



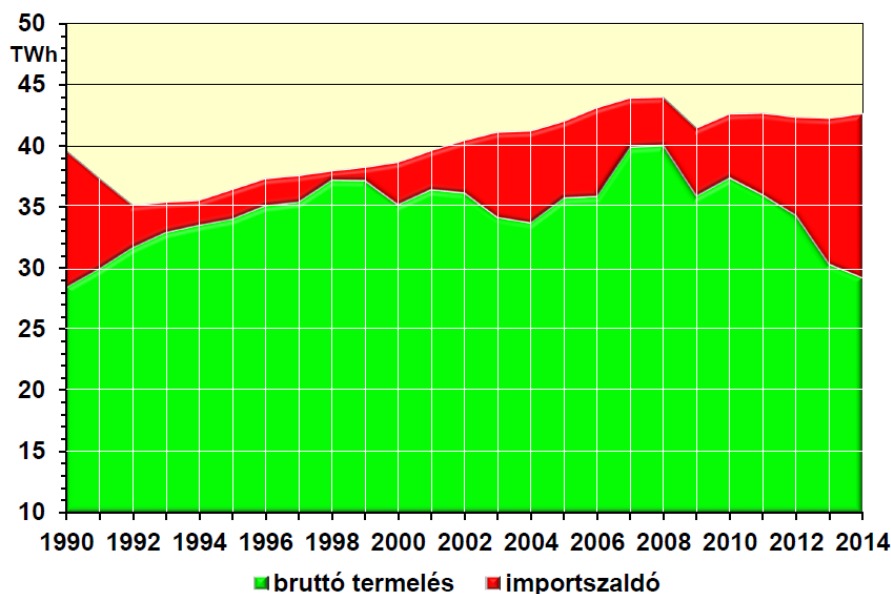
A magyarországi erőműépítés jövője, főbb kérdései

Az Energetikai Szakkollégium 2015. őszi, Lévai András emlékfélévének ötödik előadására 2015. november 5-én került sor. Az előadás öt nagy fejezetre tagolódott, melyekben szó esett Magyarország jelenlegi erőműmixéről és a leálló/építés alatt lévő erőművekről, a nemzetközi erőmű-létesítési irányzatokról, a rövid- és középtávú hazai erőműépítés lehetőségeiről valamint piaci és környezetvédelmi kérdésekről.

Előadónk Dr. Stróbl Alajos volt, okleveles gépészmérnök, erőműves energetikus szakmérnök, egyetemi doktor műszaki mechanikából. Műegyetemi tanulmányai után az ERŐTERV-nél dolgozott osztályvezetői beosztásban. Öt éven keresztül Németországban tervezett svéd és német erőműveket, majd az MVM Stratégiai osztályát vezette. Jelenleg az ERŐTERV-nél dolgozik félállásban és a MAVIR-nál rövid- és hosszú távú kapacitásfejlesztési terveket készít elő, főként tanulmányok írásával foglalkozik. Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület alelnöke, valamint tagja a Mérnök Akadémiának.

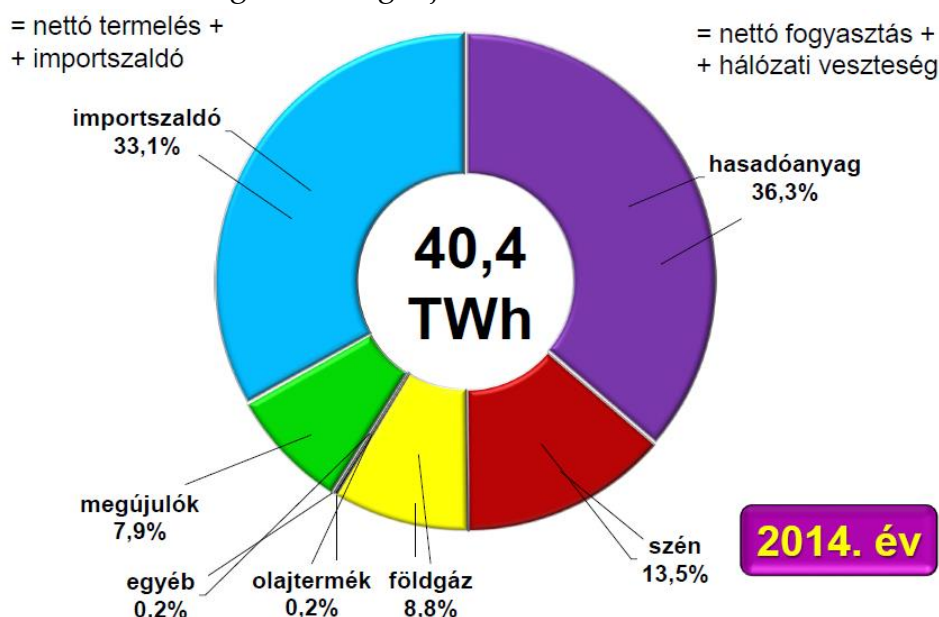
A jelenlegi hazai erőműpark és villamosenergia-ellátás

Évekre lebontva Magyarország nettó fogyasztása nem egyenletes, de összességében növekvő tendenciát mutat. A hálózati veszteségeket is hozzáadva megkapjuk a bruttó fogyasztást, ehhez hozzáadva az önfogyasztást megkapjuk az összes felhasználást. A trendek jövőbeni alakulása nehezen jósolható és sok tényező befolyásolja, többek között a szélerőmű-kapacitás, önfogyasztás, elosztott termelés elterjedése, stb.



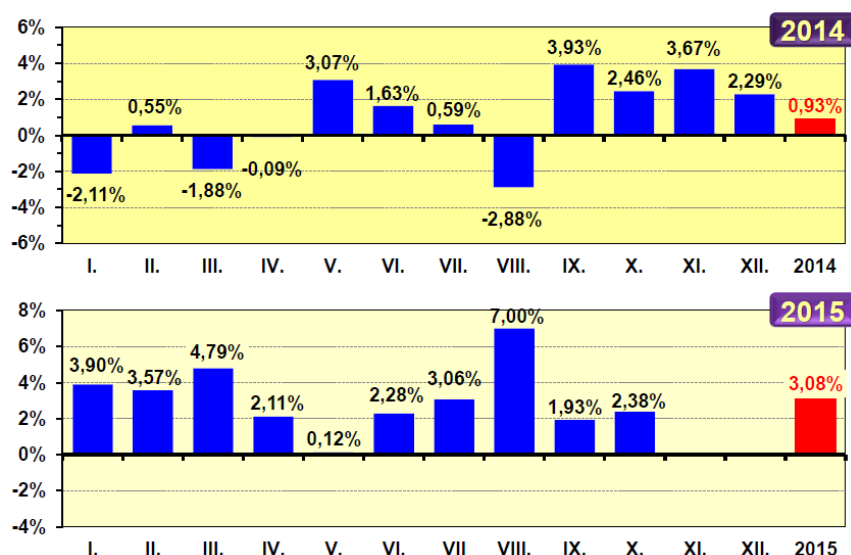
1. ábra: Magyarország összes villamosenergia-felhasználása az utóbbi 25 évben

Az 1. ábrán jól látszik, hogy a hazai erőművek termelése 2007-ben elérte a 40 TWh-t, mára azonban 30 TWh alá csökkent. 2008 óta a villamosenergia-kereskedelem jelentősen megnőtt, ez látszik az importszaldó nagyságából is. 2014-ben a hazai összes villamosenergia-felhasználás (=bruttó termelés + importszaldó) jelentős részét (50,7 %-át) Paks és a Mátrai Erőmű adta. Ezeken kívül a Budapesti Erőművek Zrt. 3 erőműve közel annyit termelt, mint az ország többi nagyerőműve összesen (Paks és Mátra kivételével a nagyerőművek össztermelése csupán 7,8 % volt). A kiserőművek – melyeknek fele megújuló, fele kötelező átvételű – 9,6 %-ot tettek ki. A maradék 31,4 % az importszaldó volt, amely igen jelentősnek mondható. Kedvező, ha olcsó az import ára, viszont kiszolgáltatottságot jelent.



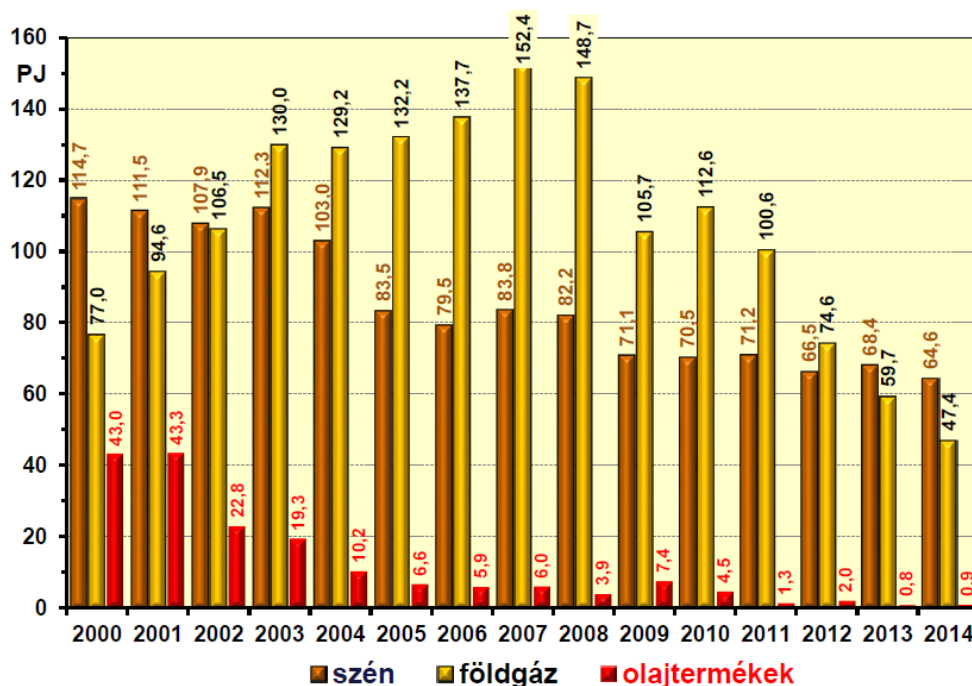
2. ábra: Magyarország bruttó villamosenergia-fogyasztásának megoszlása a primer energiahordozók szerint 2014-ben

A 2. ábrán láthatóak a 2014-es bruttó fogyasztásértékek. Az egész fogyasztás harmadát az importszaldó tette ki, a Paksi Atomerőmű 36,3 %-ot tett ki, a fosszilis tüzelőanyagok alig érik el a 25 %-ot. Az EU 20/20/20-as klíma- és energiacsomag elfogadásával vállaltuk, hogy az előállított energia megújuló részaránya 2020-ra 20 % lesz. Ez jelenleg Magyarországon csak 7,9 %. A probléma az, hogy az importban is van megújuló-arány, viszont azt nem tudjuk megmondani, hogy milyen energiaforrásból. Luxemburg és Macedónia után Magyarország a harmadik legnagyobb importáló Európában.



3. ábra: A havi villamosenergia-igény változásai

A 3. ábra havi bontásban azt mutatja, hogy hogyan változik az előző év azonos időszakához képest a villamosenergia-igény. Látható, hogy 2014-ben átlagosan kb. 1 %-kal nőtt, míg idén az eddig eltelt hónapok alapján már átlagosan 3 %-os növekedés tapasztalható. Ezek a statisztikai adatok nagyon összefüggnek az időjárással, például 2015 augusztusában a nagy igénynövekedést az okozta, hogy az idei augusztus sokkal melegebb volt, mint a tavalyi. Nyáron az importszaldó is mindig magasabb, mert télen a kereskedők kívánnak, ugyanis számításba kell venniük, hogy a környékbeli országokban hideg tél lesz. Ha nem történik erőműépítés hazánkban, akkor a növekvő energiaigényt importból kell fedeznünk. Magyarország hálózata elég fejlett ahhoz, hogy a növekvő tendenciájú importszaldót kezelni lehessen, 2015-ben már 10-szer volt nagyobb a napi importszaldó maximuma 3000 MW-nál, míg 2014-ben csak egyszer. Jelenleg a bruttó energiatermelés közel 75 %-át Paks és Mátra adja. Az öregedő mátrai blokkok leállításával egy erőműves orszaggá válunk, ami nem túl biztonságos energiaellátás szempontjából.



4. ábra: Erőművek fosszilis tüzelőanyag-felhasználása az elmúlt 15 évben

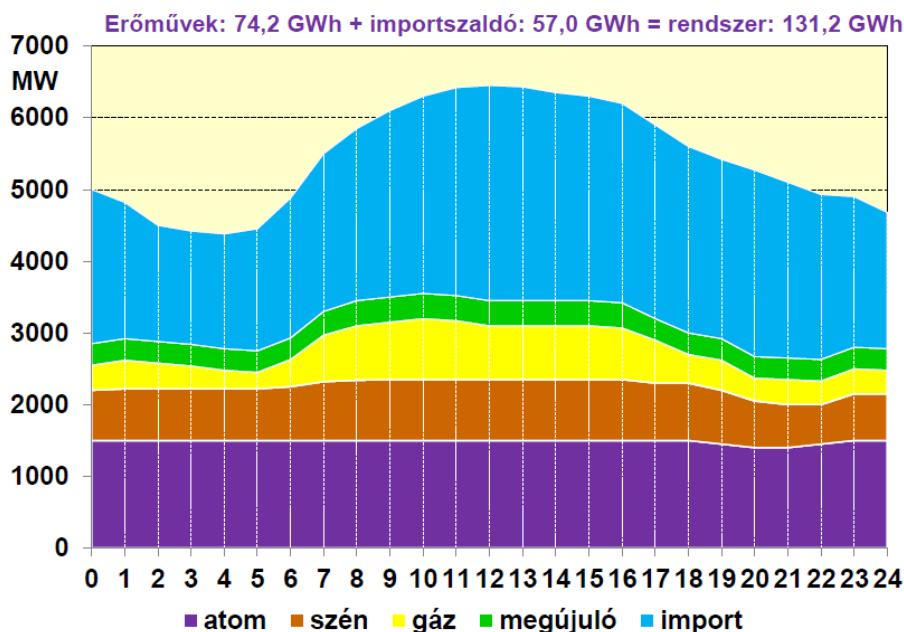
A 4. ábra grafikonján látszik, hogy Magyarország erőműveinek fosszilis tüzelőanyag-felhasználása egyre csökken. A szénfelhasználással ugyanez a helyzet és ez továbbra is így lesz, például 2015-től az utolsó mélyművelésű szénbányánk, Márkushegy sem üzemel már. 2008-ig nagyon sok gázerőművet építettek, azonban 2014-ben már a földgázfelhasználás is lecsökkent 47,4 PJ-ra. A grafikont látva bebizonyosodik, hogy Magyarország erőműépítési lehetősége az atom és a megújuló bázisú létesítményekre korlátozódik.

Ha Magyarországon a teljesítményadatokat tanulmányozzuk, akkor látható, hogy az utóbbi néhány évben a beépített teljesítőképesség 10 000 MW-ról 8500 MW-ra csökkent. Ez természetes jelenség, mivel az öregedő erőművek leállnak és az utóbbi években Magyarországon nem építettek erőművet. A beépített teljesítményadatokba olyan erőművek termelési kapacitása is bele van számolva, amelyek a valóságban nem igazán működnek (Dunamenti Erőmű, Debrecen, Nyíregyháza). Így a rendelkezésre álló teljesítmény 2015-ben csak 6566 MW, a csúcsteljesítményünk pedig majdnem ugyanekkora. Ez azt jelenti, hogy a 2012-ben még jelen lévő kb. 1200 MW-os tartalékteljesítményünk mára szinte teljesen eltűnt. ENTSO-E előírások szerint a maradó teljesítménynek (ami az összes tartalék és a rendszerirányítási tartalék különbsége) legalább a beépített teljesítmény 5 %-át kell elérnie, amely nálunk jelenleg csak az import segítségével valósul meg.

Sor	Erőmű	BT	ÁH	RT _A
1	Paks	2000		2000
2	Mátra	950	30	920
3	Tisza II.	900	900	0
4	Dunamenti	794	145	649
5	Gönyű	433		433
6	Csepel	410		410
7	Oroszlány	240		240
8	Kelenföld	178		178
9	Lőrinci	170		170
10	Litér	120		120
11	Sajószöged	120		120
12	Bakonyi GT	116		116
13	Kispest	114		114
14	Újpest	110		110
15	Bakony 23456	101	52	49
16	DKCE	95	95	0
17	ISD Power	65		65
Nagyerőművek		6916	1222	5694
18	Fosszilisok	950	97	853
19	Megújulók	671	0	671
Kiserőművek		1621	97	1524
Erőművek		8537	1319	7218

5. ábra: Magyarország erőművei 2015-ben

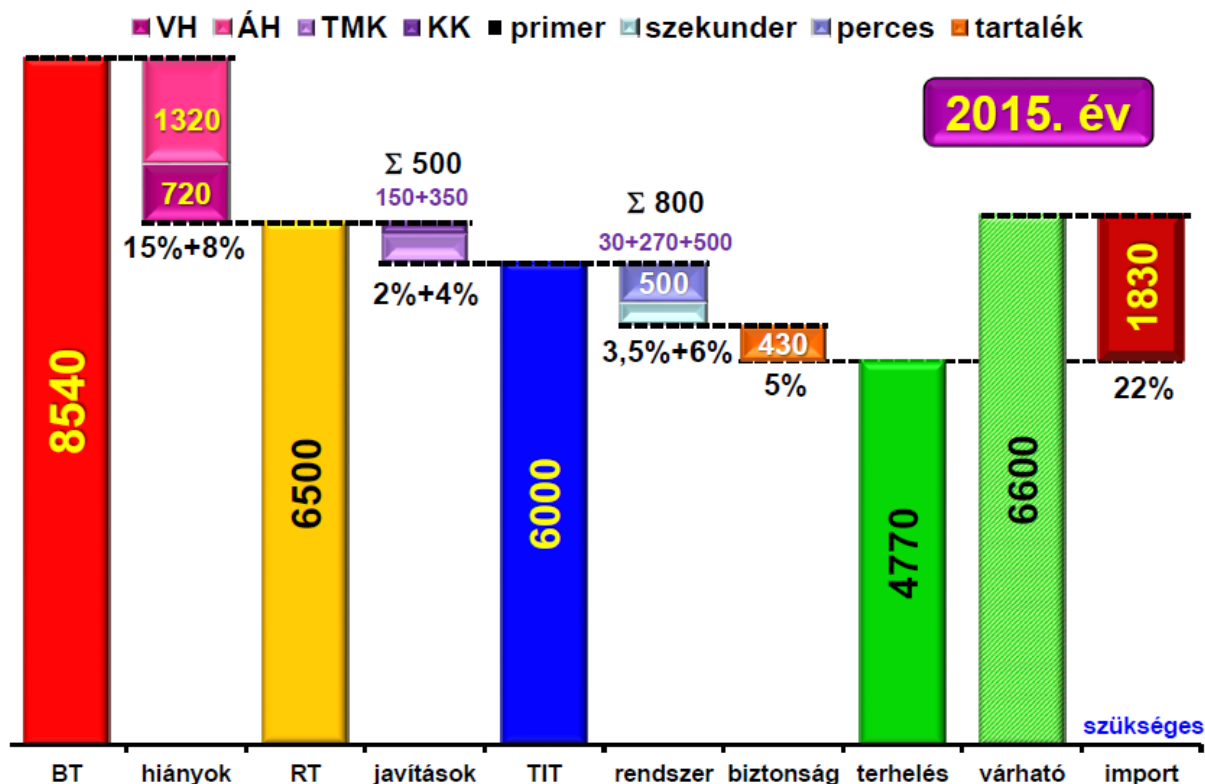
Az 5. ábrán látszik, hogy jelenleg 17 nagyerőműve van Magyarországnak és ezek összessége adja az ország összesített beépített teljesítményét. Ez azonban nem áll rendelkezésre, mert például a Tisza II. erőmű állandó hiányban van. Az oroszlányi előregedett blokkok is jövőre már le fognak állni, a Debreceni Kombinált Ciklusú Erőmű jelenleg áll és gazdasági okokból nem indítják be, a bakonyi régi gépek várhatóan szintén le fognak állni a közeljövőben.



6. ábra: Maximális nyári bruttó rendszerterhelés 2015. július 8-án

A 6. ábra mutatja 2015 nyarának legnagyobb rendszerterhelésű napjának teljesítményalakulását erőműtípusokra lebontva. A lila és barna rész mutatja Paks és

Mátra alaperőművi szerepét. Az egyenetlenségek szabályozását a gáztüzelésű erőművekkel végzik. Az is jól látszik az ábrából, hogy Paks akkor csak három 500 MW-os blokkal üzemelt és az egész nap folyamán az amúgy is nagy import aránya még jelentősebb volt. Ha az augusztus 20-i munkaszüneti napot is elemezzük, akkor azt láthatjuk, hogy csak az importban van nagy különbség. Július 8-án az erőművek terhelése 74,2 GWh volt, az importszaldó 57 GWh. Ezzel szemben augusztus 20-án az erőművek terhelése közel ugyanennyi, viszont az importszaldó csak 19,5 GWh volt.



7. ábra: A szükséges teljesítőképesség MW-ban (jelenleg)

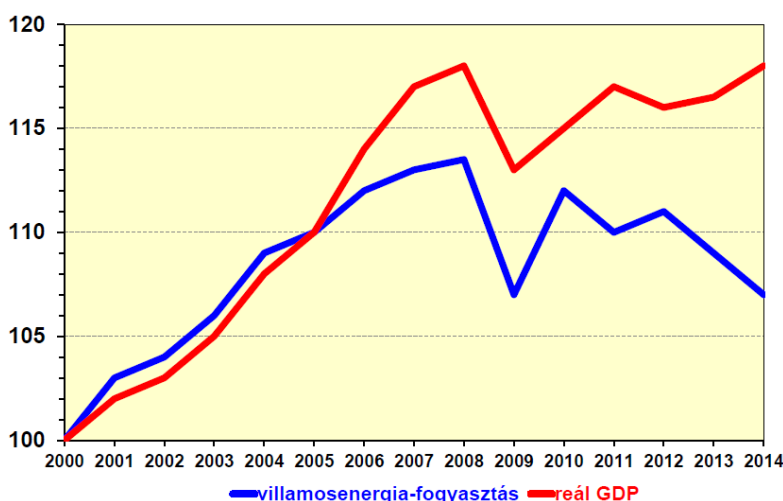
Rövidítések

BT	Bruttó beépített villamos teljesítőképesség
RT	Rendelkezésre álló teljesítőképesség
TIT	Ténylegesen igénybe vehető teljesítőképesség
VH	Változó hiány
ÁH	Állandó hiány
TMK	Tervszerű megelőző karbantartás
KK	Kényszerkiesés

A 7. ábra mutatja a szükséges importszaldó kialakulását. Állandó hiányt jelentenek az olyan erőművek, amik üzemképesek, de nem üzemelnek, ilyen például a Tisza II. erőmű. Változó hiányt jelentenek a megújuló energiaforrások által okozott bizonytalanságok, például az esti órákban a napsütés hiánya, vagy egy szélmentes időszak. Ezek levonásával alakul ki a beépített teljesítményből a rendelkezésre álló

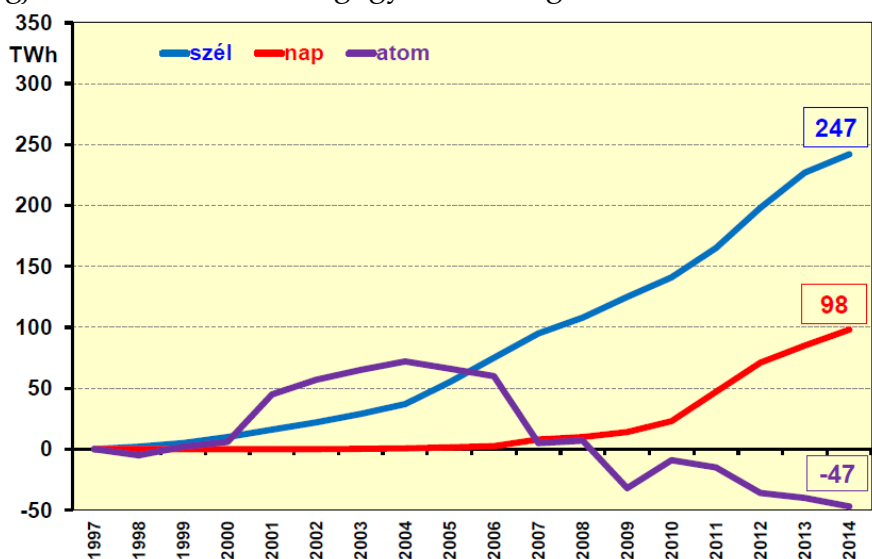
teljesítmény. Ebből levonva a karbantartásokat és a kényszerkieséseket megkapjuk az igénybe vehető teljesítőképességet, amely azonban még tartalmazza a szabályozási tartalékokat és a korábban említett ENTSO-E által előírt 5 %-ot. Mindent levonva megkapjuk azt a teljesítőképességet, ami a fogyasztók számára ténylegesen rendelkezésre áll. Ez azonban kevesebb, mint a várható igény, így 22 %-os importszaldó szükséges az egyensúly fenntartásához.

Nemzetközi erőmű-létesítési irányzatok



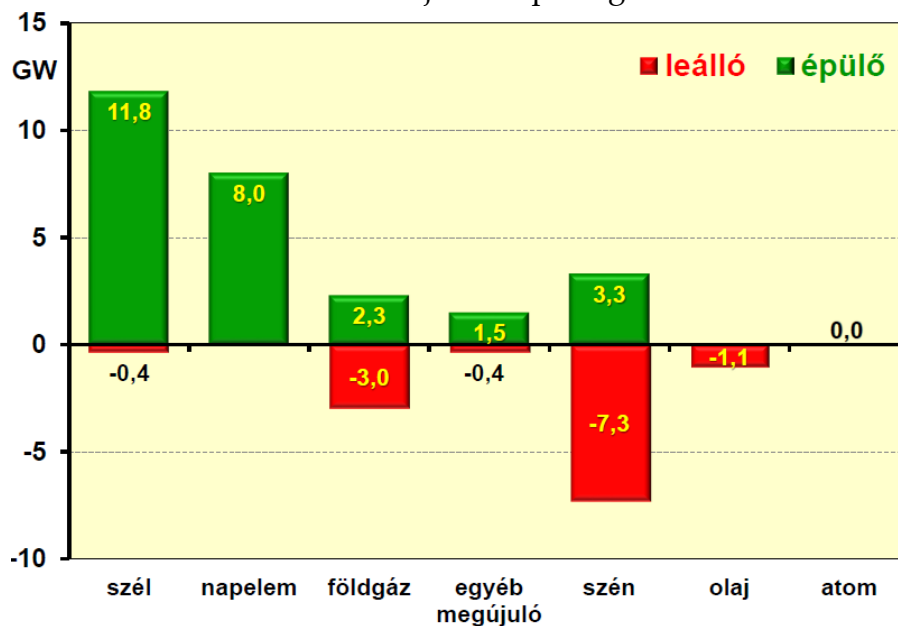
8. ábra: A villamosenergia-fogyasztás és a reál GDP alakulása az EU 28-ban 2000-hez viszonyítva

Európában eleinte a villamosenergia-fogyasztás együtt nőtt a GDP-vel, majd 2005 körül a GDP már nagyobb ütemben kezdett el nőni. A 2008-ban kirobbant gazdasági világválság után mindkettő görbe jelentős csökkenést mutatott. Pár évvel később a GDP újra növekedni kezdett, viszont a villamosenergia-fogyasztás csökkenő tendenciát mutatott. Ez azt jelenti, hogy a hatékonyság javult és ezt a hatékonyságjavulást minden ország igyekszik megtartani.



9. ábra: Szél-, nap-és atomerőművek villamos termelésének fejlődése az EU 28-ban

A statisztikák bizonyítják, hogy most kevesebbet termelnek Európa atomerőművei, mint 17 évvel ezelőtt. Ez az erőművek elöregedésének hatása, valamint a Fukushimai atomkatasztrófa következménye. A megújulók jól láthatóan folyamatosan fejlődtek, a naperőművek fejlődése később kezdődött, mint a szél- és szél- és naperőművekkel az a probléma, hogy a termelésük időjárásfüggő. Az ENTSO-E 34 tagországában az atom és fosszilis tüzelőanyagú erőművek közel azonos az utóbbi öt évben (atom kicsit csökkent, a fosszilis kicsit nőtt). Amik azonban jelentős változást jelentenek, azok a megújuló energiaforrások. Míg 2010-ben kb. 125 ezer MW volt a megújulók nettó teljesítőképessége, addig 2014-ben 229 ezer MW-ra nőtt. Ez nagy változó hiányt okoz a rendszerben, de nem okoz problémát, mert a csúcsterhelés körülbelül csak a fele az összes nettó teljesítőképességnek.



10. ábra: Épülő és leálló erőművek az EU 28-ban 2014-ben

Európában az elmúlt egy évben 11,8 GW-nyi szél-erőmű épült. A napelemparkokat is nagy ütemben telepítik, leállításra még nincsen szükség, mert viszonylag új technológia és még nem mentek tönkre. Szénerőműveket is építenek (például Szlovéniában idén helyeztek üzembe egyet), de nagyon sok leáll, mert a régi rossz hatásfokú erőműveknek nem éri meg üzemelniük. Ez a világon is érvényes, hagyományos erőművekből (atom + szén) már kevesebb épül, mint megújulókból.

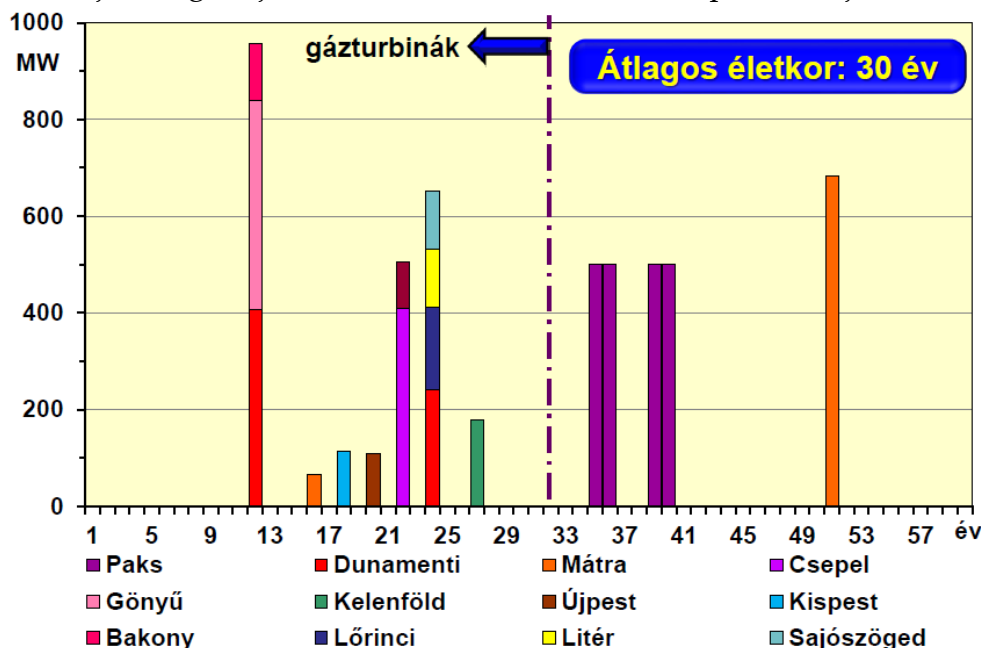
A rövidtávú hazai erőműépítés lehetőségei



11. ábra: A teljesítőképesség-elemzés időfelosztása

A teljes vizsgálati szakasz 15 évre vonatkozik. Törvényben előírás ez az időtartam, mert ennyi idő alatt már minden erőműtípus megépíthető. A következő 7 évre egy rövidtávú elemzés szükséges. Ennyi idő alatt nem lehet nagyerőművet építeni, mert körülbelül hat évet ölel fel már az előkészítés, engedélyeztetés is. Ebben a rövidtávú szakaszban csak kiserőművet lehet építeni. Ezen felül Magyarország energiaigényét importszaldóval lehet fedezni. A növekvő tendencia miatt a bruttó hazai csúcsterhelés 2030-ra elérheti a 7500 MW-ot. Ha a fogyasztói szabályozást is belevesszük a számításokba, akkor ez pár száz MW-tal kevesebb. A jövőbeni erőműmixnek ezeket az igényeket kell kielégítenie.

Az erőművek jelenlegi és jövőbeni életkoráról is érdemes pár szót ejteni.

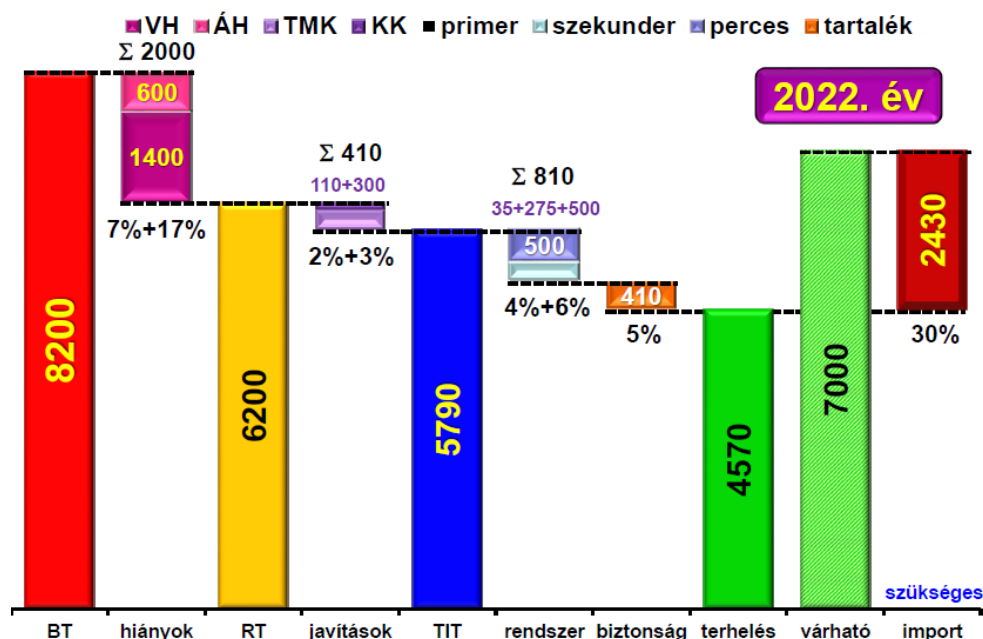


12. ábra: Nagyerőművek életkora 2022-ben

Paks jelenlegi blokkjai most 30 év körüliek, 2022-re már elérik a 37 évet is. A Tisza II. erőmű blokkjai 2022-re már bőven elérik az élettartamuk végét, Mátra öregebb blokkjai leállnak, Oroszlány, Bakony szintén le fog állni 7 éven belül. A 12. ábrán nagyon jól látható, hogy új – 10 évnél fiatalabb – nagyerőművek nem lesznek. Előbb-utóbb a gyorsindítású tartalék erőműveket (Lőrinci, Litér, Sajószöged) is le kell majd cserélni. Így a jelenlegi nagyerőművi kapacitás 2022-re körülbelül 5300 MW-ra csökken.

Ha a megújulók fajlagos beruházási költségét megnézzük, akkor az látható, hogy a biomassza erőművek költségei nem változnak, viszont a PV és a szél erőművek beruházási költsége jelentősen csökkenni fog. Hagyományos erőművek közül jelenleg is és a jövőben is a nyílt ciklusú gázturbinás erőművek (OCGT) beruházási költsége a legalacsonyabb. A lignit- és feketeszén tüzelésű erőművek nagyon drágák lesznek a jövőben is. A gáztüzelésűekkel viszont az a probléma, hogy az üzemeltetési költségük nagyban függ a gáz árától, ez Magyarországon manapság is komoly gondot jelent. A háztartási méretű naperőművek (BT < 50 kW) összesített teljesítménye Magyarországon exponenciális növekedést mutat. Míg 2004-ben csak 0,4 MWp volt a beépített teljesítmény, addigra 2015-ben ez már megközelítette a 110 MWp-t.

Magyarország várható erőmű-összetétele 2022-ben a következőképpen alakul: 2000 MW atom, 700 MW szén, 2900 MW földgáz, 600 MW olaj és a meglévő 700 MW megújulóhoz a következő 7 évben kb. 1300 MW-ot építenek (kiserőműveket), így összesen kb. 8200 MW beépített teljesítménnyel fogunk rendelkezni.



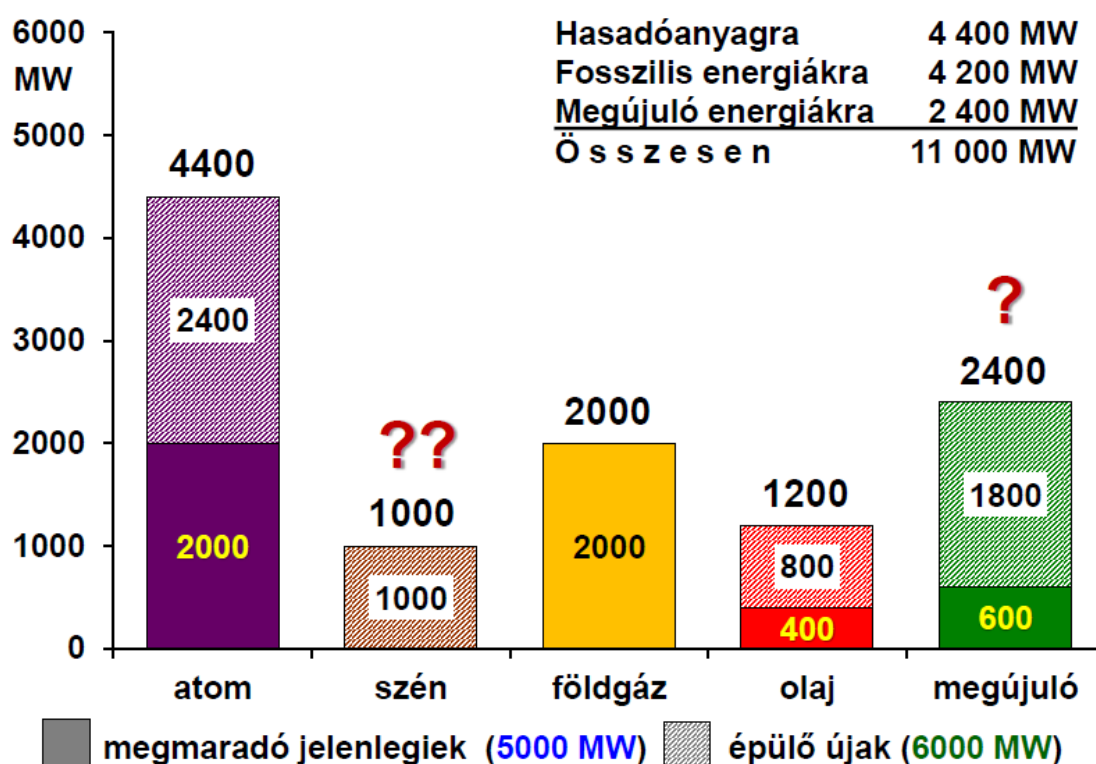
13. ábra: A szükséges teljesítőképesség MW-ban (2022.)

Mivel a mostani állapothoz képesti növekményt megújulók építésével érjük majd el és hét év alatt az energiatárolási technológiák még nem terjednek el hazánkban, ezért 2022-ben a változó hiány elég nagymértékű lesz. A várható igény azonban nőni fog,

ezért a különbséget megint importból tudjuk majd fedezni. Az importszaldó értéke 2022-ben eléri a beépített teljesítőképesség 30 %-át.

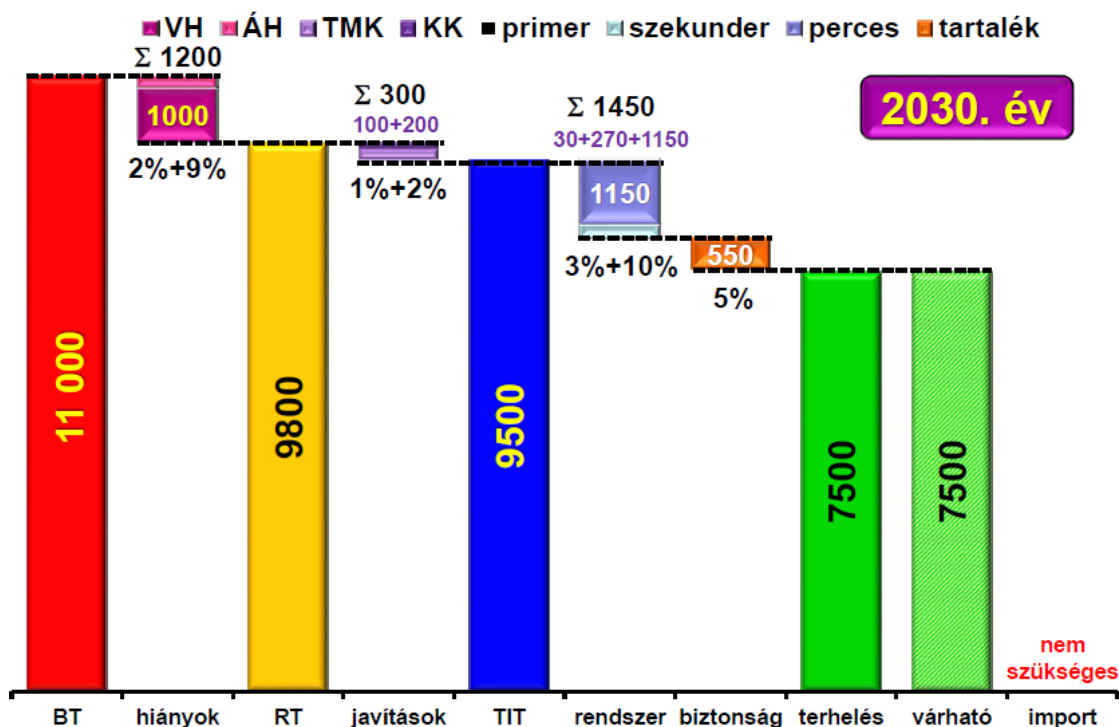
A középtávú hazai erőműépítés lehetőségei

Középtávon már a most indított erőmű-építési tervek elkészülhetnek. Az öregedő erőművek leállítása továbbra is folytatódik. A legnagyobb blokk teljesítménye Paks 2 megépítésével 1200 MW-ra növekszik, így szükséges a perces tartalék kapacitásának növelése is 800 MW-tal. A megújuló-kapacitás jelentős növekedése miatt szükséges valamilyen energiatárolási megoldás is (a változó hiány kompenzálására). A megújulók technológiája már annyira olcsó lehet, hogy támogatásokra nem lesz szükség.



14. ábra: Várható erőmű-összetétel 2030-ban

Ha csak Paks 2 épülne meg, akkor középtávon egy erőműves orszaggá válnánk és egyik erőművünk sem magyar tüzelőanyaggal működne. A Mátrai Erőmű hatásfoka jelenleg 29 %, de újonnan üzembe helyezett ligniterőművek hatásfoka már a 43 % hatásfokot is elérhetné. Dr. Stróbl Alajos véleménye szerint ezért szükséges és indokolt erőmű építése a Mátrában is. A nagy kérdés, hogy két darab 500 MW-os blokkot ki fog megépíteni. A legnagyobb probléma az, hogy 5400 MW-nyi alaperőművünk lesz, amelynek a szabályozása nehéz és a kihasználás nem kellően biztosított.

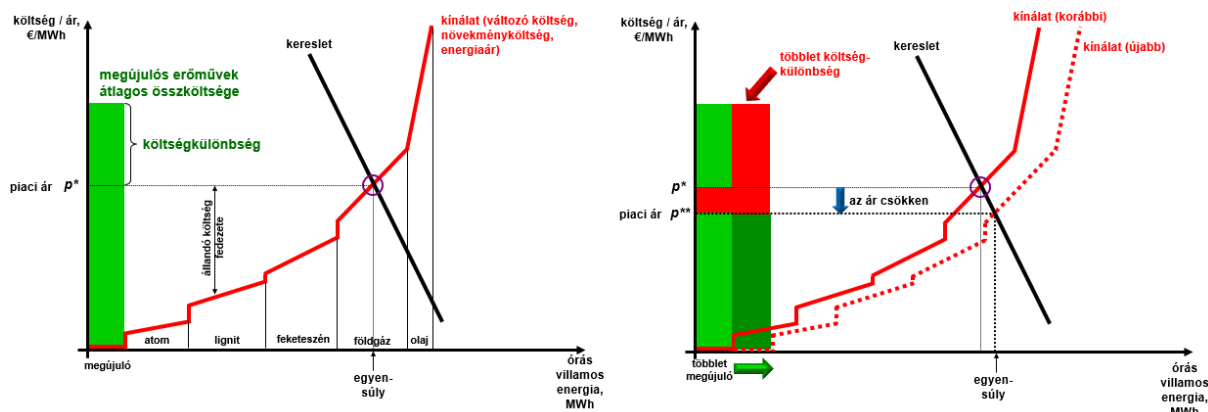


15. ábra: A szükséges teljesítőképesség MW-ban (2030.)

A 15. ábrán látható, hogy Magyarország erőműves összetétele kialakítható lenne úgy 2030-ra, hogy ne legyen szükség importra. A változó hiány csökken 2022-höz képest, mert feltételezzük, hogy addigra már lesz valamilyen energiatároló a villamosenergia-rendszerben. Ha egy átlagos napi bruttó termelést kiszámolunk 2030-ban, akkor körülbelül 5600 MW jön ki. Ekkorra a jelenlegi paksi blokkok mellett Paks 2 is üzemelni fog két 1200 MW-os blokkal. A megújulók és egy szükséges lignittüzelésű erőmű mellett a gáztüzelésűeknek még kevesebbet kell majd menniük, mint manapság. Hajnali órákban még az is előfordulhat, hogy Paks 2 blokkjait vissza kell terhelni, ami egy alaperőműnél nem gazdaságos. Megoldható úgy is a probléma, ha exportálunk, persze ez csak akkor lehetséges, ha szomszédos országokban van, aki meg is veszi.

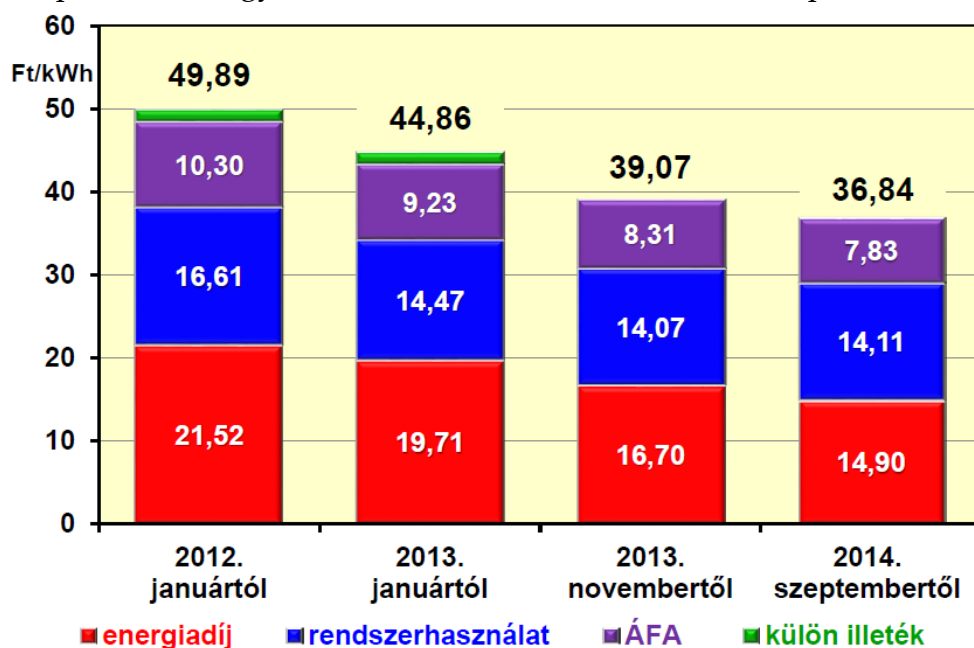
Piaci, ár és környezetvédelmi kérdések

A piaci villamosenergia-ár meghatározása: Növekményköltség, azaz energiaár alapján sorba állítják az erőműtípusokat és ahol a kereslet kimetszi a görbét, ott határozzák meg a piaci árat. Nagyobb terhelés hatására így a piaci ár magasabb lesz, kisebb terheléskor alacsonyabb. Magyarországon a megújulókat támogatják, így a piaci árképzés és a megújulók kapcsolatát érdemesebb részletesebben is megvizsgálni.



16. ábra: A megújulók árcsökkentő hatása a piacon

A támogatások hatására egyre több megújulót építünk, így a 16. ábra jobb felén látható, hogy a kínálat görbe jobbra el fog tolni. A kereslet állandó marad, ezért máshol, alacsonyabb áron fogja kimetszeni a kínálat görbét. A metszéspont jelenti a piaci egyensúlyt, így a jövőben a piaci ár csökkenhet. Ennek hatására egyre jobban kell támogatni a megújulókat (piros téglalapok). A németeknél ez meg is valósul. Ezt a költségkülönbséget a fogyasztók fizetik meg, tehát megállapítható, hogy a német fogyasztók (rengeteg megújulójuk van) fizetik meg, hogy a piaci ár Európában csökken és például a magyar kereskedők olcsóbban vehetnek importot.



17. ábra: Hazai háztartási villamosenergia-árak alakulása az ELMŰ-nél

Európában a lakossági átlag villamosenergia-ár 2014-ben 20,33 ct/kWh (63 Ft/kWh) volt. Magyarország Bulgária után a második legolcsóbb kWh árral rendelkezik. A 17. ábrán látható, hogy a magyar villamosenergia-árnak milyen összetevői vannak. Jelenleg az energiadíj, a rendszerhasználati díj és az ÁFA együttesen körülbelül 37

Ft/kWh kWh árat ad ki. 2030-ig a CO₂-emisszió piaci árváltozása feltételezések szerint növekvő tendenciát fog mutatni és a jelenlegi 7 €/t-ról 2030-ra 18 €/t-ra fog növekedni. Összességében elmondható, hogy a jövőre nézve csak statisztikák alapján tudunk kijelentéseket tenni. Ezeket természetesen nem vehetjük biztosra, mivel nagyon sok tényező befolyásolhatja az előrejelzéseket. Dr. Stróbl Alajos rengeteg adattal és ábrával támasztotta alá elképzeléseit. Összefoglalta, hogy jelenleg mi a helyzet Magyarországon, és hogy rövid- illetve középtávon mire számíthatunk. Kitekintést kaptunk arra is, hogy más európai országokban mik a tendenciák.

Veres Dániel
Energetikai Szakkollégium tagja