiai, gazdasági, társadalmi és technológiai okok befolyásolják. Ebben a fejezetben a társadalmi, fenntarthatósági tényezőket vizsgáljuk.

Az EU irányelveinek megfelelően 2030-ig 40%-os üvegház hatású gáz kibocsátás csökkentést, 32%- megújuló energia részarányt, illetve 32,5%-os energiahatékonyság növelést kell elérnie az Európai Unió tagállamainak együttesen.

A háztartások fő energiafelhasználása fűtési célú, ez EU-s átlagban, 2017-ben, 64%-ot tett ki, így a döntéshozók számára nagy jelentőséggel bírhat a lakosság elköteleződésének támogatása a megújuló erőforrásból termelt hőenergia iránt.

Magyarországon a fűtési célú energiafelhasználás 74%-os részesedésű, mellyel arányaiban az Európai Unió második legnagyobb háztartási hőenergia felhasználója (Eurostat, 2017).

A nagy hőenergia fogyasztás oka a korszerűtlen épületállomány. A nagy energiafelhasználásból következik, hogy a lakosság a keresetének jelentős részét kénytelen a fűtési energia fedezetére fordítani.

Az energiafelhasználás társadalmi okai közt az energiaszegénység nagy szerepet játszik. Energiaszegénynek azok a háztartások tekintendők, melyek nem képesek megfelelő szintre fűteni házukat/lakásukat, illetve a megfelelő fűtés aránytalanul nagy terhet jelent nekik a bevételeikhez képest (Fülöp & Lehoczki-Krsjak, 2014). Az energiaszegénység okai az alacsony jövedelmek, a magas energiaárak és az épület alacsony energiahatékonysága lehet. AWHO a fűtés megfelelő szintjét a nappaliban 21°C-nak, a többi helyiségben 18°C-nak határozta meg (European Union, 2016).

Az EU jelenleg nem rendelkezik egységesen kidolgozott módszerrel az energiaszegénység mértékének megállapításához. Az Egyesült Királyságban az energiaszegénység küszöbértéke 10%, tehát azok a háztartások tartoznak ebbe a körbe, ahol a jövedelem 10%-ánál többet fordítanak az energiaszámlák kiegyenlítésére. Ez a medián érték kétszerese. Ha Magyarországon ezzel a definícióval számolunk, akkor tekinthetünk energiaszegénynek egy háztartást, ha a jövedelem 34%-ánál költi többet energiára. Ez megközelítőleg 300-380 ezer háztartást jelent. Ha pedig azokat a háztartásokat nézzük, melyek az átlagnál (21%) költik többet, akkor 800 ezer háztartási érint a jelenség (Fellegi and Fülöp, 2012).

4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

1. A 2005-2017 közötti időszakban egy főre jutó háztartási fűtési energiafelhasználás csökkenés az energiahatékonysági törekvések ellenére nem következett be. Ausztriában jelentősen, Szlovéniában kisebb mértékben növekedés tapasztalható.

Ez a jelenség két lehetőséget tesz lehetővé, mi szerint vagy nem voltak érezhető mértékűek az országok teljes épületállományához képest az épület korszerűsítési beruházások vagy a visszapattanó hatás (rebound effect) által az energiahatékonyság javulás és így a relatíve olcsóbb energia túlfogyasztást eredményezett, mely nagyobb mértékű volt, mint a tényleges energiamegtakarítás. Ezt a jelenséget Jevons-paradoxonnak nevezik.

Az energiahatékonyság javulás 2030-ig meghatározott 32,5%-os és az üvegház hatású gázok kibocsátáscsökkentésének 40%-os értéke Európai Unió által meghatározott kötelezettsége a tagállamoknak, így a döntéshozóknak nagyobb figyelmet kell fordítaniuk az energia felhasználási folyamatok indikátoraira, hiszen e két cél összekapcsoltan energiatakarékosággal, illetve a megújuló energiák nagyobb térnyerésével érhető el.

2. A fűtési energiahordozók árrugalmasságának vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a közgazdasági racionalitással ellentétben az árnövekedés nem eredményezett energia felhasználás csökkenést tüzfű fogyasztás területén.

Szlovéniában a vizsgált időszakban jelentősen nőtt a földgáz fogyasztás, illetve Ausztriában a távhő fogyasztás az áremelkedés ellenére is. Ezek alapján megállapítható, hogy a lakossági energiafelhasználást meghatározó mértékben tudják befolyásolni a politikai célkitűzések.

Az energiahordozók árrugalmatlanságának oka lehet a társadalmi hatásoknál ismertetett energiaszegénység másik formája az energiaszolgáltatásokhoz való hozzáférés hiánya, nem kielégítő volta, mely nem ad lehetőséget a fogyasztóknak az egyes energiaforrások közötti váltásra. Ezt a jelenséget jól szemlélteti, a magyar kormány távhőtársaságok védelme érdekében bevezetett 83/2005. (XII. 16.) Fővárosi Közgyűlési rendelete, mely 2009-ig tiltotta a távhőszolgáltatásról való leválást Budapesten.

3. Nagyobb társadalmi réteget érintő jelenség viszont a tüzfű felhasználás kizárólagossága infrastrukturális vagy pénzügyi okokból kifolyólag. A nagy mértékű tüzfű felhasználás a volt szocialista országokban általában a szegényebb társadalmi réteghez köthető, ugyanakkor az EU által előírányzott megújuló energia részarányban, így klímavédelmi célokban is szerepet játszik. A tüzfű felhasználók nagy része mindazonáltal nem klímatudatossági okokból választja a biomassza fűtési módszereket, hanem az infrastrukturális kizárólagosság, illetve az olcsósága miatt, mely

egységnyi energiára vetítve 2-4-szer kisebb árszinten maradt a vizsgált országokban a folyamatos áremelkedés ellenére is a többi energiahordozóhoz képest.

A tűzifára szoruló energiaszegény háztartások fogalmi körének megállapítása és nagyobb mértékű monitorozása társadalmi szempontokon túl klímavédelmi jelentőséggel is bír, hiszen a tűzifa mellett gyakran felhasznált háztartási hulladék égetése, illetve a rossz minőségű tüzelőberendezésekben végbemenő tökéletlen égés szintúgy károsítja a környezetet, mint a fosszilis energiahordozók felhasználása.

A tűzifa felhasználók másik köre, mely kis részt tesz ki az országos átlagból – ám szintén nem reagál a fogyasztói árváltozásra – a „kandallós fogyasztók”, akik magasabb társadalmi rétegben helyezkednek el, így az alkalmi vagy látványelemként alkalmazott tűzifa felhasználásukban az árváltozás nem játszik szerepet.

ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban nyomon követtem az Európai Unió energiapolitikájának kialakulását az Európai Szén és Acél Közösség létrejöttétől a jelenkori kihívásokig és célkitűzéseikig. A kezdetekben az energiahordozók felhasználásának felügyelete és az újabb háború elkerülése érdekében jött létre, majd az 1960-as évektől a lokális és az idővel globalizálódó környezeti károsodások kezelése szerint alakult. Jelenleg a globális klímaváltozás elleni törekvések, az ellátásbiztonság az energiahatékonyság, a kibocsátás csökkentés és a kutatás-fejlesztés adják az EU klíma- és energiapolitikájának alapköveit.

Az Európai Unióban végső energiafelhasználásából a háztartások 27%-os részesedéssel rendelkeznek, melynek 64%-a hőenergia fogyasztás, tehát az összenergia-fogyasztás 17,3%-a fordítódik lakóépületek fűtésére. Az EU elkötelezett az épületenergetikai fejlesztések terén, így a hatékonysági ajánlástételekhez elengedhetetlen feladat a lakossági hőenergia felhasználás folyamatainak energiahordozónkénti vizsgálata.

Munkámban átfogó képet alkottam a lakossági hőellátásban szerepet vállaló energiahálózatok kialakulásáról, jelenlegi helyzetéről és fejlődési irányairól. Részleteztem a hálózati és egyedi fűtési energiahordozók szállítási, technológiai feltételeit és vizsgáltam Ausztria, Magyarország, Szlovákia és Szlovénia fogyasztási szokásait, illetve az ezekre ható tényezőket.

Megállapítottam, hogy a háztartási hőenergia fogyasztás a 2005 és 2017 közötti időszakban az épületenergetikai korszerűsítések ellenére nem csökkent, hanem Magyarországon és Szlovákiában stagnált, Ausztriában és Szlovéniában pedig növekedett. Ennek okát a Jevons-paradoxonra vezettem vissza.

Az energiahordozók fogyasztási ár rugalmasságának vizsgálatához a fűtési napfokszámmal korrigáltam az éves fogyasztási adatokat. Az eredményeimből látható, hogy a háztartási fűtési energiafelhasználás tendenciáit több tényező határozza meg. A földgáz fogyasztáson látszik a legjobban az ár rugalmasság, négyből három országban a növekvő árak negatívan korreláltak a fogyasztási mennyiségekkel. Szlovénia esetében a felhasználási kör növekedése politikai tényezők által befolyásolt.

A döntéshozói befolyásoltság legjobban a távhő felhasználáson szemléltethető, melyet klímapolitikai és termelő védelmi törekvések is befolyásoltak a vizsgált országokban.

A tűzifa fogyasztásnál teljes mértékű ár rugalmatlanságot tapasztaltam, melyet az energiaszegénység infrastrukturális kiépítetlenségi szintjével, illetve pénzügyi vonatkozásaival magyaráztam.

Eredményeim alapján javaslom a kutatásom folytatását a vizsgált országok közt, akár más európai országok bevonásával. Az eredmények alapján érdemes lenne a magyarországi viszonyok tüzetesebb vizsgálata, hogy ajánlásokat tudjunk tenni a háztartási fűtési energiafelhasználás elmaradottságának csökkentésére.

IRODALOMJEGYZÉK

1. 2009/28/EK Az Európai Parlament és a Tanács irányelve (2009. április 23.) a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről.
2. Antal, I. (2013): A magyar villamosenergia-ipar kialakulása 1878–1895. Magyar Tudománytörténeti Intézet. Budapest.
3. Basaran, T. (2007): The heating system of the Roman baths. *ASHRAE Transactions*.
4. Bell, M. L., Davis, D. L., Fletcher, T. (2004): A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution. *Environmental health perspectives*. Vol.: 112 (1). p. 6-8.
5. Bouzarovski, S., Bradshaw, M., Wochnik, A. (2015). Making territory through infrastructure: The governance of natural gas transit in Europe. *Geoforum*. Vol.: 64. p. 217-228.
6. Botos, K. (1981): A KGST valutarendszerének továbbfejlesztéséről. *Egyetemi Szemle*. p. 45-63.
7. ECSC Treaty 1951. Treaty establishing the European Coal and Steel Community. Paris, 18 April 1951.
8. EN (1974): Council Resolution of 17 September 1974 concerning a new energy policy strategy for the Community HL C 153 , 09/07/1975 P. 0001 – 0002. EUR-Lex 31975Y0709(01).
9. EN (1980): Council resolution of 9 June 1980 concerning Community energy policy objectives for 1990 and convergence of the policies of the Member States HL C 149 , 18/06/1980 P. 0001. EUR-Lex 31975Y0709(01).
10. EN (2006): Zöld Könyv - Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért {SEC(2006) 317}. EUR-Lex 52006DC010.
11. EN (2018)a: Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/844 irányelve (2018. május 30.) az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU irányelv és az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv módosításáról. EUR-Lex 32018L0844.
12. EN (2018)b: Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency. EUR-Lex 32018L2002.
13. EURATOM Treaty 1957. Treaty establishing the European Atomic Energy Community. Rome, 25 March 1957.
14. Európai Bizottság (2014): Iránymutatás a 2014–2020 közötti időszakban nyújtott környezetvédelmi és energetikai állami támogatásokról. 2014/C 200/01.
15. European Union (2016): Energy Poverty handbook. Csiba, K., Meszerics, T. (eds). Brussels.

16. Eurostat (2017): Share of fuels in the final energy consumption in the residential sector for space heating, 2017 (%).png.
17. Evans, P. C., Farina, M. F. (2013): The age of gas & the power of networks. *General Electric Company: Fairfield*. NY. USA.
18. Faludi, A., Szabó, L. (2012): Villamosenergia-rendszer üze me és irányítása. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
19. Fang, Z., Li, N., Li, B., Luo, G., Huang, Y. (2014): The effect of building envelope insulation on cooling energy consumption in summer. *Energy and Buildings*. Vol.: 77. p. 197-205.
20. Fellegi, D., Fülöp, O. (2012). Szegénység vagy energiaszegénység. Az energiaszegénység definiálása Európában és Magyarországon. ENERGIACLUB Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ. Budapest, Hungary. 26. p. 11.
21. Fülöp, O., Lehoczki-Krsjak, A. (2014): Energiaszegénység Magyarországon. *Statisztikai Szemle*. Vol.: 92. p. 8-9.
22. Gallo, E. (2003): Skyscrapers and District heating, and inter-related History 1876-1933. *Journal of the Construction History Society*. Vol.: 19. p. 87-106.
23. Gudmundsson, J. S., Graff, O. F., Kvaerner, A. (2003): Hydrate non-pipeline technology for transport of natural gas. In *22nd World Gas Conference* Vol.: 4.
24. Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., Hancke, G. P. (2011): Smart grid technologies: Communication technologies and standards. *IEEE transactions on Industrial informatics*. Vol.: 7(4). p. 529-539.
25. Heat Roadmap Europe (2017): Profile of heating and cooling demand in 2015.
26. Hohensee, J. (1996): Der erste Ölpreisschock 1973-74: die politischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der arabischen Erdölpolitik auf die Bundesrepublik Deutschland und Westeuropa. Vol.: 17. Franz Steiner Verlag.
27. Horváth, Z., Szili, K. (2007): Kézikönyv az Európai Unióról. Hvg-Orac.
28. IEA (2010): Energy Technology Perspectives. Paris.
29. Integrated National Energy and Climate Plan for Slovenia (2018).
30. Kádárné Horváth, Á. (2009): A földgázpiaci liberalizáció és a távfűtés. A szolgáltatások világa. *JATEPress*. Szeged. p. 302-264.
31. Kádárné Horváth, Á. (2012): A távfűtés szerepe az energiapolitikai célok elérésében. *Vezetéstudomány-Budapest Management Review*. Vol.: 43(1). p. 74-82.

32. Kavvadias, K. C., Quoilin, S. (2018): Exploiting waste heat potential by long distance heat transmission: Design considerations and techno-economic assessment. *Applied energy*. Vol.: 216. p. 452-465.
33. Lawrie, E., Rasul, M. G., Gilroy, T. (2007): Coal Land Transport Options Economics in Eastern Australia.
34. Lipp, J. (2007): Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom. *Energy Policy*. Vol.: 35 (11). p. 5481–5495.
35. Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., Mathiesen, B. V. (2014): 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*. Vol.: 68. p. 1-11.
36. Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT), 2018.
37. Mallaburn, P. S., Eyre, N. (2014). Lessons from energy efficiency policy and programmes in the UK from 1973 to 2013. *Energy Efficiency*. Vol.: 7(1). p. 23-41.
38. Olajos I., Szilágyi Sz. (2013): A megújuló energiaforrások Európai Unió jogi szabályozása, különös tekintettel a megújuló energiaforrásokra vonatkozó irányelvekre. *Publicationes Universitatis Miskolcensis Sectio Juridica et Politica. Tomus XXXI*. p. 441–450.
39. Oravec, M., Slamka, M. (2013): Regional profile of the biomass sector in Slovakia (Country Report). Foropa, Zvolen.
40. Powell, K. M., Cole, W. J., Ekarika, U. F., Edgar, T. F. (2013): Optimal chiller loading in a district cooling system with thermal energy storage. *Energy*. Vol.: 50. p. 445-453.
41. Rezaie, B., Rosen, M. A. (2012): District heating and cooling: Review of technology and potential enhancements. *Applied energy*. Vol.: 93. p. 2-10.
42. Searcy, E., Flynn, P., Ghafoori, E., Kumar, A. (2007): The relative cost of biomass energy transport. *Applied biochemistry and biotechnology*. Vol.:137(1-12). p. 639-652.
43. Sebestyén Szép, T. (2018): A hatósági árcsökkentés lakossági energiafelhasználásra gyakorolt hatásának vizsgálata indexdekompozícióval. *Közgazdasági Szemle*. Vol.: 65(2). p. 185-227.
44. Tóth, P., Bulla, M., Nagy, G. (2019): Energetika. p. 193.
45. Uusitalo, V., Soukka, R., Horttanainen, M., Niskanen, A., Havukainen, J. (2013): Economics and greenhouse gas balance of biogas use systems in the Finnish transportation sector. *Renewable energy*. Vol.: 51. p. 132-140.

46. Waldheim, L., Nilsson, T. (2001): Heating value of gases from biomass gasification. *Report prepared for: IEA bioenergy agreement. Task, 20.*
47. Zsebik, A. (2004): Vezetékes energiaellátás. Távhőszolgáltatás. Oktatási segédanyag. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.