

A HAZAI FÖLDGÁZFOGYASZTÁS ALAKULÁSA 2006 ÉS 2024 KÖZÖTT¹

MÁK FRUzsina
Budapesti Corvinus Egyetem

A hazai földgázfogyasztás 2006 és 2024 közötti, mintegy 20 év alatti alakulása rendkívül változatos volt konjunkturális és recessziós időszakok, strukturális változások, illetve válságok (pl. a 2008/09-es gazdasági és pénzügyi válság, a COVID19 vagy a 2022-es gázáremelkedés) tekintetében. A dominánsnak mondható fűtési célú felhasználás miatt a hőmérséklet hatása azonban jelentősen bonyolítja a képet. A tanulmányban a szezonális kiigazítás klasszikus dekompozíciója mellett az idősor extrém hőmérsékleti hatástól való szűrését, valamint a változások hőmérsékletfüggő és nem hőmérsékletfüggő részekre történő dekompozícióját is bemutatom. A számítások implementálása a nyílt forráskódú R programnyelvben történt.

Kulcsszavak: dekompozíció, földgázfogyasztás, szezonális kiigazítás

Bevezetés

A hazai földgázfogyasztás alakulása mindig kiemelt érdeklődésre tart számot. Közismert, hogy hazánk gázfüggősége – különösen télen, a gáz fűtési célú felhasználása miatt – önmagában is komoly mennyiségi és árkockázatot jelent valamennyi piaci szereplőnek. Ugyan az éves földgázfogyasztásból az erőművi fogyasztás részesedése relatíve alacsony, elsősorban a nyári hónapokban – amikor a fűtési hatás nincs jelen – az erőművi felhasználás a fogyasztás 20-30%-át is kiteheti. Habár a napközbeni csúcs villamosenergiafogyasztást a megújulóknak nagyléptékű terjedésével egyre kevésbé a gáz-erőművek biztosítják, utóbbiaknak a naplemente utáni csúcs kielégítésében és a szabályozásban való részvétele továbbra sem nélkülözhető vagy elhanyagolható rendszerkockázati szempontból.

Mindezek mellett az utóbbi években több olyan esemény is történt, amelyek a fent leírtakat tovább komplikálják, azonban a fűtési célú gázfelhasználás (hőmérsékleti hatás) annyira erős, hogy a többi (sok esetben egyszeri), de egyébként szintén fontos tényező beazonosítása és számszerűsítése rendkívül nehéz.

Az idősorokban meglévő hosszabb távú trendek elemzésének fő eszköze a szezonális kiigazítás módszertana. Az itt bemutatott elemzés nagyban épít Mák (2015) munkájára abban a tekintetben, hogy a hőmérséklet véletlen hatásának az explicit kezelése segít a valóságot jobban tükröző következtetéseket

¹Beérkezett 2025. március 18. DOI: <https://doi.org/10.15170/SZIGMA.56.1283>. E-mail: fruzsina.mak@uni-corvinus.hu.

levonni többek között azáltal, hogy javít a szezonális kiigazítás eredményein.

Jelen tanulmány új eredményének tekinthető ezen módszertannak egy hosszabb időszoron történő alkalmazásával a földgázfogyasztás alakulásának (1) klasszikus, a szezonális kiigazítás keretrendszerében vett dekompozíciója, (2) extrém hőmérsékleti hatástól történő megtisztítása, valamint (3) a változások hőmérsékletfüggő és nem hőmérsékletfüggő részekre történő dekompozíciója. Az eredmények relevanciáját kiemeli, hogy egy meglehetősen hosszú idősről van szó, ahol az aggregált számok önmagukban kevés információt szolgáltatnak a fundamentális okokról.

A számítások az R statisztikai programcsomag *RJDemetra* csomagja² felhasználásával készültek. Az *RJDemetra* a *JDemetra+* szoftverhez készített *interface* csomag; maga az *JDemetra+* pedig szezonális kiigazítási számítások végzésére ajánlott szoftver az Európai Statisztikai Rendszer (*European Statistical System, ESS*) és a Központi Bankok Európai Rendszere (*European System of Central Banks, ESCB*) tagországai számára. A *JDemetra+* funkcionalitása az R által biztosított rugalmas elemzési lehetőségekkel együtt rendkívül hasznos eszköztárat jelent.

1 A hazai földgázfogyasztás szerkezetének alakulása

Mivel a földgázfogyasztás alakulása komplex, és sok tényezőtől függ, ezért a modellezési eredmények kontextusba helyezése érdekében mindenképpen érdemes az összetételének az időbeli alakulását röviden áttekinteni.

Időben hosszabb időszakra visszatekintő idősorok az EUROSTAT adatbázisából érhetőek el, a teljes fogyasztás tekintetében havi, szektoronkénti bontásban viszont csak éves szinten. A tanulmány későbbi részében havi idősorokkal dolgozunk majd, ebben a fejezetben viszont éves szintű adatok felhasználásával mutatjuk be az összetétel alakulását.³ Ezáltal fundamentálisan is be tudjuk azonosítani azokat a tényezőket, amelyek a fogyasztás alakulását és trendjét alapvetően befolyásolták az elmúlt közel 20 évben.

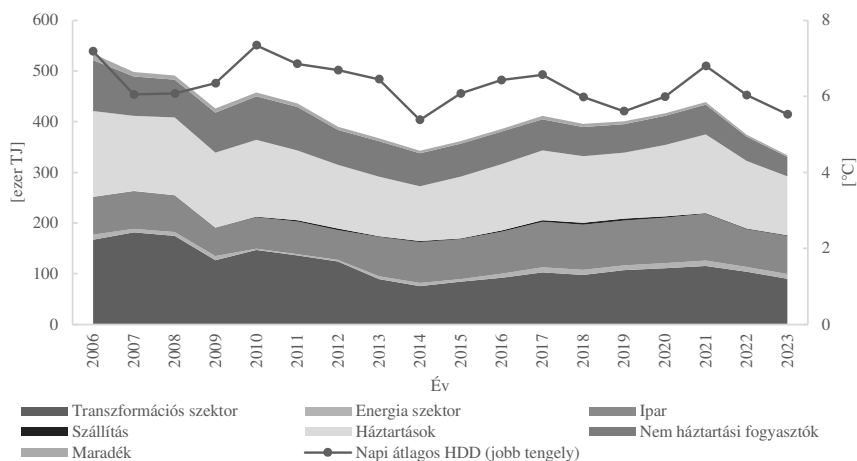
Az 1. ábra a szektoronkénti fogyasztás és a napi átlagos napfok⁴ értékét mutatja 2006 és 2023 között. A fogyasztás alakulásában 2006 és 2014 között alapvetően csökkenő, 2021-ig pedig növekvő trend érződik, majd az utolsó két évben ismét csökkenés tapasztalható. Azonban ennyi információ alapján nagyon nehéz jól alátámasztható megállapításokat megfogalmazni a fogyasztás tényleges trendjét illetően. Figyelembe kell ugyanis venni például azt, hogy a kisebb fogyasztási csúcsok (pl. 2010, 2017 vagy 2021) vagy alacsonyabb fogyasztási szintek (pl. 2014, 2022 vagy 2023) viszonylag hideg, illetve meleg

²<https://CRAN.R-project.org/package=RJDemetra>

³Ebben a fejezetben naptári éves bontást használok a hivatalos adatpublikációnak megfelelően, míg a tanulmány későbbi részében az eredmények gázév szerinti bontásban szerepelnek, részben igazodva az iparági konvencióhoz, részben az eredmények könnyebb értelmezése miatt.

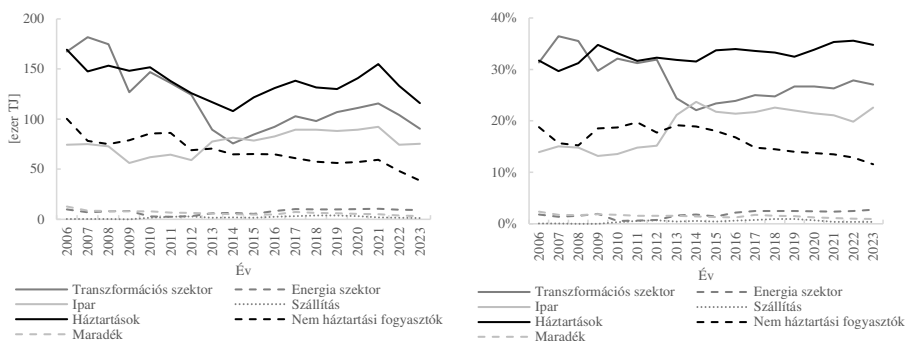
⁴Angolul heating degree day, HDD. A tanulmányban használt napfok definíció pontos leírását ld. később.

évek voltak, így kérdés, hogy a csökkenő-növekvő-csökkenő mintázat a hőmérsékleti hatás potenciális kiszűrése után is jelen van-e. Magának a hőmérsékletnek az alakulásában ugyanis van egyfajta véletlen hatás (miszerint egyes téli hónapok hidegebbek, mások melegebbek, mint a hosszú távú átlag), és ennek a véletlen hatásnak a fogyasztás értékére történő transzformációja jelentős lehet.



1. ábra. A földgázfogyasztás és a napi átlagos HDD-értékek alakulása 2006 és 2023 között. Forrás: saját szerkesztés.

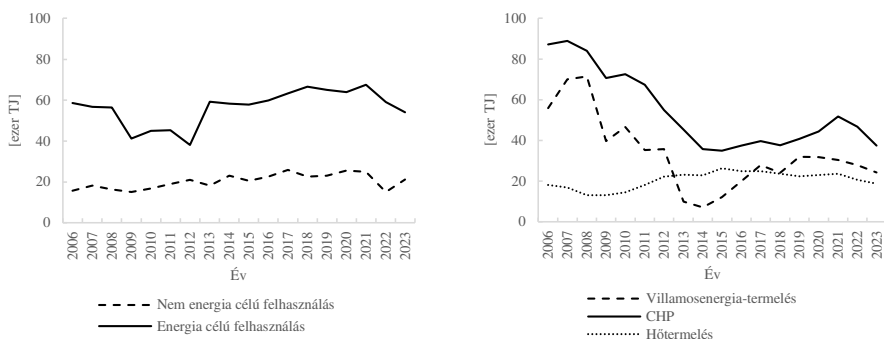
A 2. ábra ezer TJ-ban és %-ban mutatja a fogyasztás összetételének az alakulását az EUROSTAT nomenklatúrájának megfelelően. Az M5. melléklet tartalmazza az egyes kategóriák rövid leírását, valamint a mögöttes adatokat, amely a hazai viszonylatban releváns részletezettséggel készült az EURO-STAT részletes statisztikájának megfelelő aggregálásával.



2. ábra. A földgázfogyasztás szektoronkénti alakulása 2006 és 2023 között. Forrás: saját szerkesztés.

Mivel a háztartási fogyasztást leginkább a fűtési célú felhasználás dominálja (ld. az M5. mellékletet), ezért nem meglepő, hogy a fogyasztási kategóriák közül ebben rajzolódik ki leginkább a fűtési napfok alakulásához leginkább hasonlító mintázat. A háztartási fogyasztásban egyébként az elmúlt 20 évben komolyabb strukturális változás nem történt olyan értelemben, hogy az infrastruktúra kiépítése a 2000-es évek elejére megtörtént⁵.

Az ipari felhasználás tekintetében a 2008/09-es válság nyomán következett be hirtelen visszaesés, majd a hosszan elhúzódó válságból való szinte ugrásszerű kilábalás és fokozatos növekedés jellemző, amit a háztartási fogyasztáshoz hasonlóan a 2022-es hirtelen gázáremelkedés tör meg ismét. Mivel az energiacélú ipari felhasználás (3. ábra) nem csak fűtési célú felhasználást jelent, ezért ennek a hőmérsékletfüggése gyengébb, mint a háztartási felhasználás esetében. A földgáz nem energiacélú (vagyis nyersanyagként történő) ipari felhasználása (3. ábra) a műtrágyagyártás földgázigényét jelenti, amely nem hőmérsékletfüggő. Utóbbit egyébként a 2022/23-as évek magas árszintjei sokkal jobban sújtották, mint a 2008/09-es válságot követő általános visszaesés.



3. ábra. Az ipari és erőművi földgázfogyasztás alakulása 2006 és 2013 között. *Forrás:* saját szerkesztés.

Érdemes még külön említést tenni a földgáz ún. transzformációs input jellegű felhasználásáról, amelynek átlagosan több mint 90%-át a villamosenergia-termelő, hőtermelő és CHP-erőművek⁶ teszik ki (3. ábra). Ezekben az idősorokban is fellelhető értelemszerűen a hőmérsékletfüggés, azonban az egyéb strukturális változások is jelentősek. Például a 2008/09-es válságot követően részben a visszaeső villamosenergiaigény, részben a dráguló földgázárak miatt az erőművi földgázigény jelentősen visszaesett: a rosszabb hatásfokkal működő erőműveket üzemén kívül helyezték, és nőtt az (olcsó) importáram mennyisége is. A villamosenergia-termelő és kapcsolt erőművek gázfelhasználása egyébként nagyon hasonló trendet ír le, azonban a csak villamosenergia-termelő erőművek földgázfogyasztása jóval inkább csipkézett, hiszen a *merit*

⁵A vezetékes gázzal ellátott települések aránya az összes település %-ában nézve 2006-ban 90,5% volt, 2011 óta pedig stabilan 91,2% (forrás: KSH STADAT).

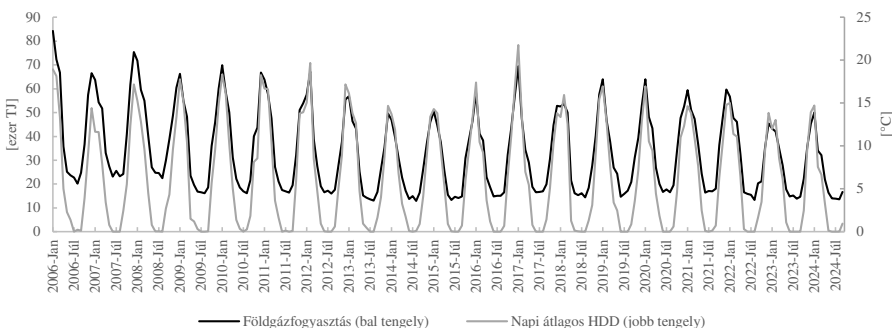
⁶CHP (combined heat and power): kapcsolt villamosenergia és hőtermelés.

orderben⁷ elfoglalt helyzetükből fakadóan piaci alapon vagy működnek vagy nem, szemben a kapcsolt erőművekkel, amelyeknek a hőtermelés is biztosít bevételet, és a hőtermelési szerződéseikből adódóan kell is üzemelniük.

A következő fejezetben a modellezéshez közvetlenül használt idősorokat ismertetem.

2 A tanulmányban felhasznált adatok bemutatása

A 4. ábra a földgázfogyasztás és a napi átlagos napfok idősorok alakulását mutatja 2006. január és 2024. szeptember között. Bár azok a tendenciák, amik az éves bontású idősor esetén megfigyelhetők voltak (többek között a hőmérsékletfüggés, válságok), itt is fellelhetők, nagyon jól érződik, hogy ezek beazonosítása és számszerűsítése korántsem egyszerű, mivel a fogyasztás téli hőmérsékletfüggősége nagyon megnehezíti az elemzést, hiszen a nagyságrendekből adódóan gyakorlatilag minden más hatást elfed.



4. ábra. A földgázfogyasztás és a napi átlagos napfok alakulása 2006. január és 2024. szeptember között. *Forrás:* saját szerkesztés.

Az 1. táblázat gázév⁸ szerinti bontásban mutatja a fogyasztás alakulását, illetve gázévenkénti változását. Jól látható, hogy a legnagyobb változások a válságok éveiben voltak (mind a 2008/09-es, mind a 2022/23-as gázévben 20%-kal csökkent a fogyasztás az előző gázévhez képest), viszont még ha ettől a két extrémnek mondható változástól eltekintünk is, az éves változások abszolút értékben akkor is viszonylag széles terjedelemben (1 és 20% között) mozognak. Érdekes és fontos kérdés az, hogy ezekből az értékekből mennyi köszönhető a hőmérsékleti hatásnak. Utóbbi ugyanis mindenképpen egyfajta

⁷A merit order az erőműveknek a fajlagos tüzelőanyag-költségeik növekvő sorrendje alapján történő rangsorolási módját jelenti, amelynek a tetején a magasabb fajlagos tüzelőanyag-költséggel üzemelő erőművek (a jelenlegi árarányok mellett lényegében a gáz- és olajtüzelésűek) állnak.

⁸2015 óta a gázév október 1-jén kezdődik (pl. a 2015/16-os gázév 2015. október 1-től 2006. szeptember 30-ig tartott), de a tanulmányban a korábbi időszakokat is eszerint a konvenció szerint ábrázoljuk (a 2015-öt megelőző években a gázév kezdete július 1. volt).

külső adottság, amelynek a hosszú távú trendje legalább annyira releváns, mint magának a földgázfogyasztásnak a hőmérsékleti hatástól megtisztított hosszú távú trendje.

	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
ezer TJ	487	533	429	447	439	415	366	327	340
vált. %		+9	-20	+4	-2	-5	-12	-11	+4

	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
ezer TJ	357	402	387	394	397	422	409	326	316
vált. %	+5	+13	-4	+2	+1	+6	-3	-20	-3

1. táblázat. A földgázfogyasztás alakulása, 2006/07 és 2023/24 közötti gázévek.

Forrás: saját számítás.

A földgázfogyasztási adatok az EUROSTAT adatbázisából havi bontásban elérhetőek 2008 januárjától⁹. Korábbi munkákból adódóan rendelkezésre állt a 2006-2007-es évek havi bontású adatsora is, amelynek forrása szintén az EUROSTAT¹⁰.

A fűtési napfok (angolul *heating degree day*, röviden HDD) értékek számítása az Iowa State University – Iowa Environmental Mesonet¹¹ Budapest mérési pontra vonatkozó ASOS-mérései alapján történt. Első lépésként az óras gyakoriságú¹² hőmérsékletadatok alapján kiszámoltam a napi középhőmérsékletet, majd a napi napfok értéket az alábbi módon:

$$\text{napfok} = \max(0, 16 - \text{napi középhőmérséklet}).$$

A napi szintű napfok értékek havi összegzésével kaptam meg a havi napfok értékeket.

Érdemes megjegyezni, hogy a napfok számításának módszertana többféle lehet, magyar viszonylatban az itt alkalmazott megoldás az egyik leggyakoribb (ld. pl. Sugár, 2011). Az EUROSTAT adatbázisában is megtalálhatóak havi szintű aggregált napfok adatok, körültekintő és részletes dokumentációval, azonban a saját napfokszámítások a regressziós modellezés során némileg jobb illeszkedést biztosítottak. Emellett az EUROSTAT adatok csak 2023 decemberéig álltak rendelkezésre a tanulmány írásakor, így az nem tett volna lehetővé elemzési lehetőségeket a 2024-es évre vonatkozóan.

⁹<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. 2024 szeptemberére a földgázfogyasztásnak még csak egy előzetes (provisional) értéke volt elérhető az EUROSTAT adatbázisában a tanulmány írásakor.

¹⁰A két adatletöltés között nem történt olyan szignifikáns módszertani változás, ami a 2006-2007-es évek adatainak a jelenleg elérhető időszakhoz történő hozzáfűzését megakadályozná. Ezt alátámasztja az is, hogy az átfedő 2008 és 2013 közötti évek értékei pontosan megegyeznek a két adatletöltésben.

¹¹https://mesonet.agron.iastate.edu/request/download.phtml?network=HU_ASOS

¹²A hőmérsékletadatok alapvetően félórás gyakoriságúak, azonban adatrögzítési hibákból fakadó néhány perces, még ritkább esetben egy-egy óras eltérések előfordulhatnak. A hiányzó óras időpontok (kevesebb, mint a teljes idősor 0,1%-a) értékeit a legközelebb eső korábbi időpont értékével, az így létrejött – óras gyakoriságú – adatbázisban a „ténylegesen” hiányzó értékeket (kevesebb, mint a teljes idősor 0,01%-a) pedig az egy órával korábbi értékkel helyettesítettem. A hiányzó értékek alacsony számából és a havi aggregálásból adódóan az adatpótlás mikéntje az eredményeket gyakorlatilag nem befolyásolja.

3 Módszertani áttekintés

A szezonális kiigazítás célja az idősorok szezonális hatásoktól történő megtisztítása, hiszen a szezonális ingadozás jelenlétében nehezebb jellemezni az idősor hosszú távú trendjét, alakulását. Különösen igaz ez az energetika területén, ahol jellemzően a hőmérséklet – mint szezonális, illetve mint véletlen tulajdonságú változó egyszerre – jelentősen befolyásol(hat)ja az idősorok alakulását.

A szezonális kiigazítás módszertanát a mai napig az TRAMO/SEATS+ és X-12ARIMA/X-13ARIMA-SEATS módszerek uralják, amelyeknek a *JDemetra*+ szoftver ad otthont, de a módszerek az R program *RJDemetra interface* csomagján keresztül is teljes funkcionalitással elérhetőek. Ebben a fejezetben csak a fontosabb módszertani sarokpontokat tekintjük át, részletesebben ld. az *RJDemetra* dokumentációját¹³, az EUROSTAT publikációit (EUROSTAT, 2024, 2018a, 2018b, 2017), vagy magyarul Sugár (1999a, 1999b) tanulmányait.

Mint közismert, a szezonális kiigazítási módszertanok alappillére az idősor komponensekre történő felbontása, hiszen a szezonális komponens kiszűrése ilyen dekompozíciós logikán alapulva valósítható meg. A komponensek összekapcsolódása lehet additív, multiplikatív és pseudoadditív. Amennyiben a modell multiplikatív (mint jelen tanulmányban is), a különböző komponensek multiplikatív módon kapcsolódnak össze, azaz:

$$Y = T * C * S * TD * H * O * I,$$

ahol T a hosszú távú trendet, C a középtávú ciklus hatását, S az éven belüli szabályos ingadozást leíró szezonalitást, TD a munkanapok eltérő számának hatását, H az ünnepnapok hatását, O az outlier megfigyelések hatását, I pedig a klasszikus véletlent jelenti. A szezonális kiigazítás az S , TD és H komponensektől történő szűrést jelenti.

Valamennyi dekompozíciós megoldás megelőző lépése az idősor előzetes megtisztítása különböző outlierektől, a hónapok eltérő napszámának, a szökőév vagy az ünnepnapok számának a hatásától exogén változókkal kiegészített SARIMA regresszió felhasználásával. Ez a regresszió a TRAMO/SEATS esetében a dekompozíció alapja, míg a másik esetben a komponensekre bontás többszöri mozgóátlagolás felhasználásával történik meg.

A tanulmányban az X13-ARIMA regARIMA nevű regressziós megoldását használom, és ennek eredményeit mutatom be a 4. és 5. fejezetekben. A választást alapvetően az indokolja, hogy az idősor viszonylag hosszú, ráadásul strukturális törésekkel teli. Ilyen esetekben az X13-ARIMA egyik kiegészítő eszköze, a csúszó tartományok elemzése (*sliding span analysis*) az eredmények stabilitásának a vizsgálatára nem csak általában a szezonális kiigazítás, hanem a strukturális törések stabilitása szempontjából is rendkívül kézenfekvő. A csúszó tartományok elemzésével kapott eredmények az M2. mellékletben szerepelnek.

¹³<https://jdemetra-new-documentation.netlify.app>

Emellett érdemes megemlíteni azt is, hogy a gyakorlatban a TRAMO/SEATS valamivel elterjedtebb az X13-ARIMA-hoz képest, a tanulmány szempontjából azonban a hőmérsékleti hatással kapcsolatos eredmények legalább annyira hangsúlyosak, vagy talán sokkal inkább hangsúlyosabbak, mint maguk a szezonális kiigazítási eredmények. Mivel előbbiek a regressziós előigazításon alapulnak, amely mindkét szezonális kiigazítási módszertan esetén hasonló (és hasonló funkciót tölt be), ezért a lényegi eredményeket tekintve a választott szezonális kiigazítási módszertan kevésbé releváns, de enyhe preferencia mutatkozik az X13-ARIMA irányába.

4 A földgázfogyasztás szezonális kiigazítása

A szezonális kiigazítást a 2006–2023 közötti időszakra végeztem el, összesen tehát 18 évre. A következő két alfejezetben a becslési eredményeket, majd a földgázfogyasztás szezonálisan kiigazított idősorát mutatom be.

4.1 A becslési eredmények bemutatása

Az X13-ARIMA modell specifikációja során úgy jártam el, hogy a lényeges specifikációs szempontok kapcsán a lehető legtöbb szabadságot engedjem meg, és a legjobb illeszkedést biztosító opciót válasszam ki. Így a földgázfogyasztási idősor logaritmikus transzformálásának szükségessége, a komponensek összekapcsolódásának mikéntje, a lehetséges outlier-típusok becslése automatikus szelekció útján történt. Hasonlóan igaz ez a kiválasztásra kerülő SARIMA modell paramétereire, amelyek a *JDemetra+* alapbeállításai szerint különböző illeszkedési metrikák együttes figyelembevételére alapján¹⁴ kerültek kiválasztásra.

Exogén változóként szerepeltettem az ún. HDD-eltérés változókat. Ezek számítási módja az alábbi: a 2006 és 2023 közötti időszak minden hónapjára kiszámoltam a napi átlagos napfok értéket, majd naptári hónap szerint csoportosítva meghatároztam ezek átlagát mint az adott hónapra hosszabb távon jellemző napi átlagos napfok értéket. Ezt követően a vizsgált időszak minden hónapjára kiszámoltam, hogy egy adott hónap napi átlagos napfok értéke mennyivel tér el az adott hónapra jellemző hosszú távú átlagtól (ez az ún. HDD-eltérés változó, amely tehát minden hónap esetén az adott hónapra jellemző hosszú távú átlagtól vett eltérést méri).

Ez a megoldás többek között azért is praktikus, mert így a regARIMA modellben explicite az a hőmérsékleti hatás kerül figyelembevételre, amely minden esetben az adott hónapra jellemző hosszú távú átlaghoz képesti *relatív hideg* vagy *meleg* időjárási viszonyokat jelenti, attól függően, hogy a *HDD-eltérés pozitív* vagy *negatív*. Emellett az 5. fejezetben bemutatott elemzések szempontjából is praktikus ez a megoldás, különösen az eredmények értelmezése miatt.

¹⁴Többek között: parciális t-próba, Ljung-Box-statisztika, gyökök, ld. bővebben: <https://jdemetra-new-documentation.netlify.app>.

A regressziós modellezés során a HDD-eltérések hatását havonként külön-külön számszerűsítettem, így kiindulásként 12 HDD-eltérés változóval dolgoztam. A havonkénti HDD-eltérések használata a logaritmus-transzformáció használata miatt vált fontossá, ugyanis logaritmus transzformáció esetén a regARIMA jobb illeszkedést mutatott. Mivel azonban a hidegebb téli vagy az átmeneti tavaszi/őszi hónapokban 1 °C hatása érezhetően más (téli alacsonyabb, hiszen akkor a fogyasztás szintje magasabb), ezért döntöttem 12 változó használata mellett.¹⁵

A HDD-eltérés változók mellett szerepeltettem egy kategória jellegű változót a 2008-as és az azt megelőző évek május és szeptember közötti hónapjaira vonatkozóan. Ennek pontos okára az eredmények tárgyalása során térek ki.

A szezonális kiigazítás során valamennyi általam definiált exogén változó a szezonális komponensbe került besorolásra, aminek a szezonális hatások kiszűrésénél, a szezonálisan kiigazított idősor meghatározásánál lesz jelentősége.

A 2. táblázat az X13-ARIMA modell specifikációját, illetve a végleges modell fontosabb tulajdonságait tartalmazza. A 3. táblázatban a regressziós modell eredményei szerepelnek.

	Specifikációs beállítás	Végleges modell
Transzformáció	automatikus	log
Összekapcsolódás	automatikus	multiplikatív
Outlierek becslése	minden típus (AO, TC, LS)	LS(2008-11), TC(2022-10)
regARIMA-modell	– HDD-eltérések (külön-külön az 1-12. hónapokra) – szinteltolódás 2008-ig az 5-9. hónapokban	– HDD-eltérések (külön-külön az 1-5. és 9-12. hónapokra) – szinteltolódás 2008-ig az 5-9. hónapokban
ARIMA-modell	automatikus	SARIMA(0, 1, 1)(0, 1, 1) ₁₂

2. táblázat. X13-ARIMA modellspecifikáció fontosabb beállításai. Forrás: saját szerkesztés.

Változó	Béta	Standard hiba	t-próba	p-érték
HDD-eltérés (Január)	0,0397	0,0042	9,4400	0,0000
HDD-eltérés (Február)	0,0415	0,0043	9,7700	0,0000
HDD-eltérés (Március)	0,0582	0,0055	10,5350	0,0000
HDD-eltérés (Április)	0,0740	0,0067	11,0250	0,0000
HDD-eltérés (Május)*	0,1469	0,0170	8,6670	0,0000
HDD-eltérés (Szeptember)*	0,0922	0,0194	4,7470	0,0000
HDD-eltérés (Október)	0,0674	0,0079	8,5140	0,0000
HDD-eltérés (November)	0,0409	0,0069	5,9080	0,0000
HDD-eltérés (December)	0,0404	0,0065	6,2060	0,0000
Szinteltolódás 2006–2008 5-9. hó	0,1952	0,0398	4,9080	0,0000
Munkanap-hatás	0,0026	0,0011	2,4610	0,0147
LS (2008-November)	-0,1896	0,0404	-4,6930	0,0000
TC (2022-Október)	-0,2199	0,0453	-4,8570	0,0000

* A májusi és szeptemberi eltérések csak 2009-től kerültek figyelembevételre.

3. táblázat. A regressziós modell eredményei. Forrás: saját számítás.

¹⁵A példa kedvéért: a januári HDD-eltérés változó 0 értéket vesz a januári hónapok kivételével minden hónapban, a januári hónapokban pedig a 2006 és 2023 közötti januári átlagos HDD-értékhez képesti előjeles eltérést mutatja.

Nem meglepő eredmény, hogy a HDD-eltérés változók a nyári hónapokban (június, július és augusztus) nem szignifikánsak. Természetesen előfordulhatnak ezekben a hónapokban is hidegebb napok, azonban ez nem eredményez szignifikánsan magasabb földgázfogyasztást (pl. az épületek nem hűlnek annyira le, hogy az magasabb – fűtési célú – gázfogyasztást indokolna).

A nyári hónapokhoz közelebb eső hónapok esetében a HDD-eltérés paraméterek értéke magasabb, ami leginkább azzal magyarázható, hogy exponenciális modelltől lévén szó, az abszolút értelemben tekintett hőmérsékletkülönbség relatív értelemben nagyobb különbséget jelent a földgázfogyasztásban, hiszen utóbbinak a szintje a nyári hónapokhoz közeledve csökken.

Érdekes és fontos eredmény, hogy a májusi és szeptemberi hónapok hatása csak 2009-től különbözik szignifikánsan nullától. Ez minden bizonnyal összefügg azzal, hogy az első három évben többen működtek a kombinált ciklusú (fűtő és villany) erőművek, és ez pont a nyári hónapokat keretező hónapokban éreztette igazán a hatását. Ez a májusi és a szeptemberi HDD-eltérésekben megfigyelhető „törés” az 5-9. hónapokban 2006 és 2008 közötti megfigyelhető szinteltolás alapján vált sejtethetővé, és több töréspontot is kipróbálva a legjobb illeszkedést – és egyben a nyári szinteltolással való konzisztenciát is – ez a megoldás biztosította. A paraméterek nagyságrendjéről és értelmezéséről ld. még az 5.1 fejezetet is.

A földgázfogyasztás alakulásában nemcsak éves, hanem heti szinten is erős szezonális viselkedés jellemző, ezzel magyarázható, hogy a hónapon belüli munkanapok számának a hatását kontrolláló változó¹⁶ szignifikáns.

A fentiekén túl még két outliert azonosított be a modell: 2008 novembere LS típusú (*Level Shift*), 2022 októbere pedig TC típusú (*Transitory Change*) outlier. Ezekről a szezonálisan kiigazított idősor kapcsán a 4.2 fejezetben ejtek több szót.¹⁷

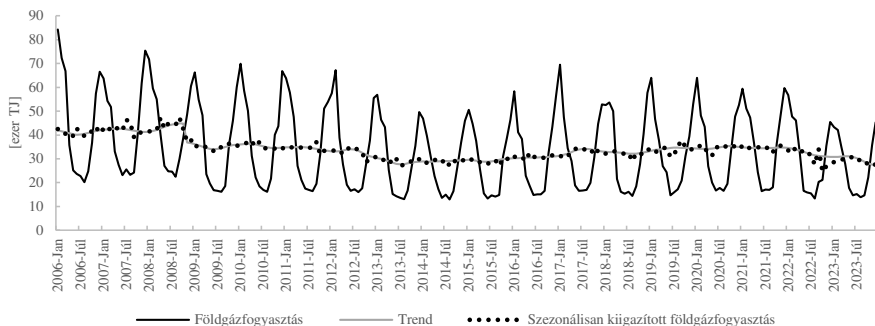
Az eredmények stabilitásának vizsgálatára, illetve a szezonális kiigazítás minőségének ellenőrzésére vonatkozó statisztikákat az M1. és M2. mellékletek tartalmazzák.

4.2 A földgázfogyasztás szezonálisan kiigazított idősora

A földgázfogyasztás szezonálisan kiigazított idősorát mutatja az 5. ábra. A módszer 2008 novemberére becsült egy szinteltolós (LS) törést, ami a gazdasági-pénzügyi válságnak tudható be. Összességében elmondható, hogy egészen 2013-ig egy fokozatosan csökkenő trend volt jellemző, amelynek főként az elhúzódó válság és a földgáz iránti kereslet azzal együtt járó alacsonyabb szintje volt az oka.

¹⁶A változó definíciója az alábbi módon történik: hétköznapi napok száma = $5/2 \cdot$ (szombatok és vasárnapok száma).

¹⁷Érdemes megjegyezni, hogy ez a két outlier típus kerül beazonosításra akkor is, amikor a modell a HDD-eltéréseket nem tartalmazza, illetve ha pl. az EUROSTAT HDD-számítási metodológiáját alkalmaztam, tehát ezen outlierok választása az ilyenfajta modellezői választástól függetlenül stabilnak mondható. Terjedelmi okok miatt részeredményeket nem közlök, de valamilyen szinten ezek is az eredmények robusztusságát támasztják alá az M1. és M2. mellékletben közölt klasszikus szezonális kiigazítási statisztikák mellett.



5. ábra. A földgázfogyasztás szezonálisan kiigazított időszora 2006–2023 között. *Forrás: saját szerkesztés.*

Az említett csökkenő tendencia enyhén megfordulni látszik 2013–2014 környékén (az 1. fejezettel összekapcsolva ezt a megállapítást, ez elsősorban az ipari felhasználás növekedésének köszönhető), majd komolyabb fellendülés 2017 közepén következik be (ez a fellendülés egyébként nemcsak a gáz-, de a villamosenergia-fogyasztásban is megfigyelhető volt). 2019 nyara a majdnem rekord alacsony gázárakban is tükröződő rövidebb visszaesés időszaka ismét (a szezonálisan kiigazított idősor 2019. június-júliusi viszonylag alacsony (trend alatti) értékei mutatják ezt).

2019 végétől nagyjából 2022 elejéig alapvetően stagnálás tapasztalható. 2020 első felében a COVID hatása azért megjelenik (ezt hivatottak jelölni a 2020. április-májusi trend alatti értékek), majd kezdetét veszi egy alapvetően csökkenő fogyasztási tendencia, amit az előző fejezetben már említett csillapodó jellegű törés (TC) 2022 októberében tovább erősít.

A 2022. októberi TC típusú outlier egyértelműen az akkori ugrásszerű világgazdasági gázáremelkedés hatásának tekinthető, amelynek nyomán a hazai versenypiaci és egyetemes szolgáltatói árak is megemelkedtek. Ugyan a megelőző 2022. szeptemberi hónap még valamivel hűvösebb is volt a szokásosnál, az október és az azt követő hónapok viszont már az átlagosnál jóval enyhébbek. Októbertől mind a lakosság, mind a nem-lakossági gázár növekedése hirtelen fogyasztáscsökkentést okozott, ami még a fokozatosan csökkenő trend mellett is szignifikánsnak bizonyult. Az októberi outlier egyébként feltehetően azért lett inkább TC, mint LS típusú, mert a gázárak később fokozatosan korrigáltak, amelynek a hatása elsőként a lakossági árakban jelent meg.

Érdemes kiemelni még a villamosenergiapiaci szempontból is fontos gázüzemű erőművi felhasználás alakulását. Ahogy az 1. fejezetben is említettem, a 2008-as válsággal karöltve egy olyan folyamat is elkezdődött, hogy a rossz hatásfokú erőművek versenyképesség híján már egyre kevésbé termeltek (ezzel párhuzamosan a hőt és villamosenergiát kapcsoltan termelő erőművek, illetve a csak hőt termelő fűtőművek is fokozatosan csökkenő termeléssel működtek tovább). A gázos erőművek egyébként az olcsó import, majd különösen 2019-től a megújulók terjedése miatt is versenyhátrányba kerültek, bár a gázfogyasztás általános csökkenő trendje miatt a nyári hónapokban még nő-

vekedett is az erőművi gázfelhasználás részaránya a teljes gázfelhasználáson belül.

A szezonálisan kiigazított idősor alakulásában tehát beazonosíthattam azokat az elemeket/tendenciákat, amelyeket az 1. fejezetben a földgázfogyasztás összetételének a vizsgálatánál az éves idősorokból „érezni” lehetett. Az elemzés hozzáadott értéke többek között az, hogy mindezek havi adatokra épülően explicit módszertannal vannak alátámasztva és számszerűsítve.

5 A hőmérsékleti hatás elemzési lehetőségei

A fejezetben olyan eredményeket mutatok be, amelyek a fogyasztás hőmérsékleti szempontból történő dekompozícióján alapulnak. Az 5.1 fejezetben az extrém hőmérsékleti hatás szűrése történik meg, amely a hosszabb idősorból kifolyólag empirikus szempontból mindenképpen szolgáltat újdonságot Mák (2015) eredményeihez képest. Az 5.2 fejezetben az évenkénti változások alakulását vizsgálom, ami gyakorlati szempontból is érdekes, hiszen sokszor találkozunk olyan elemzésekkel, amelyek az előző évhez vagy az előző év azonos időszakához hasonlítanak – sok esetben azonban a dekompozíció módszertana nem ismert és/vagy az elemzés csak rövid időszakra korlátozódik.

5.1 Extrém hőmérsékleti hatás szűrése

Az extrém hőmérsékleti hatás kiszűrése a regARIMA modellben szereplő HDD-eltérés változók becsült paraméterei alapján történik. Fontos szempont azonban, hogy az, hogy mit tekintünk extrém hőmérsékleti hatásnak, az természetesen függ attól, hogy mit tekintünk referenciaidőszaknak. Az előző fejezetben bemutatott regressziós módszertanból – pontosabban a HDD-eltérés változók definíciójából – adódóan a becsült béta együtthatókra nincsen hatással az, hogy mit választunk referenciaidőszaknak: a regressziós módszertan a lineáris transzformációra invariáns, ezért mindegy, hogy milyen időszak átlagához képesti eltérésekkel dolgozunk.

A szezonális kiigazítás során azonban fontos szempont az, hogy azoknak a változóknak a hatása, amelyeket a szezonális komponens részeként határozunk meg, a teljes időszak átlagában nulla legyen. Ennélfogva a HDD-eltérések definiálása során nemcsak kézenfekvő volt a megfelelő 2006-2023-as időszak átlagát választani referenciának, de a szezonális kiigazítás logikájából adódóan mintegy elvárás is.

Amennyiben azonban a kérdés úgy vetődik fel, hogy mit tekintünk extrém hőmérsékleti hatásnak, a szezonális kiigazításnál megjelenő korlátot már nem kell figyelembe venni, ugyanakkor a referencia megválasztása nyilvánvalóan befolyásolja az eredményeket. A fejezetben referenciaidőszaknak az 1991 és 2020 közötti, ún. éghajlati normált tekintem. Ez az időszak az OMSz (Országos Meteorológiai Szolgálat) által, a WMO (*World Meteorological Organization*, Meteorológiai Világszervezet) ajánlása alapján legutóbb meghatározott olyan 30 éves időszak, amely alapján egy-egy terület éghajlati adottságai jellemezhetőek, illetve ez alapján összehasonlítások végezhetőek. A témáról ld.

bővebben Szentes, 2021 tanulmányát az OMSz 1991 és 2020 közötti éghajlati normálra történő átállításához kapcsolódóan.¹⁸

A fenti megfontolásokat összeggezendő, a 4. táblázat a HDD-eltérés változók béta paraméterértékét, illetve (az idősor logaritmikus transzformációjából adódóan) ezek értelmezését tartalmazza. Mivel a nyári hónapokban a HDD-eltérés nem szignifikáns, ezért ezekben a hónapokban az extrém hőmérsékleti hatás szűréséről nincs szó. A májusi és szeptemberi hónapokban pedig 2006 és 2008 között nem bizonyultak szignifikánsnak a HDD-eltérések, így ebben a 6 hónapban sincs extrém hőmérsékleti hatástól történő szűrés. A 4. táblázat alapján, ha egy januári hónapban átlagosan 1 fokkal magasabb a napfok értéke a referenciaszinthez képest, akkor a földgázfogyasztás átlagosan 4,05%-kal magasabb. Hasonlóan értelmezhető a többi hónap paramétere is.

Hónap	Béta	$\exp(\text{Béta}) - 1$ [%]
Január	0,0397	4,05
Február	0,0415	4,24
Március	0,0582	5,99
Április	0,0740	7,68
Május*	0,1469	15,83
Június	-	-
Július	-	-
Augusztus	-	-
Szeptember*	0,0922	9,66
Október	0,0674	6,98
November	0,0409	4,18
December	0,0404	4,12

*A májusi és szeptemberi eltérések csak 2009-től kerültek figyelembevételre, ld. a 3. fejezetet

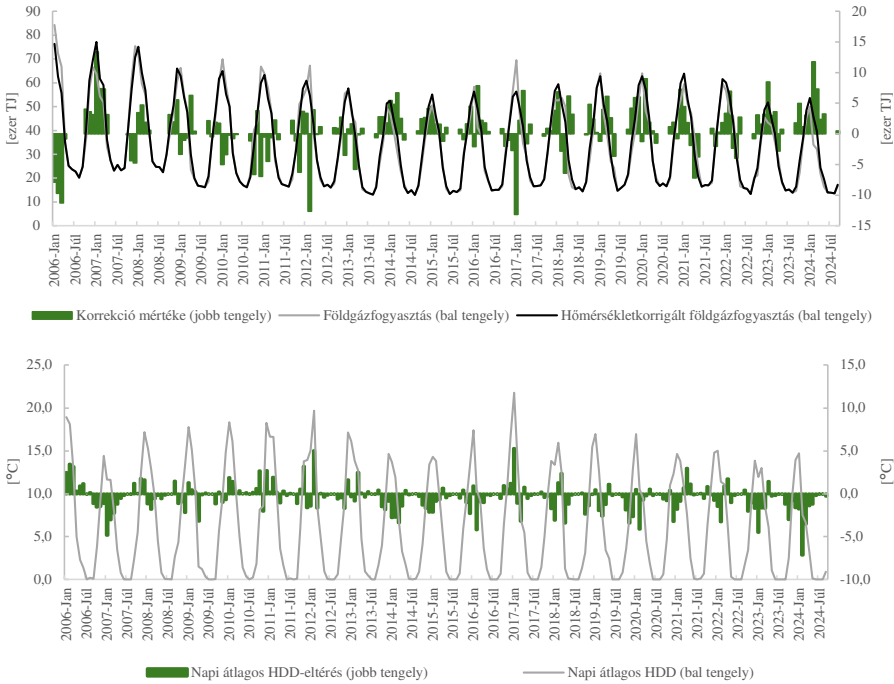
4. táblázat. A HDD-eltérés paraméterek és transzformáltjaik.
Forrás: saját számítás.

Az extrém hőmérsékleti hatás kiszűrését az alábbi képlet felhasználásával végeztem el:

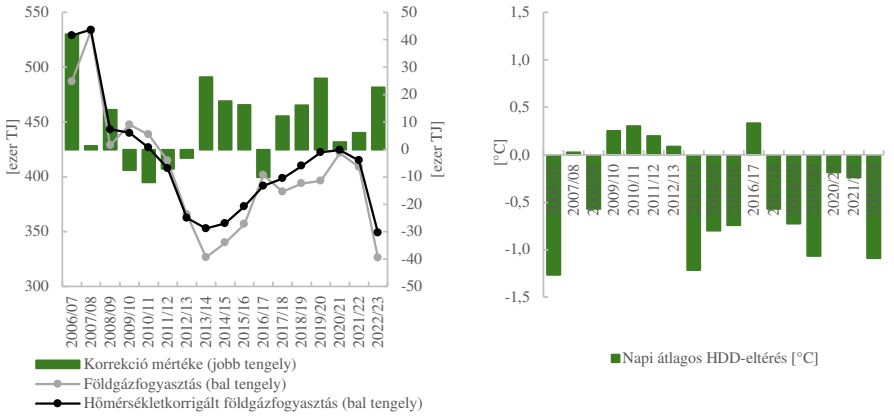
$$y(h\acute{o}m_korr) = y / \exp(B\acute{e}ta * HDD_elt\acute{e}r\acute{e}s) ,$$

ahol $y(h\acute{o}m_korr)$ az extrém hőmérsékleti hatástól megtisztított (korrigált) földgázfogyasztás értéke, y a földgázfogyasztás tény értéke, $B\acute{e}ta$ a HDD-eltérés változók regressziós paramétere, a $HDD_elt\acute{e}r\acute{e}s$ pedig a tény HDD-eltérés értéke, ahol a HDD-eltérés számítása az 1991 és 2020 közötti éghajlati normálhoz képest történt.

¹⁸Az éghajlati jellemzők felülvizsgálata és utókövetése egyébként 10 évente kerül elvégzésre, de különböző éghajlati/klimatológiai elemzések még mindig az 1961 és 1990 közötti normált tekintik referenciának.



6. ábra. A földgázfogyasztás hőmérsékletkorrekciója 2006. január és 2024. szeptember között.
Forrás: saját szerkesztés.



7. ábra. A földgázfogyasztás hőmérsékletkorrekciója a 2006/07 és 2023/24 közötti gázévekre.
Forrás: saját szerkesztés.

Az eredeti, a fenti módon az extrém hőmérsékleti hatástól megtisztított földgázfogyasztás, valamint a HDD és HDD-eltérés idősorok szerepelnek a 6. ábrán 2006. január és 2024. szeptember között. A 7. ábra ugyanezen információkat tartalmazza gázév szerinti bontásban. A gázév szerinti ábrázolás előnye, hogy egy adott gázév a hőmérsékletfüggő hónapokat nem vágja szét,

hanem egyben tartalmazza, így könnyebb az interpretáció. A naptári év és gázév eltéréséből adódóan az aggregált ábra csak a 2006. október és 2024. szeptember közötti időszakot fedi le.

Az ábrák rengeteg elemzési lehetőséget biztosítanak, ezek közül emelek ki néhányat. (Az éves aggregált adatok számértékei egyébként az M4. mellékletben is megtalálhatóak.)

Nagyon szembetűnő az időszak elején a meglehetősen enyhe 2006/07-es gázév, amely a legnagyobb mértékű hőmérsékletkorrekciót okozta a vizsgált időszak során, hiszen ekkor – a válság előtt – a fogyasztás is nagyon magas volt.

Az elmúlt 18 évet tekintve ugyanakkor rendkívül emlékezetes volt például a 2017. januári extrém hideg, ami részben felelős volt a 2016/17-es gázév kiugróan magas fogyasztásáért. Hasonlóan relatíve hidegek voltak a 2009/2010, 2010/11 és 2011/12-es gázévek téli hónapjai, ugyanakkor ezekben az években a téli hónapok egyenletesen, stabilan voltak hidegek, a 2017. januárhoz hasonló igazán extrém hónap kevésbé fordult elő. Némi kivételt 2012 februárja jelent csak.¹⁹ Összességében ezekben az években a földgázfogyasztás alapvetően alacsony volt a válság miatt, így ennél fogva a relatíve hideg időjárás sem okozott kiugró fogyasztást.

Érdemes megemlíteni azt is, hogy utolsó 6 gázév telei enyhék vagy átlagosnál valamivel enyhébbek voltak az 1991–2020-as éghajlati normál viszonylatában, így a hőmérsékletkorrekció pozitív irányban (a tényhez képesti magasabb fogyasztás irányában) történt. Mindez egyben azt jelenti, hogy az utóbbi évek csökkenő tendenciáját többek között a sorozatosan enyhe telek is magyarázzák. Ez a megállapítás egyben át is vezet a következő fejezethez.

5.2 Az időszakonkénti változások hőmérsékletfüggő dekompozíciója

A fejezetben bemutatom azt, hogy az előző évhez, illetve az előző év azonos időszakához képest hogyan változott a földgázfogyasztás, illetve a változás milyen tényezőkkel magyarázható. Az ilyenfajta elemzés aktualitása örök, így a rendelkezésünkre álló 18 éves időszak ebben a tekintetben egyedi és releváns elemzési lehetőséget kínál.

Mindemellett az elmúlt években nagyon sok kisebb-nagyobb sokkhatás érte ezt a piacot, így nagy érdeklődésre tart számot az, hogy a földgázfogyasztás tendenciái hogyan folytatódnak a jövőben. Az ilyenfajta predikciók készítése természetesen meghaladja a tanulmány kereteit, annak számszerűsítése azonban, hogy mi az, ami az elmúlt években exogénnek tekinthető hőmérsékleti hatásnak tudható be, és mi az, ami nem, mindenképpen hasznos és érdekes adalékul tud szolgálni.

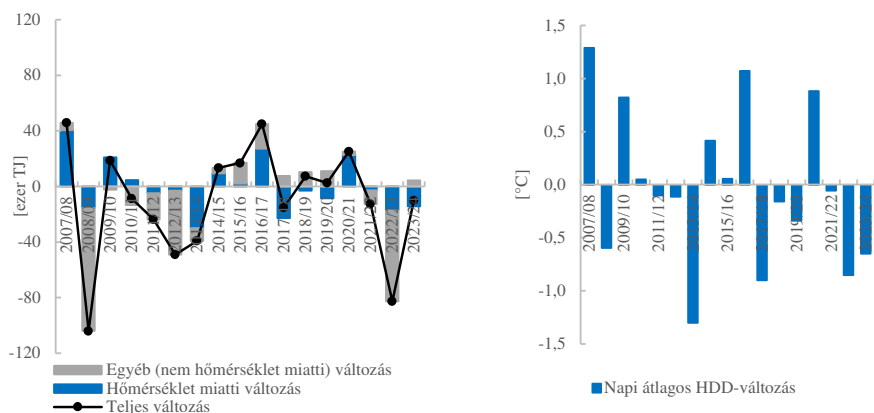
Ahhoz, hogy egy adott hónapra megkapjuk azt a földgázfogyasztás értéket, ami abban az esetben lett volna, ha az adott hónapban a hőmérséklet

¹⁹Abszolút értelemben nézve természetesen 2017 januárja volt a komolyabb: a havi középhőmérséklet $-5,8^{\circ}\text{C}$ volt, a HDD-eltérés $5,3^{\circ}\text{C}$ – ugyanezek az értékek 2012. februárban $-3,7^{\circ}\text{C}$, illetve 5°C .

olyan lett volna, mint az előző év azonos időszakában, az alábbi képlet szerint számoltam:

$$y(\text{hőm_cp}) = y / \exp(\text{Béta} * \text{HDD_eltérés}) * \exp(\text{Béta} * \text{HDD_eltérés}(-12)),$$

ahol $y(\text{hőm_cp})$ a földgázfogyasztás korrigált értéke abban az esetben, ha a hőmérséklet az adott hónapban azonos lett volna a 12 hónappal korábbi hőmérséklettel, y a földgázfogyasztás tényértéke, Béta a HDD-eltérés változók regressziós paramétere, a HDD_eltérés a tény napfokeltérés értéke, míg a $\text{HDD_eltérés}(-12)$ a tény napfokeltérés értéke 12 hónappal korábban. Az eredményeket bemutatom itt is éves (gázév szerint számolva), illetve havi bontásban (8. ábra).



8. ábra. A földgázfogyasztás éves változásának dekompozíciója a 2007/08 és 2023/24 közötti gáz évekre. Forrás: saját szerkesztés.

A 2008/09-es gázévben a relatíve enyhe tél mellett a válságnak jóval nagyobb hozzájárulása volt a földgázfogyasztás előző évhez képesti csökkenéséhez. A 2008/09-es gazdasági-pénzügyi válságot követően a földgázfogyasztás évről évre jellemzően csökkent, gyakorlatilag a 2013/14-es gázévig folyamatosan. Kivételt a 2009/10-es gázév jelentett, de itt a növekedés forrása alapvetően az, hogy a 2009/10-es gázév hidegebb volt, mint a 2008/09-es gázév.

A 2013/14-es, előző gázévhez képesti 10%-os csökkenés már leginkább a hőmérsékletnek (az előző évhez képest enyhébb télnek) volt betudható, nem pedig a csökkenő trendnek. Ezt követően megindult a hosszú válságot követő fellendülés, ami a gázfogyasztás évenkénti folyamatos növekedésében is megmutatkozott, amire csak rátett a 2016/17-es gázév rendkívül hideg tele (főként 2017. január), ami az előző évhez képest összességében több, mint 10%-os (45 ezer TJ-os) fogyasztásnövekedést eredményezett. Ezt követően azonban ismét, főként egy enyhe tél miatt, mintegy 4%-kal (15 ezer TJ-lal) csökkent a fogyasztás az előző gázévhez képest.

Az ezt követő években a fogyasztás éves változását a hőmérséklet mozgatta igazán nagy mértékben (a szezonálisan kiigazított idősor is stagnálást mutat ezekben az években, bár kisebb kilengések azért voltak: például 2019

nyarának rendkívül alacsony gázkereslete, 2020-ban a COVID, az ezt követő időszakok „kis” visszaesései-kilábalásai 2020-ban és 2021-ben főként), majd 2022-ben a gázáremelkedés az enyhe téllal karöltve extrém 20%-os fogyasztáscsökkenést eredményezett, aminek csak relatíve kis hányadért (kb. 5%) volt felelős az időjárás.

Hasonlóan az extrém hőmérsékleti hatás szűréséhez, az éves aggregált adatok számértékei az M4. mellékletben is megtalálhatóak.

A 9/a és 9/b ábrák az előző év azonos időszakához képesti változásokat mutatják. A 2007-es és 2008-as években az egy évvel korábbi időszakokhoz képesti változásból jórészt a hőmérséklet hatása erősebb, hiszen ezekben az években hideg és nagyon enyhe telek váltogatták egymást. Ezekben az években a nyári fogyasztás jellemzően nőtt az előző év azonos időszakához képest, ami többek között a fokozódó villanykereslettel és hazai erőművi gázigénnyel magyarázható. Az ezt követő időszakban a válság miatti recesszió, ezzel párhuzamosan a rossz hatékonyságú kombinált ciklusú erőművek használaton kívül helyezése is csökkentette a gázfogyasztást, ami éves szinten és a nyári hónapokban is jól látszik.

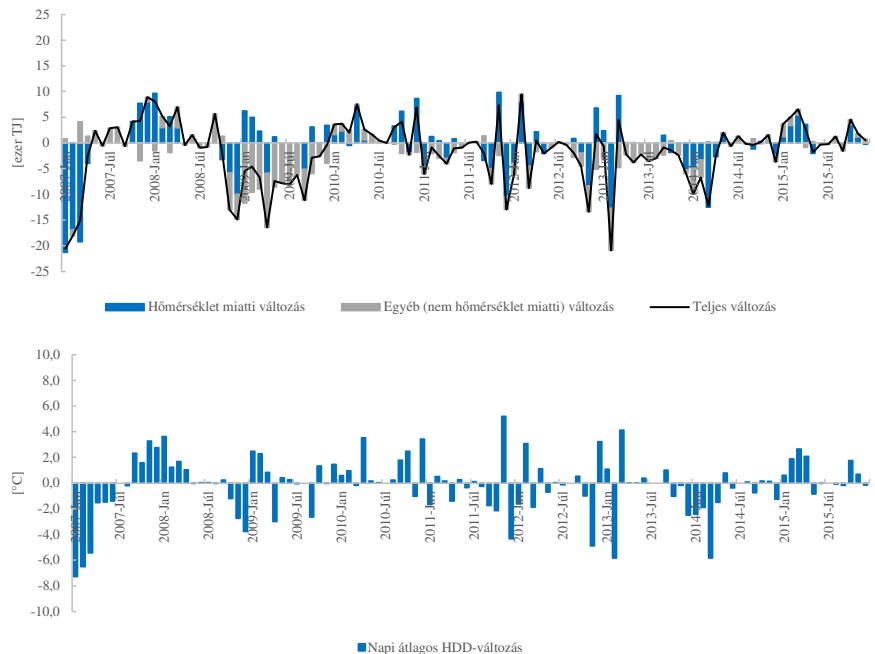
Érdemes kiemelni a 2017 nyarán és a 2019 nyarán történő kisebb fel lendülések hatásait is. Nagyon szembetűnő pl. 2018 januárja is, amikor az előző évi januárhoz képesti nagy hőmérsékletbeli differencia okozott nagy fogyasztáscsökkenést, ezzel szemben 2018 márciusa az előző év márciusához képest relatíve hideg volt, maga a 2018. márciusi gázfogyasztás pedig az előző év azonos időszakához képest jóval magasabb, ami a januári hónaphoz hasonlóan szintén főként a hőmérséklettel magyarázható.

A 2019. év eleji változásokban is elsősorban a hőmérséklet hatása köszön vissza: az első hónapok enyhébbek, a márciusi és áprilisi hónapok jóval hidegebbek voltak az előző év azonos időszakához képest.

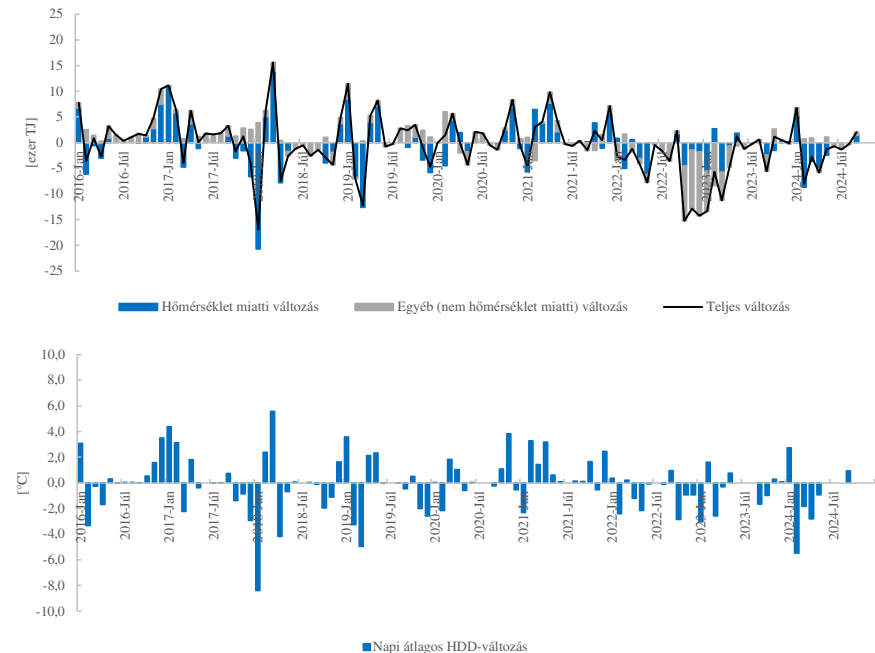
2020 elején az előző év azonos időszakához képest hidegebb időjárás a COVID miatti fogyasztáscsökkenést kompenzálta. A 2020 év végi, 2021 év eleji téli/átmeneti időszakban ismét elsősorban az előző év azonos időszakához képesti hidegebb időjárás okozott magasabb fogyasztást (a decemberi és januári hónapok kivételével, amik relatíve enyhék voltak).

A 2022/23-as és 2023/24-es gázévek teleinek az előző év azonos időszakához képesti alacsonyabb fogyasztásának a háttérben egyrészt az egyre enyhébb telek állnak, 2022-ben pedig a fogyasztás jelentős része a magas gázárak miatt csökken drasztikusan az egy évvel korábbi azonos hónapokhoz képest – ennek havi lefutása nagyon jól látszik az 9/b ábrán.

A majdnem 20 éves idősor tekintetében egyébként a két igazán drasztikus változást tehát a 2008/09-es gazdasági-pénzügyi válság, illetve a 2022-es drasztikus gázáremelkedés jelentette. Hatását tekintve mindkettő komoly változást okozott, az ábrákat vizsgálva talán az előbbi volt erősebb (technikailag ez persze abban is megjelenik, hogy az egyik LS, a másik TC típusú törés). Összességében elmondható, hogy a 2008/09-es válság nyomán az előző év azonos időszakához képest sokkal hosszabb ideig volt tapasztalható csökkenés, annak ellenére, hogy ott a hőmérséklet kevésbé rontott párhuzamosan a helyzeten.



9/a. ábra. A földgázfogyasztás előző év azonos időszakához képesti változásának dekompozíciója 2007. január és 2015. december között. *Forrás:* saját szerkesztés.



9/b. ábra. A földgázfogyasztás előző év azonos időszakához képesti változásának dekompozíciója 2016. január és 2024. december között. *Forrás:* saját szerkesztés.

6 Összefoglalás

A tanulmányban a hazai földgázfogyasztás alakulását vizsgáltam egy majdnem 20 év hosszúságú idősor felhasználásával, 2006. január és 2024. szeptember között, havi gyakoriságú adatokon. A felhasznált módszertan a szezonális kiigazítás területén elterjedt X13-ARIMA, amely a szezonális kiigazítást a regARIMA regressziós előigazítását követően különböző mozgóátlagolások felhasználásával végzi el.

Ezen túlmenően különös figyelmet szenteltem a hőmérsékleti hatás elemzésének, amely ilyen hosszú idősor tekintetében mindenképpen egyedi, ráadásul az adatforrások publikációs gyakoriságának megfelelően egészen 2024 szeptemberéig, a legutolsó ismert gázév végéig elvégzésre került. Elmondható, hogy az igazán jelentős strukturális töréseket/változásokat leszámítva a hőmérséklet az, amely egyik évről a másik évre képes volt az összefogyasztást szignifikánsan megemelni vagy csökkenteni.

Ebből is érezhető, hogy a hőmérséklet alakulásának a hosszú távú trendje fontos kérdés a jövőre nézve is, figyelembe véve azt, hogy az elmúlt 10 gázévből egyetlen (!) olyan volt, amely a napi átlagos HDD-eltérések alapján mérve hidegebb volt, mint az OMSz által jelenleg használt legfrissebb, 1991 és 2020 közötti éghajlati normál.

A legutolsó gázév példája rendkívül szemléletes közelmúltbeli aktualitással szolgál. A 2023/24-es gázév fogyasztása 316 PJ volt²⁰ (ez nagyjából 8,3 milliárd m³-nek felel meg), 11 PJ-lal kevesebb, mint az elmúlt közel 20 tekintetében rekordalacsonynak számító 2013/14-es gázév fogyasztása (327 PJ, 8,5 milliárd m³). Hogy mennyit számít a hőmérsékleti hatás, az nagyon jól látszódik abból, hogy a 2016/17-es extrém hideg gázév hőmérsékleti karakterisztikáját felhasználva a 2023/24-es gázév fogyasztására 363 PJ (9,5 milliárd m³) adódna, ami a rangsorban még mindig csak az 5. legalacsonyabb fogyasztás lett volna. Ennél alacsonyabb fogyasztás csak a 2013/14, 2014/15, 2015/16 (rendkívül enyhe) és 2022/23 (magas gázárakkal sújtott és szintén enyhe) gázévekben volt.

Érdemes még megemlíteni, hogy szezonális kiigazítás ma már nemcsak a sok manuális munkát igénylő *JDemetra+* alkalmazásban végezhető el, hanem vannak erre kifejlesztett és folyamatosan karbantartott R csomagok is, amelyeket a tanulmány írása során használtam. Ezek együttesen nem csak magát a szezonális kiigazítást, de annak rendkívül vizualizáció-dús eredményeit is konzisztensen és könnyen reprodukálható módon képesek megvalósítani (*ggplot2*-re és *rmarkdown*-ra építve).

Irodalom

1. European Commission: Eurostat (2017): Handbook on Rapid Estimates: 2017 edition. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/4887400>

²⁰1 PJ = ezer TJ

2. European Commission: Eurostat (2018a): ESS guidelines on temporal disaggregation, benchmarking and reconciliation: 2018 edition. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/79182>

3. European Commission: Eurostat (2018b): Handbook on Seasonal Adjustment: 2018 edition. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/279605>

4. European Commission: Eurostat (2024): ESS guidelines on seasonal adjustment: 2024 edition. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/705102>

5. Findley, D. F. – Monsell, B. C. – Shulman, H. B. – Pugh, M. G. (1990): Sliding Spans Diagnostics for Seasonal and Related Adjustments. *Journal of the American Statistical Association*, 85(410), 345–355. <https://doi.org/10.1080/01621459.1990.10476207>

6. Mák, F. (2015): Az időjárás véletlen hatásának szerepe a szezonális kiigazítás során, a hazai földgázfogyasztás példáján. *Statisztikai Szemle*, 93(5), 417–441.

7. Sugár, A. (1999a): Szezonális kiigazítási eljárások I. *Statisztikai Szemle*, 77(9), 705–721.

8. Sugár, A. (1999b): Szezonális kiigazítási eljárások II. *Statisztikai Szemle*, 77(10-11), 816–832.

9. Sugár, A. (2011): A hőmérséklet hatásáról a villamosenergia- és gázfogyasztás magyarországi példáján. *Statisztikai Szemle*, 89(4), 379–398.

10. Szentés, O. (2021): Átállás az 1991–2020-as éghajlati normálra. https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=3011. Letöltés dátuma: 2024. október 17.

Mellékletek

M1. Modelldiagnosztika

A melléklet különböző modelldiagnosztikai eredményeket közöl, amelyek a szezonális kiigazítás megfelelő minőségét támasztják alá. A tesztek alapján az idősorban nincs mozgó szezonalitás (az idősor hossza miatt ez különösen fontos), illetve sem a szezonálisan kiigazított idősorban, sem az irreguláris komponensben nem maradt szezonális hatás. A Q- és M-statisztikák eredményei kielégítőek, mindössze kettő haladja meg enyhén az 1 küszöbértéket. Az M1. és M2. mellékletek módszertani háttéréről ld. bővebben a korábban már hivatkozott szezonális kiigazítással foglalkozó irodalmakat.

Teszt	Próbafüggvény értéke	p-érték
Szezonalitás (Kruskall-Wallis χ^2)	209,7802	0,0000
Szezonalitás (F)	4322,1184	0,0000
Mozgó szezonalitás	0,3428	0,9934

M1. táblázat. Állandó és mozgó szezonalitás tesztelése. Forrás: saját számítás.

Teszt	Próbafüggvény értéke	p-érték
QS-teszt (szezonálisan kiigazított idősor)	0,0000	1,0000
QS-teszt (irreguláris komponens)	0,0000	1,0000
F-teszt (szezonális dummy-k, szezonálisan kiigazított idősor)	0,5448	0,8709
F-teszt (szezonális dummy-k, irreguláris komponens)	0,6398	0,7933
regARIMA reziduumok (teljes idősor)	0,5041	0,8992
regARIMA reziduumok (utolsó 3 év)	0,5294	0,8642
F-teszt (munkanap-hatás, szezonálisan kiigazított idősor)	1,3232	0,2481
F-teszt (munkanap-hatás, irreguláris komponens)	1,1878	0,3141

M2. táblázat. Szezonális tesztelése az irreguláris komponensen és a szezonálisan kiigazított idősoron. Forrás: saját számítás.

Mutató neve	Mutató értéke
M(1)	0,0090
M(2)	0,0142
M(3)	1,1087
M(4)	0,4612
M(5)	1,0986
M(6)	0,5416
M(7)	0,0305
M(8)	0,0710
M(9)	0,0336
M(10)	0,0548
M(11)	0,0504
Q	0,3423
Q-M2	0,3828

M3. táblázat. Q- és M-statisztikák eredményei.
Forrás: saját számítás.

M2. Az eredmények stabilitása

Az M4. táblázat a csúszó tartományok (sliding span) elemzés eredményeit tartalmazza.²¹ Az eredményeket 16, 14, 12 és 10 éves tartományokkal, azaz 3, 5, 7 és 9 darab tartománnyal végeztem el.

Az M4. táblázat alapján némi instabilitás csak a 9 tartományos esetben jelentkezik (ott is csak alacsonyabb küszöbértékek esetén), ami mindenképpen jó eredménynek mondható, hiszen ebben az esetben már gyakorlatilag csak a teljes idősor felével dolgozunk. Érdekes még megjegyezni, hogy a táblázat eredményeit úgy kaptam, hogy – szigorúan dolgozva – az

²¹A csúszó tartományok elemzésének a lényege, hogy rövidebb időszakokra a teljes időszakra vonatkozóval ekvivalens elemzést végez el, és a különböző időszakokon kapott eredmények stabilitásáról nyilatkozik (bővebben ld. Findley et al., 1990). Kétféle stabilitási mérőszámot szokás használni: az instabil szezonális faktorok arányát, illetve az instabil százalékos változások arányát. A szezonális kiigazítás instabilnak mondható az adott t időpontra, amennyiben: $(\max_j SA_j^t - \min_j SA_j^t) / \min_j SA_j^t > 0,03$. Vagy, ehhez hasonlóan, a szezonális kiigazítás instabilnak mondható az adott t időpontra, amennyiben: $\max_j SA_j^t / SA_j^{t-1} - \min_j SA_j^t / SA_j^{t-1} > 0,03$. A 3%-os küszöbértékek állíthatóak, tipikusan 3,5 és 4%-os értékeket szokás még használni, a j index pedig a j -edik csúszó tartomány jelölésére szolgál. Empirikus alapon az mondható el, hogy az eredmények instabilnak mondhatóak, amennyiben az első mutató szerinti instabilitások aránya meghaladja a 15 százalékot (esetlegesen a 25 százalékot), a második mutató esetén pedig a 35 százalékot (esetlegesen a 40 százalékot).

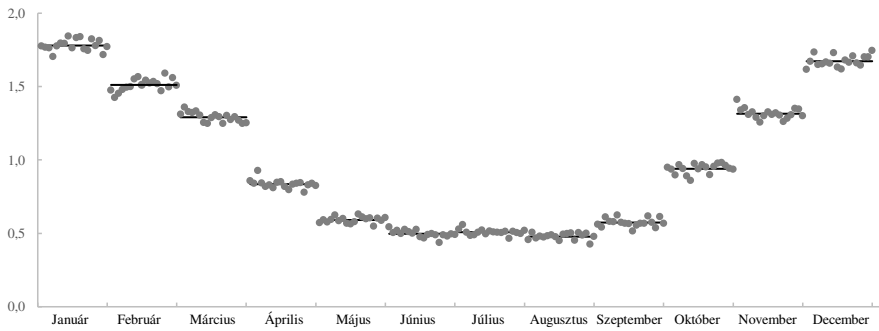
outliereket (LS (2008-November) és TC (2022-Október)) nem rögzítettem, pedig ezeket – a meghatározásuk nehézségéből fakadóan – inkább rögzíteni szokták. Rögzítésük esetén az eredmények természetesen nem romlanának. Összességében tehát az eredmények a csúszó tartományok elemzése alapján stabilnak tekinthetők.

Az SI-arányok alakulása hasonlóan jól igazolja az eredmények stabilitását (ld. *M1. ábra*).

Küszöb	Három			Öt			Hét			Kilenc		
	tartománnyal			tartománnyal			tartománnyal			tartománnyal		
	0,03	0,035	0,04	0,03	0,035	0,04	0,03	0,035	0,04	0,03	0,035	0,04
Instabil szezonális faktorok												
száma (db)	4	2	2	12	7	5	26	16	10	83	57	46
aránya (%)	2,1	1,0	1,0	6,3	3,6	2,6	13,5	8,3	5,2	43,2**	29,7**	24,0*
Instabil százalékos változások a szezonálisan kiigazított idősorban												
száma (db)	12	5	2	29	18	12	67	44	29	103	86	74
aránya (%)	6,3	2,6	1,0	15,2	9,4	6,3	35,1*	23,0	15,2	53,9**	45,0**	38,7*

*Meghaladja a 15%-os ill. 35%-os (belső) küszöbértéket
**Meghaladja a 25%-os ill. 40%-os (külső) küszöbértéket

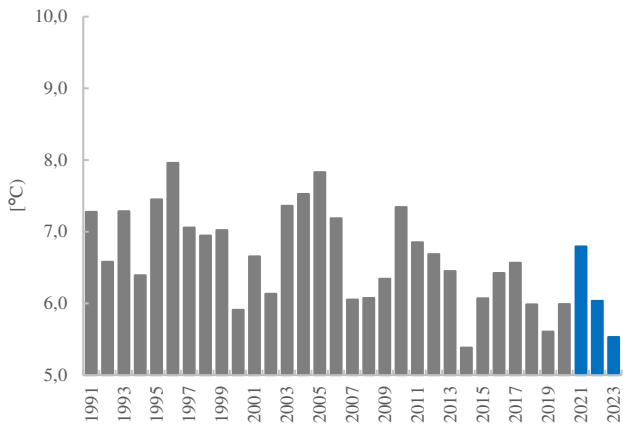
M4. táblázat. A csúszó tartományok (sliding span) elemzésének eredményei.
Forrás: saját számítás.



M1. ábra. SI arányok 2006. január és 2023. december között. *Forrás:* saját szerkesztés.

M3. Napi átlagos HDD-értékek alakulása 1991 és 2023 között

Az *M2. ábra* a naptári évenként számolt napi átlagos HDD-értékeket tartalmazza. A 2021–2023. évek kék színnel vannak jelölve, mivel ez a három év nem tartozik bele az OMSz által aktuálisan használt 1991–2020-as éghajlati normálba. Jól érzékelhető, hogy az időszak második felében a napi átlagos HDD-értékek alacsonyabbak, mint az időszak első felében, ami leginkább ezen évek enyhébb téli hónapjaival magyarázható.



M2. ábra. Napi átlagos HDD-értékek alakulása 1991 és 2023 között.
Forrás: saját szerkesztés.

M4. Hőmérsékletkorrekció és hőmérsékletfüggő dekompozíció eredménye gázévenként

Az M5. és M6. táblázatok a tanulmány 7. és 8. ábrájához kapcsolódóan tartalmaznak pontos földgázfogyasztás és HDD-értékeket a hőmérsékletkorrekció és az éves változások dekompozíciója tekintetében.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	/07	/08	/09	/10	/11	/12	/13	/14	/15
Földgázfogyasztás [ezer TJ]	487	533	429	447	439	415	366	327	340
Korrigált fogyasztás [ezer TJ]	529	534	443	440	427	408	363	353	358
Korrekció mértéke [ezer TJ]	42	1	14	-7	-12	-7	-3	26	18
Korrekció mértéke [%]	8,6	0,3	3,4	-1,7	-2,7	-1,7	-0,9	8,1	5,2
Napi átlagos HDD-eltérés [°C]	-1,3	0,0	-0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	-1,2	-0,8

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	/16	/17	/18	/19	/20	/21	/22	/23	/24
Földgázfogyasztás [ezer TJ]	357	402	387	394	397	422	409	326	316
Korrigált fogyasztás [ezer TJ]	373	392	399	410	422	425	415	349	354
Korrekció mértéke [ezer TJ]	16	-10	12	16	26	3	6	23	38
Korrekció mértéke [%]	4,5	-2,5	3,1	4,1	6,5	0,7	1,5	6,9	12,0
Napi átlagos HDD-eltérés [°C]	-0,7	0,3	-0,6	-0,7	-1,1	-0,2	-0,2	-1,1	-1,7

M5. táblázat. A földgázfogyasztás hőmérsékletkorrekciója a 2006/07 és 2023/24 közötti gázévekre. Forrás: saját számítás.

	2006 /07	2007 /08	2008 /09	2009 /10	2010 /11	2011 /12	2012 /13	2013 /14	2014 /15
Teljes változás [ezer TJ]	-	46	-104	19	-9	-24	-49	-39	13
Egyéb változás [ezer TJ]	-	5	-89	-2	-13	-19	-46	-9	4
Hőmérséklet miatti vált. [ezer TJ]	-	41	-15	21	5	-5	-3	-30	9
Teljes változás [%]	-	9,4	-19,5	4,3	-2,0	-5,4	-11,8	-10,7	4,1
Egyéb változás [%]	-	1,1	-16,6	-0,5	-3,0	-4,3	-11,1	-2,5	1,2
Hőmérséklet miatti változás [%]	-	8,2	-3,5	4,9	1,1	-1,1	-0,8	-8,4	2,9
Napi átlagos HDD-változás [°C]	-	1,3	-0,6	0,8	0,0	-0,1	-0,1	-1,3	0,4

	2015 /16	2016 /17	2017 /18	2018 /19	2019 /20	2020 /21	2021 /22	2022 /23	2023 /24
Teljes változás [ezer TJ]	17	45	-15	7	3	25	-13	-83	-10
Egyéb változás [ezer TJ]	15	18	8	10	11	3	-10	-65	4
Hőmérséklet miatti vált. [ezer TJ]	2	27	-23	-3	-8	23	-3	-17	-14
Teljes változás [%]	5,0	12,6	-3,8	1,9	0,7	6,4	-3,0	-20,2	-3,1
Egyéb változás [%]	4,4	5,0	1,9	2,7	2,8	0,7	-2,4	-16,0	1,3
Hőmérséklet miatti változás [%]	0,6	7,2	-5,6	-0,7	-2,1	5,7	-0,7	-5,0	-4,3
Napi átlagos HDD-változás [°C]	0,1	1,1	-0,9	-0,2	-0,3	0,9	-0,1	-0,9	-0,6

M6. táblázat. A földgázfogyasztás éves változásának dekompozíciója a 2007/08 és 2023/24 közötti gázévekre. *Forrás:* saját számítás.

M5. A hazai földgázfogyasztás szerkezete naptári évenként

Az M7. táblázat a hazai földgázfogyasztás szerkezetét mutatja szektoronkénti bontásban naptári évenként.²²

Az EUROSTAT által használt elnevezések alapvetően informatívak, de néhány megjegyzést érdemes az általam alkalmazott aggregáláshoz, illetve a kategóriák tartalmához fűzni:

- a transzformációs szektoron belül az 'Egyéb' kategória lefedi többek között azokat a felhasználókat, akik a hőt vagy villanyt saját maguknak állítják elő,
- az 'Energia szektor' földgázfelhasználásának számít pl. a fűtőolajjal működő erőművek vagy az olajfinomító művek földgázfelhasználása,
- az 'Egyéb szektorok' nem háztartási fogyasztóinak minősülnek többek között a kereskedelmi és közszolgáltatók, vagy a mezőgazdasági felhasználók,
- az általam definiált 'Maradék' kategória tartalmazza többek között a hálózati veszteséget, illetve a statisztikai különbözetet.

Az M8. táblázatban a háztartások földgázfogyasztásának a felhasználás célja szerinti szerkezete szerepel.²³

²²Az adatok forrása: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

²³Az adatok forrása: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Transzformációs szektor	167	182	175	127	147	136	124	89	76
Villamosenergia-termelés	56	70	71	40	47	35	36	10	7
CHP	87	89	84	71	73	67	55	45	36
Hőtermelés	18	17	13	13	15	18	22	23	23
Egyéb	6	6	6	3	13	15	11	11	10
Energia szektor	10	7	8	8	3	3	3	6	6
Ipar	74	75	73	56	62	64	59	78	81
Nem energiacélú felhasználás	16	18	16	15	17	19	21	18	23
Energiacélú felhasználás	59	57	56	41	45	45	38	59	58
Szállítás	0	0	0	0	1	2	3	2	2
Egyéb szektorok	270	226	228	227	237	224	195	187	173
Háztartások	170	148	153	148	152	138	126	117	108
Nem háztartási fogyasztók	100	78	75	79	86	86	69	70	65
Maradék	13	9	8	8	8	7	6	6	5
Összesen	534	498	491	426	458	436	390	367	342

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Transzformációs szektor	84	92	103	98	107	111	115	104	90
Villamosenergia-termelés	12	20	28	24	32	32	31	28	24
CHP	35	38	40	38	41	45	52	47	38
Hőtermelés	26	25	25	24	22	23	24	21	19
Egyéb	11	10	10	12	12	11	9	9	9
Energia szektor	5	8	10	10	10	10	10	9	9
Ipar	79	83	89	89	88	89	92	74	75
Nem energiacélú felhasználás	21	23	26	23	23	26	25	15	21
Energiacélú felhasználás	58	60	63	67	65	64	67	59	54
Szállítás	2	2	3	4	4	3	2	1	1
Egyéb szektorok	187	196	199	189	186	198	214	181	155
Háztartások	122	131	138	132	130	141	155	133	116
Nem háztartási fogyasztók	65	65	61	57	56	57	59	48	39
Maradék	5	5	7	6	6	5	5	4	3
Összesen	361	386	412	396	401	417	439	374	334

M7. táblázat. A földgázfogyasztás alakulása 2006 és 2023 között [ezer TJ].

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját szerkesztés.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fűtési célú felhasználás	99	108	115	109	108	117	131	111
Vízmelegítési célú felhasználás	13	14	14	13	13	15	15	14
Főzési célú felhasználás	9	9	9	9	9	9	9	9
Összesen	122	131	138	132	130	141	155	133

M8. táblázat. A háztartási földgázfogyasztás alakulása 2015 és 2022 között [ezer TJ].

Forrás: EUROSTAT adatok alapján saját szerkesztés.

THE HUNGARIAN NATURAL GAS CONSUMPTION BETWEEN 2006 AND 2024

The evolution of domestic natural gas consumption over the period of approximately 20 years between 2006 and 2024 was quite variable in point of boom and recession periods, structural changes and crises (e.g. the economic and financial crisis of 2008/09, the COVID19 or the gas-price increase of 2022). However, due to the dominant use for heating, the effect of temperature makes the picture even more complicated. In addition to the classic decomposition of the seasonal adjustment,

I also present the extreme temperature-corrected natural gas consumption and the decomposition of the changes into temperature-dependent and not temperature-dependent parts. The calculations were implemented in the open source programming language R.

Keywords: Decomposition, Natural Gas Consumption, Seasonal Adjustment