

Energetikai monitor

2015. szeptember

© Századvég Gazdaságkutató Zrt.

A jelentést készítették: Zarándy Tamás, Kovács Kristóf és Zemplényi Zsolt.

A felhasznált adatbázis 2015. szeptember 2-án zárult le.

Tartalom

Vezetői összefoglaló	1
Makrogazdasági helyzetkép	6
Nemzetközi környezet.....	6
Magyarországi környezet	7
Az idei GDP-növekedés a lassulás ellenére is elérheti a 3 százalékot.....	7
Nemzetközi energiapiaci folyamatok	11
Hazai energiapiaci folyamatok	21
A villamosenergia-piac alakulása	21
A földgázpiac alakulása	27
A villamosenergia-hálózatok fejlesztési lehetőségei	31
Bevezetés	31
Az okos hálózatok.....	31
Kialakulásának okai	31
Az okos hálózatok főbb jellemzői	34
Az okos hálózatok előnyei	38
Az okos hálózatok megvalósítása	39
Fogyasztó oldali befolyásolás	40
Áralapú fogyasztó oldali befolyásolás	41
Ösztönzésalapú fogyasztó oldali befolyásolás	43
AMI-rendszer.....	44
Energiatárolás.....	46
A megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásának segítése	50
Szélerőművek rendszerbe integrálása	51
Napelemek rendszerbe integrálása.....	52
Gazdasági értékelés.....	55
Fogyasztó oldali befolyásolás	55
Energiatárolás.....	56

Vezetői összefoglaló

A Brent északi-tengeri könnyűolaj ára a 2015 első hónapjaiban tapasztalt korrekciót követően június–augusztus folyamán ismét csökkenő trendet mutatott, a hordónkénti ár tartósan 50 dollár alá esett. Az árcsökkenés mögött fundamentális, technikai és spekulatív tényezők is meghúzódnak. Ezek közül kiemelendő a 2–3 százalékos világpiaci túlkínálat, az iráni olajexport felfutására, valamint a kínai illetve a világgazdaság növekedésének mérséklődésére vonatkozó várakozás. Szintén markáns szerepet játszanak az árak alakulásában az elhúzódó geopolitikai feszültségek (orosz–ukrán konfliktus). Az előrejelzések szerint 2016-ban csökkenhet a túlkínálat az olaj piacán, és az ár 55–58 dollár/hordó-s szintre emelkedhet.

Az amerikai szénfelhasználás visszaesése 2015-ben tovább gyorsult, míg a kínai szénimport az első fél évben több mint harmadával visszaesett. A kínai szénbehozatal csökkenése a hazai termelés felfutása, valamint a csökkenő energiaigény-növekedés és az egészségügyi szempontok növekvő érvényesülése következtében mérséklődő szénfelhasználás eredményeként állt elő. Az ARA típusú szén ára augusztusra egészen 55 dollár/tonna-s szintig süllyedt, ami éppen fele a 2012 elején tapasztaltaknak. A várakozások szerint az ár tartósan e szinten maradhat.

Az európai földgázpiacon a 2015-ös év első nyolc hónapja trendszerű csökkenést hozott, a TTF-ár augusztusra megawattóránként 20 euró alá esett. Az alacsony európai földgázárat a csökkenő gázigény mellett jelentős részben az támogatja, hogy az LNG piacon jelentős túlkínálat alakult ki, aminek következtében az ázsiai LNG spot (másnapi tőzsdei) ár a felére csökkent, és az európai árszínvonalhoz konvergált. Ennek következtében az LNG-szállítmányok részben ismét Európa felé veszik az irányt, túlkínálatot generálva. Másrészt az olajárzuhanás hatása a kőolajár-indexálás következtében átgyűrűzik a földgázárba, nyomás alatt tartva azt. A földgázpiac kínálati jellege a következő években várhatóan fennmarad, 2015 hátralévő részében 20 euró/MWh alatti földgázárat prognosztizálunk.

Az amerikai energaintenzív ipar és energiatermelés alacsonyabb gázárakból fakadó jelentős permanens versenyképességi előnye 2015 első nyolc hónapjában is fennmaradt, a földgáz nagykereskedelmi ára fele volt az európainak. A gázárak közötti különbség nivellálódása irányába egyetlen jel sem mutat, az európai felár némileg csökkenhet az amerikai LNG-export megindulása következtében.

A növekvő megújulóenergia-termelés és az áramár szempontjából kedvező piaci fundamentumok (alacsony szén- és szén-dioxid-kvótaár, gyenge áramkereslet) eredményeként 2015 második negyedében az európai tőzsdei villamosenergia-ár tovább esett, a csúcstermék ára az említett időszakban mindössze 33,3 euró/MWh volt. A napelemek termelésének tőzsdei árakra gyakorolt hatása eredményeként az áramár még a

forrás miatt rendkívül magas villamosenergia-keresletet hozó júliusban és augusztusban sem emelkedett havi átlagban megawattóránként 40 euró fölé.

A nyomott áramárak mellett az európai földgázerőművek továbbra sem versenyképesek a villamosenergia-piacon, hiszen az áramár még a gázerőművek változó költségét sem haladja meg. Így a gázerőművek szerepe gyakorlatilag a rendszerszintű szolgáltatások nyújtására és a kapcsolt termelésre szűkül. A szénerőművek továbbra is versenyképesek az árampiacon, e tekintetben az elmúlt két év nem hozott változást.

Az Európai Unió aktív piaci beavatkozása (a kvótaegységek kiosztásának késleltetése, további szigorítás bejelentése) eredményeként 2015 augusztusára tartósan 8 euró fölé emelkedett egy tonna szén-dioxid-kibocsátásának ára. Bár az ipari termelés gyenge dinamikája ezt nem tenné lehetővé, az uniós piaci beavatkozás következményeként a kvótaár emelkedése folytatódhat. Valódi áttörés és meredek áremelkedés az ún. piaci stabilitási tartalék, azaz az uniós kvótakezelési mechanizmus elindulását követően, a legújabb tervek szerint 2019-től várható.

A hazai erőműpark beépített teljesítőképességének 2012 óta tartó zsugorodása 2015. január–augusztus folyamán is folytatódott, ugyanakkor ennek jelentősége csupán statisztikai, a leszerelt egységek évek óta nem termeltek (Borsodi Erőmű, Dunamenti F), vagy kihasználtságuk elenyésző (Dunamenti G2) volt. A teljesítmény 2016-ban kismértékben tovább csökkenhet, hiszen megszűnik a termelés a Vértesi Erőműben (240 MW), míg új belépő a dunaújvárosi papírgyár vegyes tüzelésű egysége, illetve napelemek lesznek.

A villamosenergia-fogyasztás növekedésének üteme 2015 második negyedévében jelentősen lelassult. Míg az első három hónap év/év alapon számítva 4 százalékos áramfogyasztás-bővülést hozott, addig április–június folyamán hasonló összevetésben mindössze 1,5 százalék volt az emelkedés. A két időszakban tapasztalt áramfelhasználás-növekedési dinamika közötti különbség okai közül kiemelendő a hőmérsékletfüggő villamosenergia-fogyasztás bázishatásból fakadó eltérő változása, valamint az ipari termelés növekedésének eltérő szerkezete. A hazai erőművek termelése 2015 második három hónapjában a Paksi Atomerőmű magasabb kihasználtságából fakadóan némileg ugyan meghaladta az egy évvel korábbi nívót, ugyanakkor teljes áramfelhasználáson belüli részaránya mindössze 61 százalék volt. A villamosenergia-piaci fundamentumok, illetve a hazai erőművi szerkezet alapján éves átlagban a villamosenergia-importszaldó tartósan 25–30 százalék maradhat. A magas áramimportszaldó a hazai feldolgozóipar versenyképessége szempontjából szükséges, hiszen a magyarországi erőműpark nem tudná ilyen alacsony áron szolgáltatni a villamos energiát.

2015 első fél évében a másnapi szállítású termék tekintetében a magyar tőzsdei (HUPX) villamosenergia-ár együtt mozgott a régiós árakkal, a magyar ár rendre 3–5 euró/MWh-val haladta meg a cseh árat. Ugyanakkor a rekordmeleg július–augusztus okozta rendkívül magas áramkeresletre eltérően reagáltak az árak, a HUPX-en meredek emelkedés volt

megfigyelhető, míg a régiós árak lényegesen enyhébb emelkedést produkáltak (az ár megugrásának elmaradása – ahogyan írtuk – a napelemek termelésének hatása volt). A jelenség felhívja a figyelmet arra, hogy magas villamosenergia-fogyasztás idején továbbra is szűkület alakulhat ki a határkeresztező kapacitásokon, főként, ha a versenyképes áron termelő hazai erőművi kapacitások (Paksi Atomerőmű, Mátrai Erőmű) részben állnak a karbantartási munkálatok következtében. A közép-európai villamosenergia-piacokkal egyelőre össze nem kötött lengyel tőzsdén regisztrált áramár a régiós ártól eltérő pályán mozgott, 2015 folyamán a cseh árnál permanensebb magasabb, míg az árak átlagát tekintve a magyar nivåéhoz hasonló volt.

2015 második negyedében gyakorlatilag nullára esett vissza a hazai menetrendtartó gázerőművek kihasználtsága. A termelés visszaesése a villamosenergia-ár április–májusi rendkívül alacsony szintjének volt a következménye, amelynek következtében még csökkenő gázárpálya mellett is 60 százalék körül alakult a földgáz és a villamos energia árának aránya. Ilyen árviszonyok között pedig a gázerőművi áramtermelés nem rentábilis. Július folyamán ugyanakkor a Gönyűi és a Dunamenti G3 esetében is a termelés megugrása volt megfigyelhető, ami a megnövekedett áramkereslet, illetve a határkeresztező kapacitásokon tapasztalt szűkület következtében felpattanó hazai tőzsdei áramárnak volt köszönhető.

A belföldi földgázfelhasználás éves bázison 2015 második negyedében közel 3, az első hat hónapban 10 százalékkal emelkedett. A növekedés ugyanakkor nem jelez trendfordulót, hanem mindössze az időjárás hatásának a következménye (2014 első négy hónapja különösen enyhe időjárást, így alacsony hőmérsékletfüggő gázfogyasztást hozott). A nem hőmérsékletfüggő (döntően ipari) földgázfogyasztás ugyanakkor a feldolgozóipari termelés robusztus növekedése ellenére csökkent, azaz a villamosenergia-fogyasztással ellentétesen alakult. Várakozásunk szerint a hazai földgázfelhasználás 2015-ben közelítőleg 9 milliárd köbméter lesz.

A hazai földgázkitermelés 2009 óta tartó csökkenése 2015 első hat hónapjában megállt (éves összevetésben kismértékű emelkedés volt regisztrálható), ugyanakkor az ismert, gazdaságosan kitermelhető gázmennyiség mérséklődése következtében a következő években a csökkenő trend visszaállása vetíthető előre.

A földgázimportszaldó értéke a második negyedévben mintegy 620 millió köbméterrel elmaradt az előző év azonos időszakában tapasztalt értéktől, ugyanakkor ennek kizárólagos oka a tározók alacsonyabb mértékű feltöltése volt. Szeptember elején a hazai gáztározók 2500 millió köbméter földgázt tartalmaztak, ami átlagosan 40 százalékos töltöttséget jelent. 2015 első nyolc hónapjában földgázimport továbbra is csak Ukrajnán és Ausztrián keresztül történik, júliusi üzembe helyezése óta a szlovák–magyar interkonnektoron gyakorlatilag nem zajlott kereskedelmi szállítás. Az év utolsó harmadában a tárolók várható feltöltése miatt az import megugrása lesz megfigyelhető. Földgázbehozatal szempontjából a jelzett időszakban kedvezőek lesznek feltételek, hiszen az európai tőzsdei gázár (amelyhez a hazai importár is

indexálva van), rendkívül alacsony (kevesebb mint 20 euró/MWh), és a piac kínálati jellegéből fakadóan az év hátralévő részében sem várható áremelkedés.

A villamosenergia-rendszert érintő kihívások az ezredfordulót követően egyre erőteljesebben jelennek meg, és várhatóan a következő évtizedeket is jelentősen meghatározzák. A fellépő új problémák következtében a villamosenergia-ellátás színvonalának fenntartása jelentős korszerűsítést igényel. A kutatás során három olyan mozgatórugó került identifikálásra, melyek hatására az okos hálózatok megvalósítása egyre inkább szükségszerű. A fogyasztási igények várható növekedésének, a megújuló energiaforrásokat felhasználó technológiák gyors elterjedésének és a jelenlegi villamosenergia-rendszer alacsony hatásfokának következményeként a villamosenergia-rendszer üzemeltetése a jelenlegi formájában nem fenntartható. A kihívásokra adott válaszokat, a megoldások összességét foglalja magába az okos hálózat koncepciója. A smart grid a villamosenergia-rendszer egy olyan komplex fejlesztési iránya, ami a felmerülő problémákból lehetőséget teremt. Az új technológiák bevezetésével az ellátás minősége, megbízhatósága és hatékonysága jelentősen javítható, miközben az üvegházhatásért felelős gázok kibocsátása számottevően csökkenthető. A fejlesztések eredményeként létrejövő rendszer várhatóan sokkal komplexebb, ugyanakkor jóval rugalmasabb is lesz a ma ismert villamosenergia-rendszertől.

Az okos hálózat megvalósításában két olyan kulcsfontosságú módszer használata javasolt, melyekkel a fellépő problémák kezelése hatékonyan megoldható:

1. fogyasztó oldali befolyásolás;
2. energiatárolás.

A fogyasztó oldali befolyásolás reflektál valamennyi – a tanulmány során azonosított – villamosenergia-rendszert érintő kihívásra, ugyanis számottevően mérsékelheti az előre jelzett fogyasztásnövekedést, jelentősen elősegítheti a megújuló energiaforrásokat alkalmazó technológiák rendszerbe integrálását, valamint nagymértékben javíthatja a villamosenergia-rendszer hatásfokát. A fogyasztó oldali befolyásolás egyik legfőbb előnye, hogy – az eddigi tapasztalatok alapján – a terhelési csúcs átlagosan 15-30 százalékkal csökkenthető a demand-side management alkalmazásával.

Az energiatárolás tekintetében óriási potenciál rejlik, melynek kiaknázása a következő évtizedek meghatározó feladata lesz. Ezt támasztják alá az előrejelzések is, ugyanis csak Németországban 2020-ig várhatóan több mint 100 000 akkumulátor kerül telepítésre a fogyasztóknál. Az újonnan csatlakozó napelemek közel 90 százaléka, valamint a már korábban telepített napelemek 10 százaléka lesz akkumulátorral utólagosan felszerelve. A fogyasztóknál lévő akkumulátorok alkalmazásának egyik legnagyobb előnye, hogy optimalizált tárolókapacitás esetén a napelemes termelés csúcsa nem kerül a villamosenergia-rendszerbe, aminek következtében 66 százalékkal több napelem

integrálható egy adott hálózati részbe. Egyes számítások szerint, a fogyasztók tekintetében az önellátás mértéke 30 százalékról közel 70 százalékra növelhető napelem és akkumulátor együttes alkalmazásával.

Az okos hálózat megvalósításának költségeiről egyelőre még csak előrejelzések, becslések születtek viszonylag nagy szórással, azonban a tendencia világosan látható, mely szerint a smart grid teljes körű implementálása a százmilliárd eurós nagyságrendbe esik a fejlett villamosenergia-rendszerekkel rendelkező Európai Unió és az Amerikai Egyesült Államok esetében is. A költségek döntő hányada az elosztóhálózati fejlesztésekkel kapcsolatos, melyek közül kiemelkedik az okos mérés realizálásához szükséges infrastruktúra költségigénye. A rendszerirányításban vagy az elosztói üzemeltetésben részt vevő hálózati méretű energiatárolási technológiák közül jelenleg csak a szivattyús-tározós erőművek versenyképesek, ugyanakkor a következő évtizedben ez a situáció biztosan meg fog változni, mivel a prognózisok szerint számos tárolási technológia költsége jelentős mértékben csökkenni fog, köszönhetően az energiatárolás iránti növekvő igényeknek és a gyártási kapacitások gyors bővülésének. A technológiák közül kiemelkednek a lítium-ion és a vanádium redox akkumulátorok, ugyanis esetükben a fajlagos költségek (\$/kWh/ciklus) több mint a felére csökkenhetnek a 2008 és 2018 közötti időszakban, amivel bizonyos feladatokhoz gazdaságilag is rendkívül kedvező alternatívát nyújthatnak. A fogyasztói energiatárolás esetében az akkumulátoros technológiák erőteljes elterjedése feltételezhető. A napelemes termelés és a tárolás egyidejű alkalmazásának gazdasági alapját a rohamosan csökkenő napelemes és akkumulátoros fajlagos költségek biztosíthatják. Az előrejelzések alapján 2016-tól a németországi háztartásokban alkalmazott napelem és akkumulátor együttes fajlagos költsége kisebb lesz, mint a hálózatból megvásárolt villamos energia egységára, ezért gyors tárolási kapacitásnövekedés valószínűsíthető.

Makrogazdasági helyzetkép

Nemzetközi környezet

2015 második negyedévében tovább gyorsult az Európai Unió bővülése, az éves növekedési ütem 1,9 százalékra emelkedett. Továbbra is kimagasló növekedési teljesítményt produkálnak a kelet-közép-európai államok, ám jelentősen nőtt a nagyobb déli gazdaságok bővülési üteme is. Az unió növekedését továbbra is a lakossági fogyasztás vezérli, ami egymaga 1,3 százalékpontot magyaráz a közel 2 százalékos növekedésből. A Juncker-terv ellenére az idei év első negyedévéhez képest is visszafogott volt a beruházás növekedést támogató szerepe. A kínai import visszaesése és a gyengülő euró ellenére a nettó export jelentősége sem nőtt a negyedév során. Várakozásunk szerint az unióban a korábbi negyedévekhez képest kedvező növekedési teljesítmény fennmaradhat az idei év második felében is, ám a világgazdaság lassuló növekedése komoly lefelé mutató kockázatot jelent az öreg kontinens 2016-os növekedésére nézve.

Az Egyesült Államok gazdaságában is a fogyasztás volt a növekedés motorja. Az éves bővülési ütem enyhén lassult az első negyedévhez viszonyítva, ám a 2,9 százalékos GDP-növekedés globális szinten kedvező. Főként a helyi költségeknek köszönhetően a kormányzati kiadások öt éve nem látott mértékben bővültek, ám a termelő beruházások növekedési üteme továbbra is lassul, ami gátja lehet a gazdaság hosszabb távú bővülésének. Az alacsony olajár és az erős dollár miatt az export 1,5 százalékos növekedési üteme ismét jóval elmarad az import 4,8 százalékos bővülésétől, ami az amerikai fizetési mérleg hiány hosszú távú fennmaradására utal. Az IMF szerint idén átlagosan 2,5, jövőre pedig 3 százalékkal bővülhet az USA gazdasága, főként a növekvő foglalkoztatás és a vele járó bővülő fogyasztás miatt.

Vegyes képet mutatott az elmúlt hónapokban az USA munkaerőpiaca: bár augusztusban hétéves mélypontra, 5,1 százalékra csökkent a munkanélküliségi ráta, a foglalkoztatottak állománybővülése elmaradt a várakozásoktól, miközben az amerikai gazdaság aktivitási rátája 40 éve nem látott mélységbe esett. Az unióban 1,1 százalékponttal nőtt a foglalkoztatás, ám a munkanélküliségi ráta közel kétszerese az amerikai adatnak. Kedvező folyamat, hogy megállt az iparban foglalkoztatottak 2008 első negyedéve óta tartó folyamatos csökkenése az eurózónában, ami támogathatja a további bővülést.

Továbbra is nyomott kamatkondíciók jellemzik a fejlett gazdaságokat, ám a Fed korábbi közleménye szerint irányadó rátáját még idén emelheti: a monetáris szigorítás kezdetét a tovább javuló munkaerőpiac függvényévé tette az amerikai jegybank. Az elmúlt hónapokban az állampapír-piaci hozamokra kockázatot egyedül a görög mentőcsomag tárgyalása körüli bizonytalanság jelentett, a hitelezők és Görögország megegyezését követően viszonylag nyugodt maradt a kötvénypiac. A kínai tőzsdebuborék kipukkanása következtében két hónap alatt közel felére esett vissza a Shanghai Composite részvényindex értéke. A kínai

tőzsdeválság hírének hatása elérte a fejlett államok parkettjeit is, augusztus végén az amerikai és európai tőzsdék is jelentős volatilitást mutattak, főként a nagyobb befektetők kínai kitétségeinek fedezése következtében.

Mind az unió, mind az USA inflációs folyamatait továbbra is az alacsony olajár határozza meg: a nyersolaj hordónkénti világpiaci ára augusztus utolsó napjaiban 40 dollár alá is lecsökkent. Ennek ellenére egyik gazdaságot sem fenyegeti a defláció veszélye: az unióban áprilisban, míg az amerikai gazdaságban májusban lépett ismét pozitív tartományba a pénzromlás üteme. A maginflációs mutatók továbbra is alacsonyak, így a várhatóan stabilizálódó nyersanyagárak ellenére is mérsékelt inflációs környezet valószínűsíthető a következő szűk másfél évben.

A tagállamok által közzétett stabilitási és konvergenciajelentések alapján idén mindössze négy uniós tagország költségvetési hiánya haladhatja meg a 3 százalékot. Jelenleg kilenc ország ellen folyik túlzottdeficit-eljárás, mivel májusban Lengyelország és Málta került ki a programból, ám várhatóan év végén Finnország növeli az eljárás alatt lévő államok számát. Az Európai Bizottság előrejelzése szerint idén Szlovénia és Írország ellen szűnhet meg az EDP, mivel várhatóan Portugália költségvetési hiánya enyhén 3 százalék fölött maradhat. A következő években folytatódhat a tagállami költségvetési hiányok csökkenése, amit főként a gazdasági növekedés miatt emelkedő adóbevételek és a bővülő foglalkoztatás következtében csökkenő szociális kiadások indokolnak. Ezzel párhuzamosan csökkenő pályára állhat az unió adósságrátája, ami a stabil növekedés következtében enyhén mérséklődhet a következő években.

Magyarországi környezet

Az idei GDP-növekedés a lassulás ellenére is elérheti a 3 százalékot

A magyar gazdaság teljesítménye 2015 II. negyedévében – elsősorban egyedi tényezők következményeként – 2,7 százalékra lassult. A növekedés szerkezete ismét kiegyensúlyozott volt: a nettó export 1,4, míg a belső felhasználás 1,3 százalékponttal járult hozzá az éves GDP-növekedés üteméhez. A külkereskedelem kedvező hatásában a régió élénkülő kereslete játszik meghatározó szerepet. A belföldi felhasználást főként a fogyasztás vezérelte, de a beruházások is jelentősen növekedni tudtak az I. negyedévi visszaesést követően. A termelési oldalon általánosságban lassulás figyelhető meg, ami alól az élénkülő terciér szektor képez kivételt, amely az ipar után a második legnagyobb hozzájáruló volt a gazdasági növekedéshez. A mezőgazdaság rendkívül gyenge teljesítménye kihathat az egész évre. Többek között ebből fakad, hogy legfrissebb előrejelzésünket negatív irányban revideáltuk. A gazdasági kilátások romlása egyedi tényezőkhöz köthető, ezért fontos hangsúlyozni, hogy Magyarország növekedési potenciálját ezek nem érintik. Az idei és a jövő évre várt 3,1 és

2,5 százalékos növekedést a belső és külső tényezők egyaránt segítik. A munkaerőpiac helyzete jelentősen javul: 2015-ben 6,9, 2016-ban 6,1 százalék lehet a munkanélküliségi ráta. A teljes előrejelzési horizonton alacsonyabb inflációt várunk, mint júniusban, melynek oka az újabb olajársokk. A fogyasztói árak emelkedése 2016 végére közelítheti meg az inflációs célsáv közepét. A jelenlegi rekordalacsony alapkamat várakozásunk szerint akár a jövő év közepéig is fenntartható.

A magyar gazdaság növekedése 2015 II. negyedévében a várakozásunkat meghaladó mértékű lassulást mutatott. A 2,7 százalékos teljesítmény főként egyedi tényezők következménye, amik azonban a növekedés fundamentumait nem veszélyeztetik. Az április–júniusi időszak teljesítménye kiegyensúlyozott volt: a nettó export 1,4, a belső felhasználás 1,3 százalékponttal járult hozzá a gazdaság éves bővüléséhez. A külkereskedelem előző negyedévinél mérsékeltebb hozzájárulása az export és az import egyaránt lassuló növekedése mellett valósult meg. A belföldi felhasználást a háztartások fogyasztási kiadásának 3 százalékos növekedése húzta, amit még mindig korlátoz az adósságállományok leépítése és az óvatossági megtakarítás. A beruházás az I. negyedévi visszaesés után több mint 5 százalékkal bővült, ami pozitív jel az év egészére nézve. A beruházásokat továbbra is az uniós forrásokkal összefüggő projektek segítik leginkább.

A termelési oldalon a II. negyedévben a termelőágazatok növekedési üteme általánosságban lassult, ugyanakkor a szolgáltató szektor enyhe élénkülést mutatott. A mezőgazdaság közel 17 százalékos visszaesése az előző évi magas bázis és az idei aszály következménye, mindez az idei év hátralévő részére is rányomhatja bélyegét, rontva a gazdasági kilátásokat. Az ipar és az építőipar egyaránt lassuló ütemben bővült, előbbit az export, utóbbit az infrastrukturális beruházások vezérelték. Az ipar után a szolgáltatások területe volt a második legnagyobb GDP-hozzájáruló, rendre 1,4 és 1,3 százalékponttal.

A munkaerőpiac erősödése a lassabb gazdasági növekedés ellenére is folytatódott: a foglalkoztatás és az aktivitás is nőtt. Mivel a munkaintenzív ágazatok dinamikusan bővültek, a munkanélküliségi ráta 7 százalékra mérséklődött, amely kedvezőbb, mint a nyári előrejelzésünk. A versenyszféra növekvő munkakeresletének köszönhetően a bruttó keresetek éves szinten 2,9 százalékkal emelkedtek. Az állami szektorban az átlagbér a bővülő közfoglalkoztatás miatt csupán 0,7 százalékkal nőtt.

A fogyasztói árak 2015 II. negyedévében éves összevetésben 0,2 százalékkal emelkedtek, de a nyár folyamán tapasztalt újabb negatív olajársokk mérsékeltebb átlagos áremelkedést hozott. Az inflációt emellett a szabályozott árak csökkentése és a még negatív, de hamarosan záruló kibocsátási rés is visszafogta. Ezenkívül az árak emelkedése széles bázisú, főként a szolgáltatások és a tartós fogyasztási cikkek drágulása érdemel említést. A középtávú inflációs trendmutatók alátámasztják a laza kamatkörnyezet hosszabb távú fenntartását. A globálisan felerősödött kockázatkerülés következtében a hazai kockázati környezet az elmúlt negyedévben enyhén romlott. A forint gyengült az euróval szemben, a CDS-felár nőtt, és a

10 éves állampapírhozam emelkedett. Az MNB nyáron 15-15 bázisponttal, 1,35 százalékra csökkentette az alapkamatot, és bejelentette a második kamatvágási ciklus végét.

A nemzetközi hitelminősítő intézeteknél hazánk adósbesorolása a befektetésre nem ajánlott szint legmagasabbján maradt. Az MNB két új mutatót jelentett be a hazai banki szabályozás szigorítására. A likviditásfedezeti ráta hamarabb és magasabb értékkel történő bevezetése az állampapír-vásárlások irányába tereli a bankokat. A devizaegyensúly-mutató a mérlegen belüli devizális eltéréseket maximálja, elősegítve a bankrendszer külső eladósodottságának csökkentését.

Legfrissebb előrejelzésünkben a korábbinál mérsékeltebb, de továbbra is 3 százalék körüli GDP-növekedést várunk 2015–2016-ban. A gazdasági kilátások romlása egyedi tényezőkhöz köthető, ezért fontos hangsúlyozni, hogy Magyarország növekedési potenciálját ezek nem érintik. Várakozásunk szerint a belső és külső tényezők a teljes előrejelzési horizonton érdemben segítik a GDP-bővülést, melyet a fogyasztás és az export közel azonos arányban vezérelhet. Az export növekedését, mely 2015–2016-ban felülmúlja az importét, a külső kereslet fokozatos élénkülése segíti. A fogyasztás dinamikus növekedését az elkölthető jövedelem emelkedése biztosítja, amit gazdaságpolitikai és piaci folyamatok is segítenek. A háztartások fogyasztási hajlandóságát idén az alacsony inflációs környezet, jövőre a negatív reálkamat és a bérrendezés emeli. A beruházás idén pozitívan járulhat hozzá a növekedéshez, de jövőre a korábbi uniós tervezési időszak lezárása miatt visszaesésre számítunk. A magyar gazdaság 2015 végére a potenciálisnak megfelelő szinten teljesíthet, vagyis a kibocsátási rés bezáródását várjuk. Összességében idén 3,1, jövőre 2,5 százalékos GDP-növekedést prognosztizálunk.

Előrejelzésünk a munkaerőpiac helyzetének jelentős javulását vetíti előre 2016-ig: a foglalkoztatottak száma 120 ezer fővel nőhet. A munkanélküliségi ráta így trendszerűen csökken, 2015-ben 6,9, míg 2016-ban 6,1 százalék körül alakul. Az állami szférában jövőre várható jelentős béremelések miatt a nemzetgazdasági átlagkereset számottevően emelkedik, és növekedési üteme elérheti az 5,9 százalékot. A reálbérek bővülése ennek köszönhetően a magasabb infláció ellenére is 3 százalék fölött maradhat.

A maginfláció az első negyedévi mélypontja után fokozatosan erősödhet, 2015 végére elérve a 2 százalékot, míg a jövő év végén 3 százalék felett alakulhat. A ráta gyorsulását a tavalyi évi alacsony bázis mellett az importált infláció erősödése, a 2015 végére záródó kibocsátási rés és a negatív olajársokk másodkörös hatásainak lecsengése okozza. Jövőre mindezek mellett a béremelések elhúzódó tovagyrúzó hatása is erősíti a szűrt infláció felfutását. Az infláció a teljes előrejelzési horizonton elmarad a maginflációtól, de a különbség fokozatos szűkülésére számítunk. Ez a folyamat a közműdíjcsökkentések bázisba kerülése mellett az olaj és a nyers élelmiszerek árának emelkedését mutatja. A pénzromlási ütem erősödését is a fenti tényezők vezérik a maginfláció emelkedése mellett. A fogyasztóiár-index idén 0,1,

jövőre 2,4 százalékon állhat. Az új prognózis elmarad a korábbi előrejelzésünktől, főként a gyengébb gazdasági teljesítmény és az alacsonyabb olajárpálya miatt.

A magyar alapkamat a tervek szerint hosszabb ideig változatlanul, a jelenlegi, rekordalacsony 1,35 százalékon maradhat, ami reális lehetőség, tekintve az inflációs folyamatokat. A Fed kamatemelése miatti piaci turbulencia jelentheti a legfőbb kockázatot, amit csökkenthet, ha hazánk adóbsorolását a várakozásaink szerint javítják. A monetáris politika szigorítását, vagyis az első kamatemelést a jövő év közepe felé várjuk.

1. táblázat: A főbb makrogazdasági változók várható alakulása

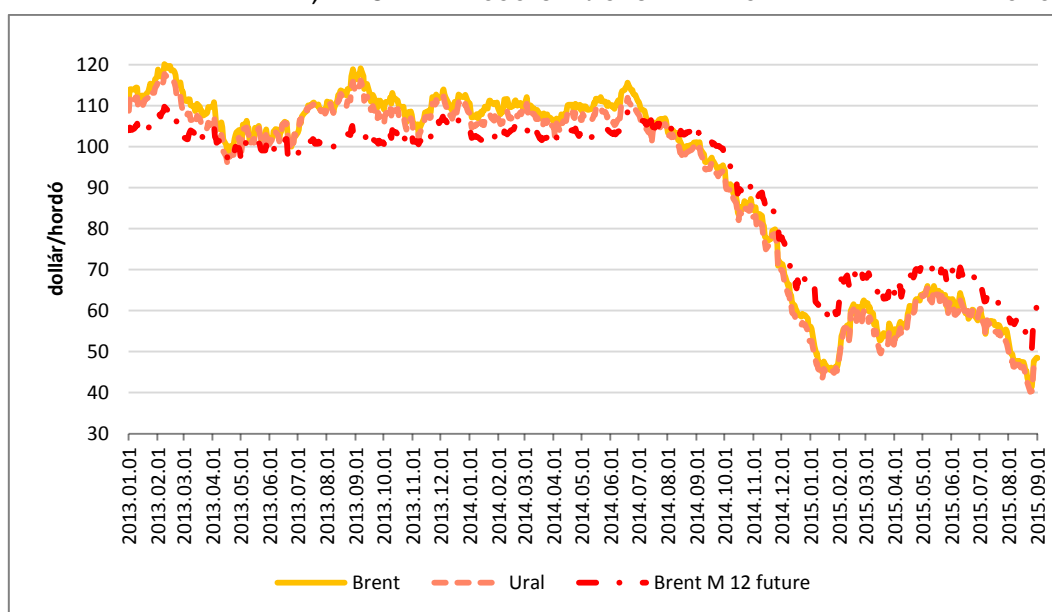
	2014	2015	2016
Bruttó hazai termék (volumenindex)*	3,6	3,1	2,5
A háztartások fogyasztási kiadása (volumenindex)*	1,7	3,2	3,1
Bruttó állóeszköz-felhalmozás (volumenindex)*	11,7	2,9	-2,8
Kivitel (nemzeti számlák alapján, volumenindex)*	8,7	7,8	7,9
Behozatal (nemzeti számlák alapján, volumenindex)*	10,0	7,5	7,1
A külkereskedelmi áruforgalom egyenlege (milliárd euró)	6,3	7,0	8,3
Éves fogyasztóiár-index (%)*	-0,2	0,1	2,4
A jegybanki alapkamat az év végén (%)	2,10	1,35	1,75
Munkanélküliségi ráta éves átlaga (%)*	7,7	6,9	6,1
A bruttó átlagkereset alakulása (%)*	3,0	3,1	5,9
A folyó fizetési mérleg egyenlege a GDP százalékában	4,0	5,3	6,0
Külső finanszírozási képesség a GDP százalékában	7,8	8,8	8,0
GDP-alapon számított külső kereslet (volumenindex)*	-2,6	-2,2	-1,9

* Szezonálisan kiigazított adatokból számítva. Forrás: MNB, KSH, Századvég-számítás

Nemzetközi energiapiaci folyamatok

A Brent északi-tengeri könnyűolaj ára a 2014 második felében tapasztalt meredek esését követően 2015. január végén 45 dolláros hordónkénti áron érte el mélypontját, ahonnan 3 hónapos korrekciót követően 65 dollárig emelkedett az árfolyam. Júniustól azonban ismételen árcsökkenés vette kezdetét, és az olajár augusztusban a 41–50 dollár/hordó-s tartományban ingadozott.

1. ÁBRA: A BRENT, AZ URAL TÍPUSÚ OLAJ SPOT ÁRA ÉS A BRENT 12 HAVI FUTURE ÁRA



Forrás: Reuters

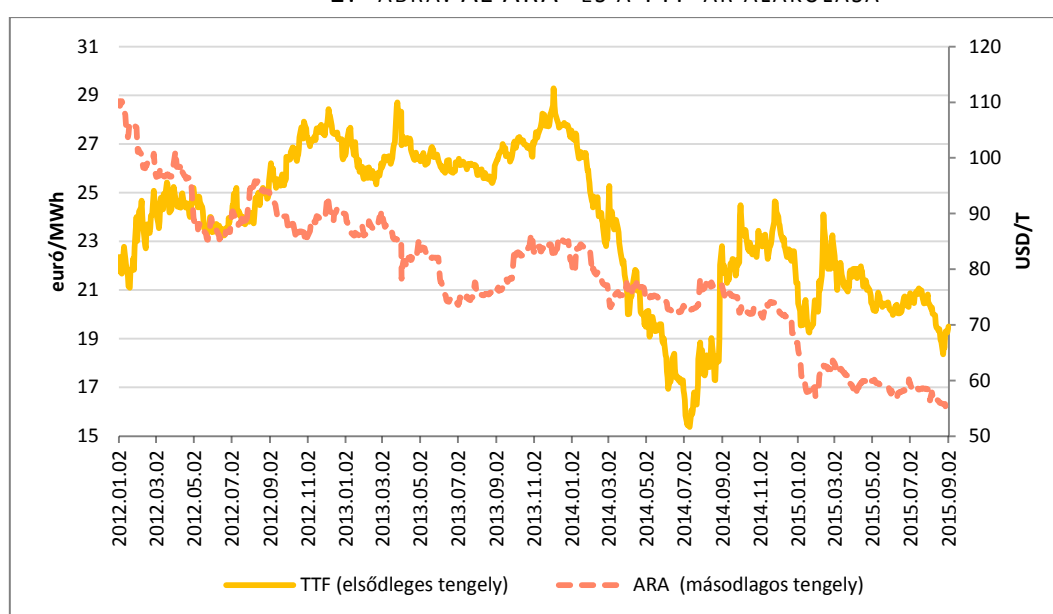
Az árzuhanás újabb hulláma mögött fundamentális, technikai és spekulatív tényezők egyaránt meghúzódnak (1. ábra). A világpiaci túlkínálat napi 2,6 millió hordóra emelkedett (2–3 százalékkal meghaladva az igényeket), köszönhetően az OPEC növekvő termelésének, amely már 1,6 millió hordóval meghaladja a korábban megállapított kvótát. Július közepén megegyezés született az iráni atomprogramról (végleges elfogadása még amerikai kongresszusi jóváhagyásra vár), amely erősítette az olajkínálat növekedésével kapcsolatos várakozásokat, hiszen az előrejelzések szerint 2016 folyamán akár napi 1 millió hordóval is növekedhet az iráni olajexport. Augusztus közepén sokéves mélypontra estek az olajár növekedésére spekuláló vételi pozíciók. Augusztus végén a kínai tőzsdepánik, valamint a világgazdaság növekedését jelző makromutatók és prognózisok hatására meredeken esett az ár, majd heves ingadozás kezdődött meg az olaj piacán, az árak 5–10 százalékos napon belüli mozgást mutattak.

A 2016-os évben jellemző olajárakra vonatkozóan számos eltérő előrejelzés látott napvilágot, a prognózisok hordónként 57–86 dolláros sávban szórtak, a határidős indexek augusztus végén 55–58 dolláros árat jeleztek. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) legújabb

előrejelzése szerint ugyanakkor jövőre csökkenhet a túlkínálat az olaj piacán, ami elsősorban az OPEC-en kívüli országok mérséklődő kitermeléséből eredhet. Ugyanakkor az ár jövőbeli változására az orosz–ukrán konfliktus alakulása is jelentős hatással lesz, hiszen az olajár nem mentes a geopolitikai faktorok hatásától.

A spot árak ismételt meredek esését lekövette ugyan a határidős ár, de a kettő közötti különbség ismét 8–10 dollár/hordó-ra emelkedett, amely lehetőséget ad az arbitrázs kereskedelemre, azaz az olaj spot áron történő megvásárlására és határidős áron történő értékesítésére.

2. ÁBRA: AZ ARA- ÉS A TTF-ÁR ALAKULÁSA



Forrás: Reuters

Az európai tőzsdei szénár (ARA) a 2015 elején tapasztalt jelentős visszaesés ellenére sem érte el a mélypontját, az árfolyam augusztus végére tonnánként egész 55 dollárig süllyedt, ami éppen feleakkora, mint a 2012 elején tapasztalt piaci ár (2. ábra). A szénár alacsony szintje keresleti és kínálati oldalról is támogatott. Az USA szénfogyasztása a US Energy Information Administration (EIA) adatai szerint 2010–2014 között 12,6 százalékkal csökkent (amit a kitermelés csak részben követett le), míg 2015 első 5 hónapjában a szénfelhasználás csökkenése felgyorsult, a visszaesés éves bázison 14 százalékos volt. A szénfelesleg pedig túlkínálatot generál a világpiacon, nyomást gyakorolva az árakra. A kínai szénimport minden elképzelést felülmúló mértékben, 37,5 százalékkal zuhant 2015 első fél évében. Az ázsiai ország „szénéhsége” főként a hazai kitermelés felfutása, a szénfelhasználás környezetvédelmi okból történő visszafogása, illetve a gazdasági növekedés lassulása miatt mutat visszaesést. Kínában az energiaigény növekedése érezhetően apad, hiszen 2015 első fél évében teljes energiafogyasztása mindössze 0,7 százalékkal növekedett éves összevetésben (ez más energiahordozók áraira is kihat), míg az energiamixben a szén aránya

csökkent. A kínai energiakeresletet determinálhatja, hogy a tőzsdei zuhanás átgyűrűzik-e a reálgazdaságba¹.

A széntermelők ugyanakkor az igények csökkenésénél lényegesen lassabban fogják vissza kitermelésük ütemét. Az európai szénfelhasználás 2012 óta folyamatosan csökken, ugyanakkor Európa súlya a globális szénfogyasztást tekintve nem számottevő.

A következő egy–másfél évben nem prognosztizálható számottevő emelkedés az ARA jegyzésárában, amit az említett fundamentumok mellett az is alátámaszt, hogy az előrettekintő határidős indexek 9 éves mélypontjukra süllyedtek. A Reuters által megkérdezett szakértők szerint csak széntermelő kapacitások kivonása eredményezhetne áremelkedést.

A földgáz ára az európai nagykereskedelmi árak szempontjából meghatározó holland gáztőzsdén (TTF-ár) 2014 januárja és júliusa között több mint egyharmadával, 16–17 euró/MWh-ra esett vissza. Majd az árak korrekciója és a fűtési időszak szezonálisan magasabb gázkereslete miatt 2014 végén az ár megawattontként 22–23 euróra növekedett. Ezt követően a jegyzésár stabilizálódott, és alacsony intenzitású csökkenés eredményeként 2015 augusztusában 20 euró/MWh alá süllyedt.

Az alacsony európai gázár stabilizálódása mögött számos fundamentális és időjárási tényező is meghúzódik. Ezek közül kiemelendő az ázsiai LNG-árak 2014 első fél évében tapasztalt óriási zuhanása, a cseppfolyósított földgáz ára ugyanis a keleti piacon hat hónap alatt megfeleződött, és megközelítette az Európában jellemző LNG-árat. 2014 végére az ázsiai árak az európai ár szintjére konvergáltak, megszűnt a 2011-es fukusimai katasztrófát követően kialakult jelentős árprémium. Az árak kiegyenlítődése azt eredményezte, hogy a világpiacon LNG-export tekintélyes része Ázsia helyett ismét Európában talált vevőre, a kontinensen jelenleg LNG-túlkínálat jellemző, ami nyomás alá helyezi a spot árat. A TTF-ár 2014 második–harmadik negyedében tapasztalt drasztikus árcsökkenés részben e piaci folyamatnak tudható be. 2014 végétől a hosszú távú szerződések keretében importált földgáz árába átgyűrűzött az olajár csökkenése, ami mind az európai, mind az ázsiai árat mérsékli²³⁴.

¹ Coal prices near-decade lows as Chinese demand slumps, Reuters.

<http://www.reuters.com/article/2015/08/04/coal-slump-remains-idUSL5N10A52820150804>, utolsó letöltés: 2015. IX. 10.

² European hub prices under pressure in 2015, Timera Energy. <http://www.timera-energy.com/european-hub-prices-under-pressure-in-2015/>, utolsó letöltés: 2015. IX. 10.

³ Analysing Prices For Asian LNG Markets, Investopedia.

<http://www.investopedia.com/articles/investing/032015/analyzing-prices-asian-lng-markets.asp>, utolsó letöltés: 2015. IX. 11.

⁴ Europe is now the hub of the global gas market, Timera Energy. <http://www.timera-energy.com/europe-is-now-the-hub-of-the-global-gas-market/>, utolsó letöltés: 2015. IX. 11.

Ahogy írtuk, a 2014 folyamán bekövetkezett TTF-ár-csökkenés kiemelkedő mértéke mögött időjárási okok is állnak. Hiszen a rendkívül enyhe tél miatt radikálisan lecsökkent a gáz iránti kereslet, másrészt az európai gáztározók magas töltöttségi szinten zárták a fűtési időszakot, azaz a tavasz–nyár folyamán gyengébb kereslettel jelentek meg a gázpiacon. A fundamentális és időjárási okok miatt 2014-ben a megelőző évhez viszonyítva 11,2 százalékkal csökkent az európai földgázfogyasztás.

Az LNG világpiaci túlkínálata 2015 első fél évében tovább emelkedett, hiszen Ausztrália egyre nagyobb LNG-kínálattal jelentkezik a piacon, az USA gázimportigénye folyamatosan esik (az EIA adatai szerint 2010–2014 között az ország nettó gázimportja közel 40 százalékkal csökkent), illetve újabb szereplők is a piacra lépnek (pl. Pápua Új-Guinea). Ugyanakkor a kelet-ázsiai gazdaságok (főként Kína) gazdasági növekedésének mérséklődése keresletcsökkenést generál. Ráadásul egyes atomerőművei újraindítását követően vélhetően az ázsiai LNG-importból közel 50 százalékos súllyal részesedő Japán gázigénye is visszaeshet.⁵ Szintén nyomás alatt tarthatja az árat a kőolaj árának alacsony szintje, egyrészt az olajindexált gázárak mérséklődése miatt, másrészt, mert az ázsiai piacon az alacsony kéntartalmú fűtőolaj a jelenlegi olajtermékek mellett reális alternatívája a földgáznak.

Az LNG világpiaci túlkínálata több következménnyel is járhat. Egyrésztől tartósan alacsony szinten tarthatja az ázsiai és európai földgázárakat. Az elemzői várakozások szerint 2015-ben átlagosan 21, 2016-ban 19 euró/MWh-s TTF-ár lehet a jellemző⁶. Másrészt az európai és ázsiai földgázár konvergenciája következtében teljesen eltűnhet a két régió közötti árdifferencia, illetve az amerikai LNG-export megindulását követően egységesebb világpiaci ár kialakulása is megindulhat. Ugyanakkor a kialakult alacsony földgázárak mellett megkérdőjeleződik számos beindult LNG-terminál-építés megtérülése, hiszen e projekteket még kétszer magasabb ázsiai árakra tervezték.

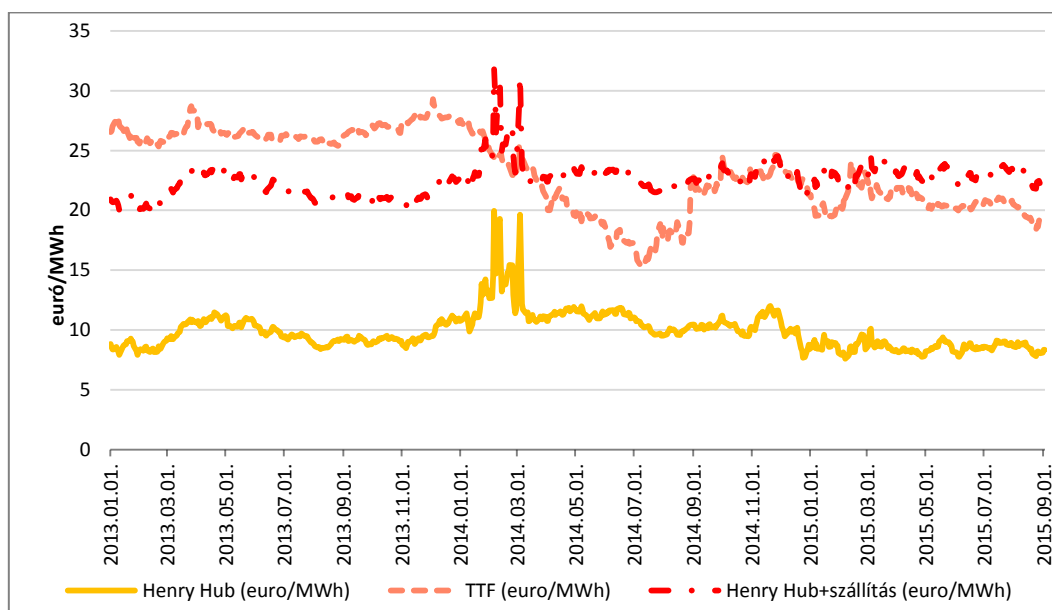
Az amerikai Henry Hub-gázár 2015 első nyolc hónapjában a rendkívül alacsony TTF-árak és az euróval szemben felértékelődő dollár ellenére is mindössze 8–10 euró/MWh volt, ami kevesebb, mint a fele az Európában jellemző tőzsdei áraknak. Az alacsonyabb földgázár pedig jelentős versenyelőny biztosít az amerikai energiaszektor iparágak számára. Az európai és ázsiai gázárak közötti különbség nivellálódása azt jelenti, hogy Európa versenyelőnye a földgázárak tekintetében megszűnt Ázsiával szemben, illetve egyúttal azt is, hogy a két régió e tekintetben hasonló mértékű hátrányban van az Egyesült Államokkal szemben. Ebben a következő években nem várható változás. 2015 végén a tervek szerint megindul az LNG-export az USA Mexikói-öböl menti vidékéről. A következő években az USA jelentős LNG-exportőrré válhat, ugyanakkor a jelenlegi árviszonyok mellett a cseppfolyósítás–szállítás–

⁵ The global LNG Market: Q1 First Estimates and Outlook June 2015.

⁶ Energy Monitor July – To tap or not to tap, ABN Amro Bank. <https://insights.abnamro.nl/en/energy-monitor-july-to-tap-or-not-to-tap/>, utolsó letöltés: 2015. IX. 11.

visszagázosítás költségét is számításba véve az amerikai földgáz árelőnye Európába való szállításkor eltűnne (3. ábra). Az Ázsiában jellemző földgázár meredek csökkenése következtében az amerikai földgázexportőrök számára a korábban vártnál kevésbé lehet vonzó a keleti irányú gázkivitel, főként, ha tekintetbe vesszük az LNG-terminálok növekvő beruházási költségét.

3. ÁBRA: A HENRY HUB- ÉS A TTF-ÁR ALAKULÁSA

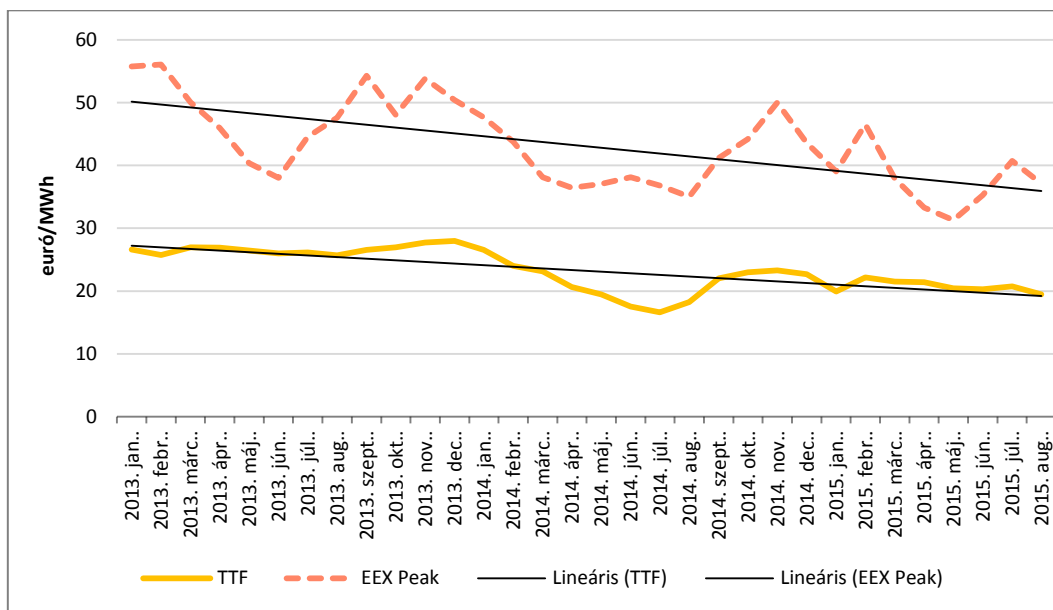


Forrás: Reuters, MNB, Századvég-számítás

A villamosenergia-csúcstermék ára a lipcsei áramtőzsdén (amely az európai nagykereskedelmi villamosenergia-árak szempontjából irányadó) 2015 második negyedében megawattónként átlagosan 33,3 euró volt, ami 4 euró/MWh-val (több mint 10 százalékkal) alacsonyabb a 2014 azonos időszakában tapasztalt értéknél. Július–augusztus folyamán a rekordmagas hőmérséklet, ezáltal a megugró áramkereslet ellenére az európai tőzsdei villamosenergia-ár alig haladta meg az előző évit, és elmaradt a 2013-as év lényegesen enyhébb időjárást hozó nyarát jellemző áraktól. Sőt, még a legmelegebb napokon sem emelkedett a csúcstermékár 53 euró/MWh fölé, pedig a klímahasználat miatt drasztikusan megemelkedett az áramkereslet. A jelenség mögött a hosszabb ideje jellemző fundamentumok (alacsony szén- és szén-dioxid-kvótaár, alacsony áramfogyasztás, gyenge ipari áramkereslet) mellett a megújulóalapú villamosenergia-termelés, elsősorban a napelemek dinamikus növekvő termelése áll. A telepített napelemek termelési csúcsa ugyanis éppen egybeesik a klímahasználat miatt bekövetkező áramkeresleti csúccsal, így a fogyasztóknál telepített napelemek villamosenergia-termelése fedezi megnövekedett áramigényüket („levágja a keresleti csúcsot”), a hálózatra táplált fotovoltai termelésből

származó villamosenergia-mennyiség pedig éppen a magas tőzsdei áramkereslet idején biztosít bőséges kínálatot. Ahogyan több alkalommal is említettük, a megújulóáram-termelés a fogyasztói árakon keresztül, illetve beruházási támogatások révén szubvencionált. A villamosenergia-ár csúcsának levágása nem minden piacon volt jellemző a vizsgált időszakban, ahogyan hazánk esetében sem. Ennek okait a hazai energiapiac elemzése során ismertetjük.

4. ÁBRA: AZ EEX PHELIX PEAK INDEX ÉS A TTF-ÁR ALAKULÁSA



Forrás: Reuters

A villamosenergia-ár alacsony szintjének fennmaradása 2017-ig nagy biztonsággal előrevetíthető, hiszen sem a tüzelőanyagok ára, sem az áramkereslet esetében nem várható megugrás. Sőt, az ipari termelés alacsony dinamikája, illetve a lakossági fogyasztás energiahatékonyságának folyamatos javulása eredményeként az áramfogyasztás az ENTSO-E országaiban 2015 első hat hónapjában közel 3 százalékkal zsugorodott 2014 első fél évéhez viszonyítva⁷. A villamosenergia-árban a 2017-től életbe lépő új megújulóenergia-termelési támogatási rendszer hozhat jelentősebb változást, amely korlátozni fogja a támogatásban részesülő kapacitások mennyiségét. Ugyanakkor, mivel az új szabályozás nem visszaható hatályú, azaz a 2017 előtt üzembe állt kapacitások továbbra is a korábbi szabályozásnak megfelelő támogatásra is jogosultak, így továbbra is biztosíthatják az alacsony árú tőzsdei túlkínálatot. Tehát a megújulóenergia-termelő beruházások 2011–2016 közötti

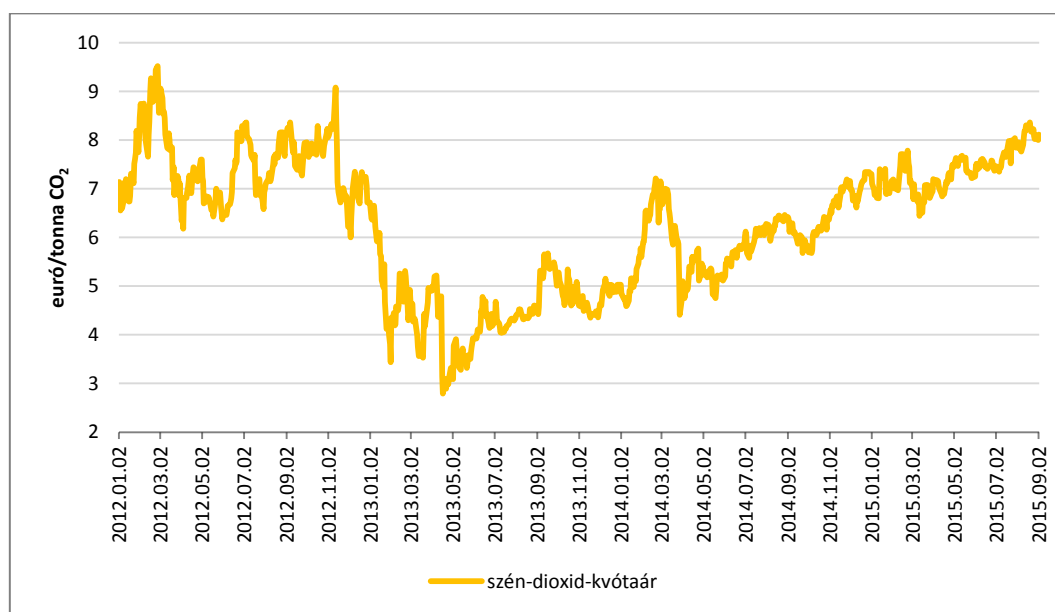
⁷ Monthly consumption of all countries for a specific range of time, ENTSO-E. <https://www.entsoe.eu/db-query/consumption/monthly-consumption-of-all-countries-for-a-specific-range-of-time>, utolsó letöltés: 2015 IX. 11.

robbanásszerű bővülése következtében várhatóan még évekig „tehetetlenség” fogja jellemezni az európai tőzsdei áramarat.

Az európai gázerőművek villamosenergia-piaci versenyképességét a földgáz és az áram tőzsdei árának viszonya (TTF/EEX) determinálja. E mutató 2011 és 2013 között rohamosan csökkent, ami a gázerőművek visszaeső kihasználtságában manifesztálódott. A hányados értéke 2015 második negyedévében átlagosan 62 százalék volt, ami azt jelenti, hogy a modern gázerőművek esetében sem fedezte az áramértékesítés a folyó költségeket. A TTF/EEX értéke július–június folyamán 52 százalékra mérséklődött.

A földgázár/villamosenergia-ár arány esetében az elmúlt két évben jellemző szezonális alakult ki. Március–május között, amikor az áramigények alacsonyak, míg a napelemek termelése magas, az áramárak mélypontjukra kerülnek, így a TTF/EEX hányados értéke megnő, a gázerőművek kihasználtsága éves mélypontra zuhan. Az őszi hónapok folyamán ugyanakkor, amikor a napelemek termelése visszaesik, a villamosenergia-ár pedig megemelkedik, akkor a vizsgált arány lecsökken, és némi tér nyílik a gázerőművek számára az árampiacon.

5. ÁBRA: SZÉN-DIOXID-KVÓTAÁRAK ALAKULÁSA



Forrás: Reuters

A szén-dioxid-kvótaár 2013 májusában mozdult el mélypontjáról, amikor mindössze 3 euróba került 1 tonna szén-dioxid kibocsátási jogának megvásárlása. A kvótaár növekedése ugyanakkor nem az ipari és erőművi termelés bővülésének volt a következménye, hanem annak, hogy az Európai Parlamentben döntés született arról, hogy 2014–2016 folyamán 900 millió kvótaegység kibocsátását visszatartják, azaz nem osztják ki a tagállamok között

(backloading). A beavatkozás eredményeként 2014 végére 7 euróra emelkedett a tonnánkénti szén-dioxid-ár. A világgazdasági válság eredményeként összezuhanó szén-dioxid-kvótaár elvesztette az energiahatékonyság növelésére és a szén-dioxid-kibocsátás csökkenésére való ösztönző jellegét, így az azonnali beavatkozás mellett Brüsszelben a kvótarendszer átható reformjáról született döntés.

Az eredetileg 2021-től elinduló rendszer azonban már 2018-ban megkezdheti a működését az EP döntése nyomán. Létrehozna egy kvótafelesleg-kezelő mechanizmust, az ún. piaci stabilitási tartalékot. Arról is megállapodás született, hogy a 2020-ig fel nem használt (illetve kivont) kvótaegységeket nem irányítják vissza a piacra, hanem a stabilitási tartalékban hagyják, amely csak megfelelően magas ár mellett engedi vissza a piacra azokat.

A legújabb (2015. júliusi) európai uniós javaslat további szigorítást helyezett kilátásba, ugyanis az elképzelések szerint 2021-től 2,2 százalékkal mérsékelnék az összes kiosztható kvóta mennyiségét (ETS cap), az aukciókon meghirdetett kvóták részarányát 57, a szabad kvótákét 43 százalékra fixálnák. Összehasonlításképpen, 2013-ban a teljes kvótamennyiség valamivel több mint 40 százalékát kellett aukción megvásárolniuk a tagállamoknak, az ETS-rendszer (Environmental Trade System) harmadik fázisa végére, azaz 2020-ra a tervek szerint ez az arány eléri az 50 százalékot. A tervek ismertetését követően a kibocsátási jogok ára 2012 után először 8 euró/tonna szén-dioxid fölé emelkedett, augusztus folyamán pedig e szinten stagnált⁸⁹¹⁰.

Az uniós kvótapiaci intervenció, a szabad kvóták folyamatos csökkentése következtében a következő években a szén-dioxid-kvótaár kismértékű emelkedésére számíthatunk. A Reuters által készített előrejelzés szerint a szennyezési jogok ára a piaci stabilitási tartalék (MSR – Market Stability Reserve) működésbe lépéséig nem haladja meg a tonnánkénti 10 eurót. Az ár meredek emelkedése az MSR elindulásának időpontjától függ¹¹. Ha ezt vesszük alapul, akkor 2019-ben indulhat meg a kvótaár markáns emelkedése.

2015 első nyolc hónapja nem hozott jelentős változást a szén- és gázerőművek közötti versenyképességbeli különbségben Európában. Igaz, a 2013-as állapothoz képest a TTF-ár csökkenése következtében jelentősen mérséklődött a gázerőművek tüzelőanyag-, így változó költsége, így a két áramtermelési mód termelési költsége közötti differencia is

⁸ Auctioning, European Commission. http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/auctioning/index_en.htm, utolsó letöltés: 2015 IX. 10.

⁹ Dióhéjban a kibocsátáskereskedelmi-rendszer reformjáról, Európai Parlament Hírek. <http://www.europarl.europa.eu/news/hu/news-room/content/20150225STO26902/html/Di%C3%B3h%C3%A9jban-a-kibocs%C3%A1t%C3%A1skereskedelmi-rendszer-reformj%C3%A1r%C3%B3l>, utolsó letöltés: 2015 IX. 10.

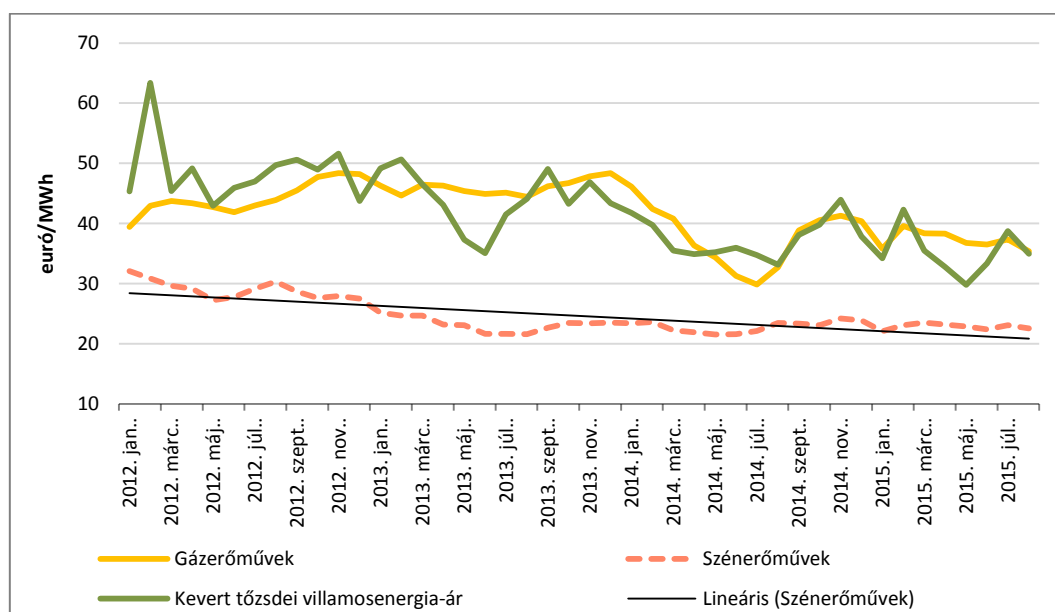
¹⁰ European carbon market reform set for 2019, The Guardian. <http://www.theguardian.com/environment/2015/feb/24/european-carbon-emissions-trading-market-reform-set-for-2019>, utolsó letöltés: 2015 IX. 11.

¹¹ The MSR: Impact on balance and prices, Thomson Reuters, 2014.

mérséklődött¹². (Mivel a tényleges termelési költség számítása a beruházási, illetve egyéb költségek figyelembevételével lenne csak elvégezhető, így a 6. ábra alapján nem állapítható meg a két termelési mód abszolút versenyképessége, de vizsgálható a tüzelőanyag- és kvótaárak változásának termelési költségekre gyakorolt hatása.)

Az európai szénerőművek változó költsége¹³ 2013 közepe óta gyakorlatilag változatlan. A szénár folyamatos csökkenésének hatását kompenzálta a dollár árfolyamának euróval szembeni erősödése, illetve a szén-dioxid-kvótaárak mélypontról való elmozdulása. A 2015. augusztusi 8 eurós kvótaár ugyanakkor továbbra sem erodálja számottevő mértékben a szénerőművek villamosenergia-piaci versenyképességét annak ellenére, hogy egy modern, 45 százalékos hatásfokú egység esetében ez 6,5 euró/MWh többletköltséget jelent, ami a tüzelőanyag-költség 40 százalékának felel meg. Amennyiben a szén-dioxid-kibocsátás tonnánkénti költsége 30 euró fölé emelkedne, az a jelenlegi villamosenergia-ár mellett már érezhetően rontaná a szénerőművek piaci pozícióját.

6. ÁBRA: MODERN SZÉN- ÉS GÁZERŐMŰVEK TÜZELŐANYAG- ÉS KVÓTAKÖLTSÉGÉNEK ÖSSZEVETÉSE EURÓPÁBAN



Forrás: Reuters, Századvég-számítás

Érdeemes összevetni az alacsony állandó költségű gázerőművi termelés változó költségét a tőzsdei villamosenergia-árral. A tőzsdei áramár esetében kevert árat alkalmazunk, amelyben kétharmados súllyal vesszük figyelembe a zsinórtermék és egyharmados súllyal a csúcstermék árát. Az összevetés hűen visszaadja a villamosenergia-piacon tapasztalt változásokat, hiszen 2013-ban, amikor a gázalapú villamosenergia-termelés Európában

¹² A számítás tőzsdei árakon alapszik, a hazai kitermelésű szénre alapozott termelés (pl. Lengyelország) esetében más tüzelőanyagár adódhat.

¹³ Tanulmányunkban az egyszerűség kedvéért változó költség alatt a tüzelőanyag- és a szén-dioxid-kvótaköltség összegét értjük.

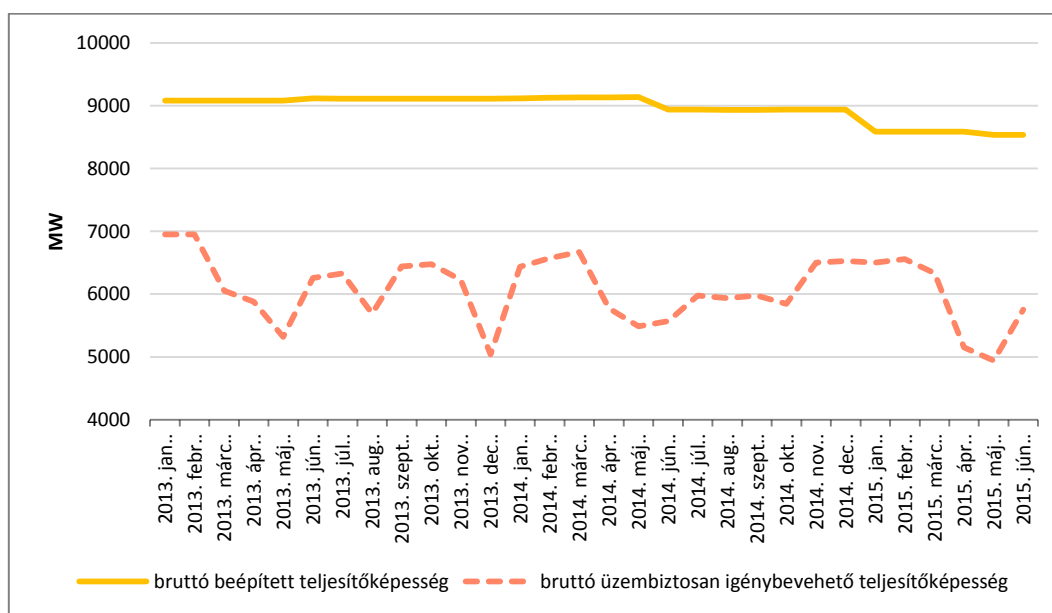
ellehetetlenült, a nagy hatásfokú gázerőművek változó költsége magasabb volt, mint az átlagos tőzsdei villamosenergia-ár. Így a gázerőművek szerepe gyakorlatilag rendszerszintű szolgáltatások nyújtására, illetve a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre korlátozódott. A gázerőművek árampiaci pozíciója 2014–2015 folyamán némileg javult, de a gázalapú áramtermelés Európában továbbra sem rentábilis. A következő 1–2 év folyamán e tekintetben nem várunk érdemi változást, inkább a gázerőművi kihasználtság alakulásának korábban bemutatott szezonális differenciáltsága erősödhet tovább.

Hazai energiapiaci folyamatok

A villamosenergia-piac alakulása

A hazai erőművek bruttó beépített teljesítőképessége (BT) 2015 júniusában 8537 MW volt, ami közel 400 MW-tal elmarad a 2014 decemberében regisztrált értéktől. Ugyanakkor a csökkenés sem a hazai villamosenergia-termelésre, sem az ellátásbiztonságra nem gyakorolt érezhető hatást, hiszen olyan egységek kerültek leszerelésre, amelyek termelése már 2–4 éve szünetelt, vagy kihasználtságuk elenyésző volt. 2015 januárjában véglegesen leállították a termelést a 2011 óta állandó hiányban lévő Borsodi Erőműben (137 MW), illetve a 2012 óta állandó hiányban lévő utolsó Dunamenti F egységben (215 MW). Áprilisban pedig leszerelték a Dunamenti Erőmű G2-es blokkjának egy 60 MW-os egységét. Megjegyezzük, a Dunamenti Erőmű G1 és G2 blokkja esetében folytatódhat a kapacitások fokozatos leállítása, hiszen az alacsony villamosenergia-árak mellett a kis villamos hatásfokú egységek az árampiacon nem versenyképesek, a kapcsolt termelésű egységek pedig kiszorultak a helyi hőpiacról (a százhalombattai olajfinomító maga biztosítja hőellátását).

7. ÁBRA: A HAZAI ERŐMŰVEK BEÉPÍTETT ÉS ÜZEMBIZTOSAN IGÉNYBE VEHETŐ TELJESÍTŐKÉPESÉGÉNEK ALAKULÁSA



Forrás: Dr. Stróbl Alajos¹⁴

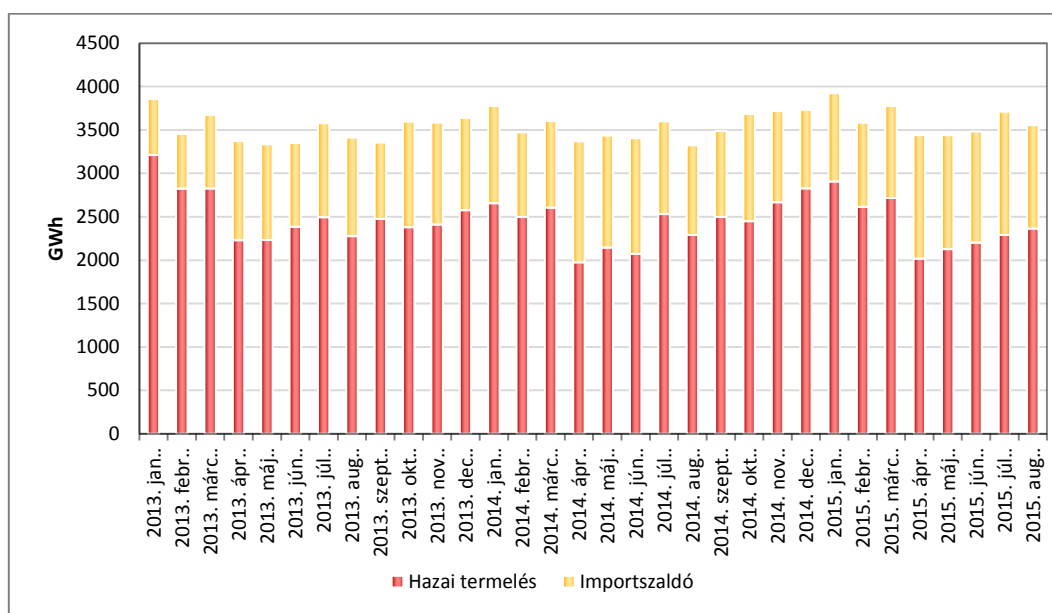
A beépített teljesítőképesség az év hátralévő részében növekedhet (üzembe áll a dunaújvárosi papírgyár erőműve, illetve a Mátrai Erőmű naperőműve). 2016-ban a BT csökkenése jelezhető előre, hiszen 2015 végén megszűnik a termelés a széntüzelésű Vértesi Erőműben (240 MW). A Vértesi Erőmű fejlesztésére korábban több elképzelés is született

¹⁴ Dr. Stróbl Alajos: Tájékoztató, nem hivatalos adatok a magyarországi villamosenergia-rendszerről, 2015 első félév.

(biomassza- vagy hulladékégetésre való átállítás), végül gazdaságossági szempontok figyelembevételével a bezárás mellett döntöttek a tulajdonosok. Mivel az erőmű 2020-ig kötelezettséget vállalt Oroszlány és Bokod város távhő- és melegvíz-ellátásának biztosítására, így e feladatot egy 2016. januárig felépítendő gázmotorral látják el.

A hazai erőműpark üzembiztosan igénybe vehető teljesítőképessége (ÜIT) – amely az ellátásbiztonságról a BT-nél jobb képet ad – 2015 első fél évében 4950–6550 MW között ingadozott, ami nem tér el számottevően a megelőző év azonos időszakában tapasztalttól. A tervezett karbantartás miatt időlegesen leállított kapacitás 2015 áprilisában és májusában kiemelkedően magas volt, elérte a beépített teljesítőképesség 13–15 százalékát, elsősorban a Paksi Atomerőmű és a Mátrai Erőmű blokkjain végzett karbantartási munkák következtében. A nem tervezett kapacitáskiesések mértéke 2015 első 6 hónapjában minimális volt, alig haladta meg a BT 1 százalékát.

8. ÁBRA: A HAZAI VILLAGENERGIA-RENDSZER FORRÁSAINAK ALAKULÁSA



Forrás: MAVIR

A hazai villamosenergia-felhasználás 2015 második negyedében 1,5 százalékkal haladta meg a 2014. április–június folyamán regisztrált szintet, míg 2015 első három hónapja 4 százalékos éves bázisú fogyasztásbővülést hozott. Az adatok ismeretében megerősítést nyert azon, előző kiadványunkban tett feltételezés, miszerint az áramfogyasztás 2015 első három hónapjában mért kiugró mértékű növekedése mögött jelentős részben a rendkívül alacsony bázis áll, ami részben a hőmérsékletfüggő áramfogyasztás alakulásának következménye. Ugyanis 2014 első negyedében különösen enyhe volt a tél, ami a hőmérsékletfüggő villamosenergia-fogyasztás alacsony szintjét eredményezte. A második

negyedévben ugyanakkor e hatás nem jelentkezett (az átlaghőmérsékletek közel azonosak voltak).

A magyarországi áramigényt egyre nagyobb mértékben határozza meg az ipari termelés alakulása, hiszen az ipar és a mezőgazdaság együttes részaránya a nettó villamosenergia-fogyasztás közel 47 százalékát teszi ki. Jól példázza a jelenséget az idei év májusa és augusztusa, hiszen az ipar termelés ötödik és hatodik hónapjában regisztrált 1,6, illetve 11 százalékos bővüléséhez az áramfogyasztás stagnálása, ill. 2,2 százalékos növekedése társult. Az ipari termelés dinamikájának változása ugyanakkor nem magyarázza a hazai áramfelhasználás emelkedésében az első két negyedév során tapasztalt különbséget, hisz 2015 első három hónapjában az ipari termelés 8,2 százalékos, második három hónapjában 7 százalékos éves bázisú emelkedését regisztrálta a KSH. Az egyes alágazatok teljesítményét vizsgálva megállapítható, hogy a magas áramintenzitású alágazatok közül a kocszgyártás, kőolaj-feldolgozás esetében a második negyedév jelentős visszaesést hozott, míg az első negyedévben számottevő bővülés volt tapasztalható a szegmensben. A szintén jelentős fajlagos áramfelhasználású alágazatok közül éves összevetésben az élelmiszeripar és a vegyi anyag, termék gyártása esetében a termelés alacsonyabb ütemű növekedését hozta a második negyedév, mint az első, míg például az alacsonyabb villamosenergia-intenzitású gyógyszeripar és gépipar növekedése a második három hónapban felgyorsult.

Összességében megállapítható, hogy a második negyedévben az áramfelhasználás növekedési üteme döntően az eltérő bázis (hőmérsékletfüggő áramfogyasztás), illetve kisebb részben az ipari termelés növekedésének eltérő szerkezete miatt lehetett alacsonyabb, mint az első három hónapban.

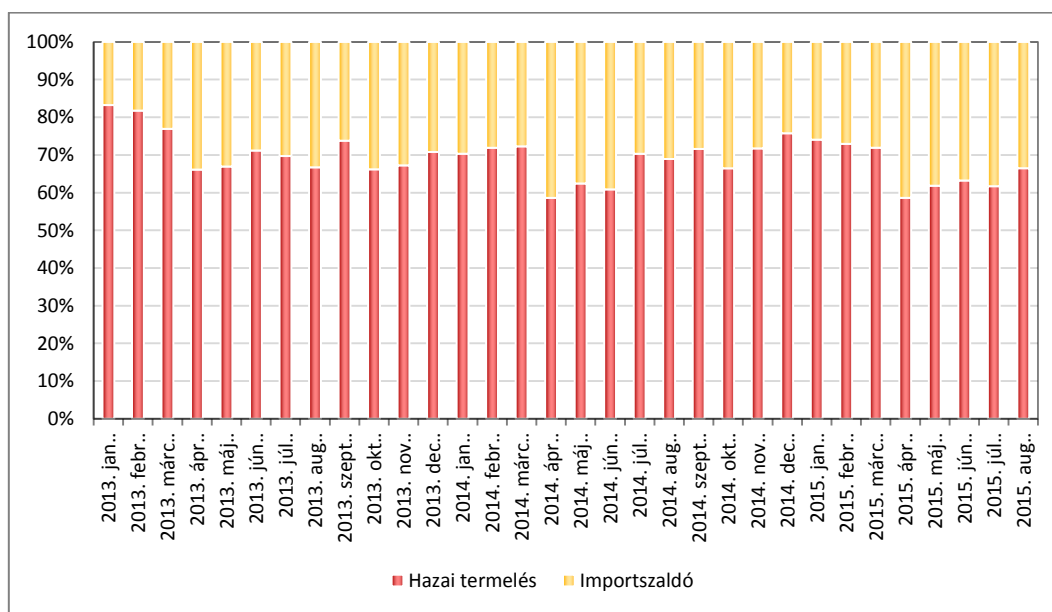
A hazai erőművi villamosenergia-termelés 2015 második negyedévében 2,5 százalékkal (153 GWh-val) haladta meg az előző év azonos időszakában tapasztaltat. A magasabb áramfelhasználás következtében a hazai termelés bruttó villamosenergia-fogyasztáson belüli részaránya 2015 második három hónapjában is 61 százalék volt, csakúgy, mint 2014. április–június folyamán. A termelés szerény mértékű növekedése ugyanakkor nem jelez fordulatot, az árampiaci fundamentumokban a vizsgált időszakban nem történt változás. A növekedés a Paksi Atomerőmű magasabb kihasználtságából eredt, a földgázalapú áramtermelés továbbra sem versenyképes a villamosenergia-importtal szemben.

A hazai erőművek kihasználtságát jelenleg 2-3 tényező határozza meg. A magyarországi erőművek közül a Paksi Atomerőmű és a Mátrai Erőmű képes az importnál olcsóbban áramot szolgáltatni. A Paksi Atomerőmű valamennyi blokkja – a karbantartást és a nem tervezett kiesést leszámítva – gyakorlatilag teljes kihasználtság mellett üzemel. A Mátrai Erőmű kihasználtsága szintén magas, átlagosan 70 százalék. A földgázalapú villamosenergia-termelés a piaci energiahordozó-árak által determinált. A földgázár/villamosenergia-ár

magas értéke miatt a földgázerművek termelése nem versenyképes az importárammal szemben (4. és 6. ábra), így a menetrendtartó erőműveink kihasználtsága – egyes kivételes időszakot leszámítva (ld. 12. ábra) – minimális. A kötelező átvételben részesülő megújulóenergia-termelés részaránya a hazai áramtermelésen belül nem egészen 10 százalék. A hazai termelés/importaszaldó arány szezonális ingadozását pedig a karbantartások időzítése mellett a fűtőerőművek október–március közötti, távhőigényből fakadó magasabb kihasználtsága váltja ki.

Mivel az említett piaci fundamentumokban nem várunk számottevő változást, így a következő években a villamosenergia-importszaldó magas szinten való stabilizálódását (éves szinten 25–30 százalék) prognosztizáljuk. A magas importszaldó az európai és régiós villamosenergia-rendszerek összekapcsolódása és átjárhatósága miatt nem jelent ellátásbiztonsági kockázatot, az olcsó importáramra szükség van a hazai feldolgozóipar versenyképességének fenntartása céljából, hiszen a hazai erőműpark nem lenne képes ilyen alacsony áron szolgáltatni a villamos energiát.

9. ÁBRA: A VILLOMOENERGIA-FORRÁSOK ÖSSZETÉTELE

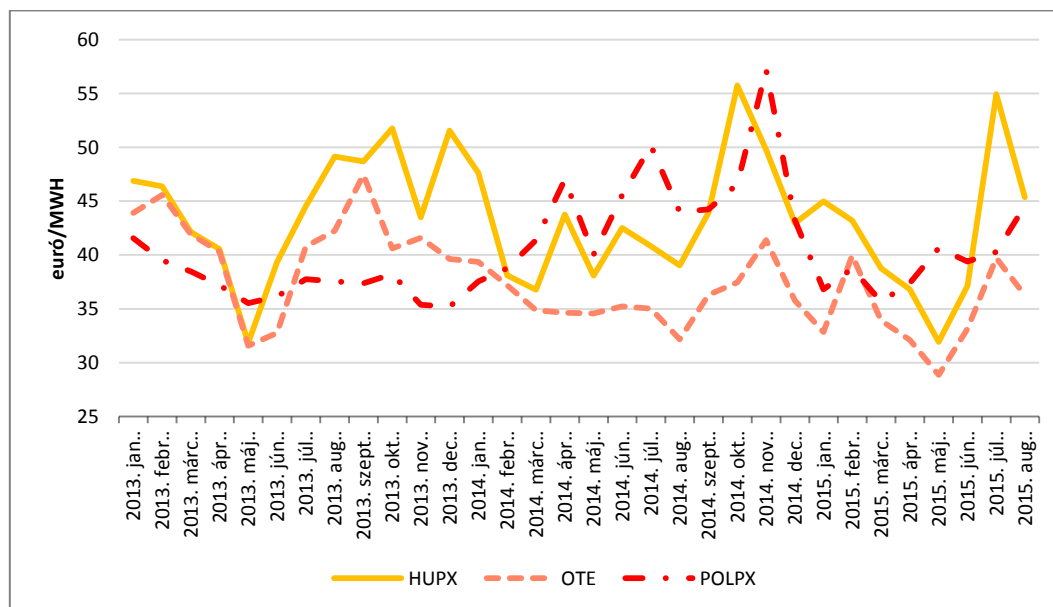


Forrás: MAVIR

A magyar (HUPX) és a cseh (OTE) tőzsdei villamosenergia-ár 2015 első hat hónapjában a másnapi piacok összekapcsolt jellegének következményeként hasonló pályán mozgott, ugyanakkor 3–5 euró/MWh-s felár volt tapasztalható a magyar piacon, tehát a hazai tőzsdei ár jellemzően ilyen mértékben haladta meg a cseh áramtőzsdei árat (10. ábra). Július–augusztus folyamán ugyanakkor az árfolyamok szétváltak, a HUPX zsinórtermékár másfél héten keresztül a megawattontkénti 60 eurót is meghaladta, míg az OTE hasonló terméke esetében az ár a vizsgált időszakban csak három alkalommal lépte át az 50 eurót. E jelenség

rámutat két alapvető problémára, amely versenyképességi hátrányt okoz a hazai ipar számára. Egyrészt a permanens árprémium (3–5 euró/MWh, azaz 0,9–1,5 Ft/kWh) következtében a hazai energiaintenzív ipar a régiós versenytársaiknál drágábban jut villamos energiához. Másrészt azokon napokon, amelyekben megugrik a villamosenergia-terhelés (azaz az áramkereslet), a határkeresztező kapacitásokon szűkölet keletkezik, ami szélsőségesen magas árakat tud generálni.

10. ÁBRA: A MAGYAR (HUPX), A CSEH (OTE) ÉS A LENGYEL (POLPX) MÁSNAPI SZÁLLÍTÁSÚ VILLAMOS ENERGIA TŐZSDEI ZSINÓRÁRÁNAK ÖSSZEGETÉSE

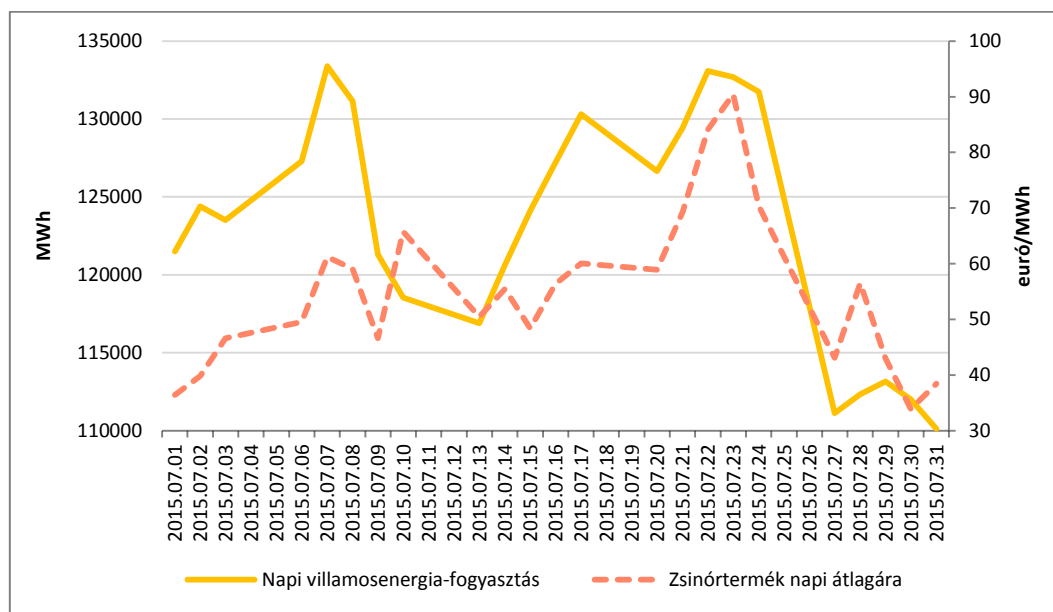


Forrás: Reuters

A közép-európai áramtőzsdei integrációnak nem tagja a lengyel villamosenergia-börze. Ebből a tényezők közül, valamint a széntermelés magas részarányából fakadóan a POLPX zsinórtermékára az előbbiektől egészen más pályán haladt 2015 első nyolc hónapjában. Megfigyelhető, hogy a lengyel tőzsdei ár január–augusztus folyamán végig magasabb volt a cseh árnál, míg a magyar–lengyel piaci relációban nem vehető ki stabil trend, az árak viszonya hónapról hónapra változik. A stabil és szezonális hatásoknak kevésbé kitett termelése révén a lengyel tőzsdei ár 35–40 euró/MWh között ingadozott, csak augusztus folyamán emelkedett 45 eurós megawattónkénti szintre a forrás miatt megemelkedett áramkereslet következtében. Augusztus folyamán ugyanakkor egy napig áramfogyasztáskorlátozást kellett bevezetni a nagyipari fogyasztók számára. (E napon a lengyel tőzsdei áramár 97 euró/MWh-ra ugrott meg.) Az intézkedés okai között az átviteli rendszer

elavultságát, valamint azt is említik, hogy a kiszáradó folyók nem juttattak elegendő hűtővizet az erőművek számára¹⁵.

11. ÁBRA: A MAGYAR (HUPX) TŐZSDEI ÁRAMÁR ÉS A MAGYARORSZÁGI VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁS NAPI ALAKULÁSA 2015 JÚLIUSÁBAN



Forrás: Reuters

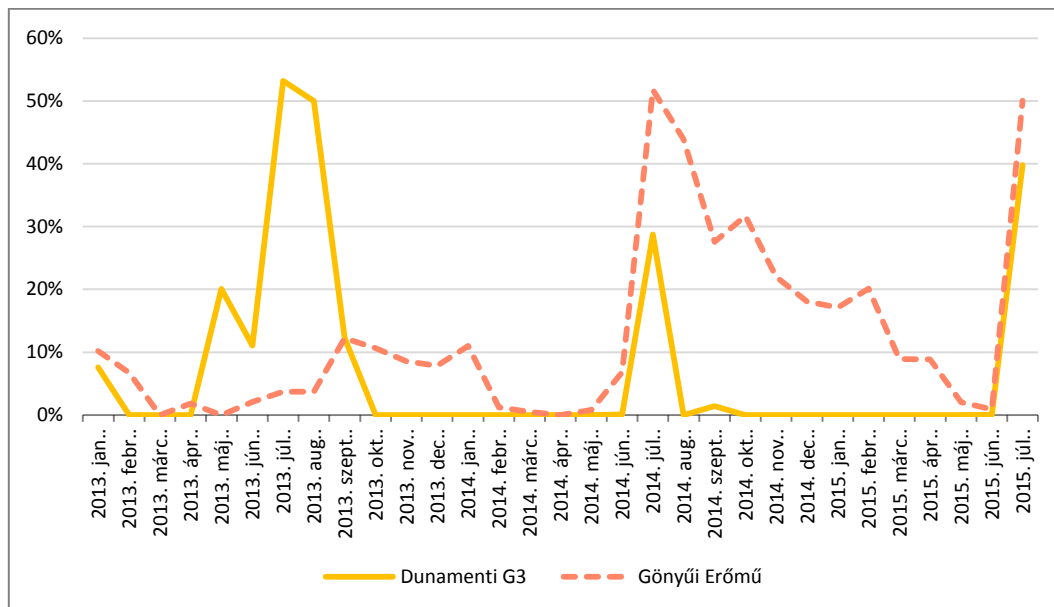
Ahogy a gázalapú villamosenergia-termelés Európában, úgy Magyarországon sem versenyképes. E jelenéség hátterét korábban ismertettük. A hazai menetrendtartó erőművek kihasználtsága (12. ábra) 2015 második negyedévében minimálisra csökkent, a Gönyüi Erőmű és a Dunamenti G3 átlagos kihasználtsága mindössze 2 százalék volt, szemben az első háromhavi 7,7 százalékkal. A visszaesés abból fakadt, hogy a tőzsdei áramár (illetve az importárak) az európai országokban telepített napelemek megnövekedett termelése, illetve a visszafogott áramkereslet következtében a második negyedévben mélypontra zuhant, így a földgázár/villamosenergia-ár hányados megnövekedett. A benchmarkként használható TTF/EEX Peak arány az említett időszakban 57–65 százalékra növekedett, ami még a magas hatásfokú kombinált ciklusú gázerőművek számára sem tett lehetővé gazdaságos termelést.

Július folyamán ugyanakkor megugrott a két erőmű termelése, a Gönyüi Erőmű kihasználtsága 50, a Dunamenti D3-é 40 százalék volt. A szokatlanul magas kihasználtság annak volt a következménye, hogy a historikusan magas hőmérséklet miatt drasztikusan megnövekedett áramkereslet és az importkapacitásokon keletkezett szűkület

¹⁵ Update 1–Poland eases power consumption limit as hot weather continues, <http://www.reuters.com/article/2015/08/11/poland-heatwave-power-idUSL5N10M2YC20150811>, utolsó letöltés: 2015. IX. 14.

eredményeként – ahogyan korábban elemeztük – a magyar tőzsdei áramár 50 euró/MWh fölé emelkedett, ami mellett már a jelenlegi alacsony földgázárát figyelembe véve már versenyképes a földgáz alapú villamosenergia-termelés.

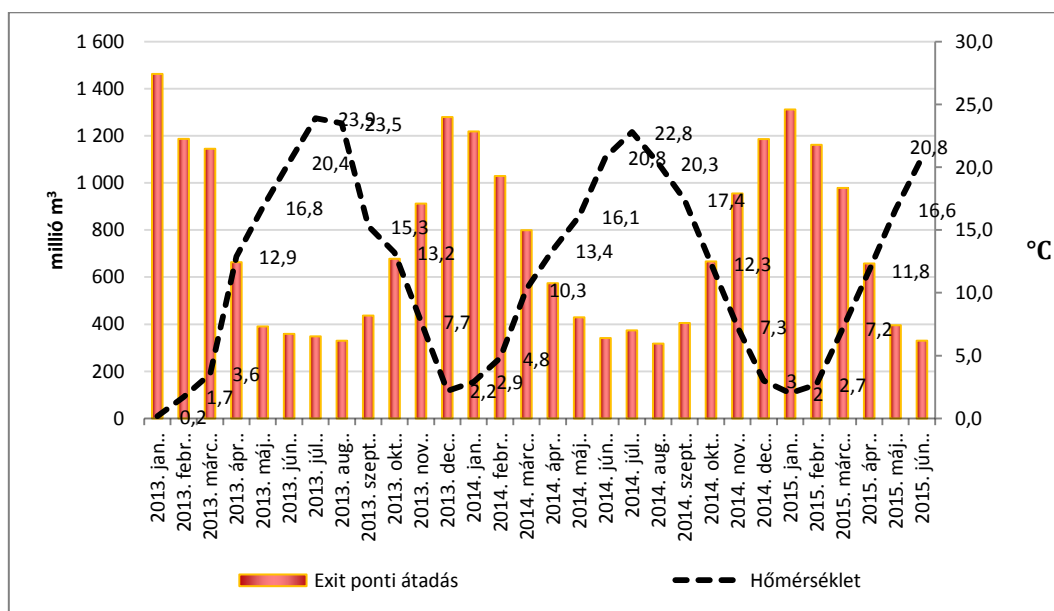
12. ÁBRA: A GÖNYŰI ERŐMŰ ÉS A DUNAMENTI G3 KIHASZNÁLTÁSÁNAK ALAKULÁSA



Forrás: MEKH, Századvég-számítás

A földgázpiac alakulása

13. ÁBRA: BELFÖLDI SZÁLLÍTÓVEZETÉKI FÖLDGÁZÁTADÁS



Forrás: MEKH

A belföldi földgázfogyasztás 2015 második negyedévében 1385 millió köbméter volt, ami 39 millió köbméterrel, mintegy 2,9 százalékkal haladja meg a 2014 azonos időszakában regisztráltat. Amennyiben a kismértékben még hőmérsékletfüggő április havi adatot leválasztjuk, akkor a májusi és júniusi érték már csökkenést mutat éves bázison. Az egyes szektorok gázfogyasztásával kapcsolatban az erőművek kivételével nem áll rendelkezésre évközi adat. Az erőművi földgázigény 2015 második három hónapjában lényegében megegyezett az egy évvel korábbival, ami egyenes következménye annak, hogy a földgázár/villamosenergia-ár hányados, ebből eredően a villamosenergia-termelő erőművek kihasználtsága a két negyedévben közelítőleg azonos volt. Amennyiben az erőművi gázfogyasztást levonjuk a belföldi földgázfelhasználásból (és a hőmérsékletfüggő gázfogyasztást konstansnak tekintjük), akkor belátható, hogy a nem hőmérsékletfüggő, döntően ipari földgázigény 2015. május–június folyamán 7,3 százalékkal alacsonyabb volt, mint a megelőző év azonos időszakában. Ez a trend ellentétes a villamosenergia-fogyasztás esetén tapasztaltnal, hiszen az áramfogyasztásban tükröződik az ipari termelés dinamikus bővülése, míg a földgázfelhasználás esetében nem. A jelenség oka az, hogy azon alágazatok, amelyek a hazai ipari termelés növekedéséért felelősek (főként a járműgyártás, gépipar) energiateljesítményében magasabb, illetve folyamatosan növekszik a villamos energia részaránya, míg a hőfelhasználásé csökken.

A féléves adatokat összevetve a 2015-ös év továbbra is fogyasztásbővülést mutat, köszönhetően a megelőző évinél alacsonyabb hőmérsékletű télnek. 2015 első hat hónapjában a gázigény 10,1 százalékkal volt magasabb a 2014 első fél évében tapasztaltnál. Előrejelzésünk szerint a 2015-ös év során a teljes belföldi földgázfelhasználás (beleértve a földgázszállító saját fogyasztását) közelítőleg 9 millió köbméter lehet, azaz 7–8 százalékkal meghaladhatja a 2014-es értéket, de 3 százalékkal elmaradhat a 2013-astól. Ugyanakkor a hőmérséklet alakulása jelentős mértékben befolyásolja a gázigényeket, a múltbeli adatok alapján 1 C-os hőmérséklet-csökkenés átlagosan 2 millió köbméterrel növeli a napi földgázfelhasználást. A fogyasztás növekedése mögött elsősorban a hőmérsékletfüggő gázfogyasztás emelkedése áll, de az ipari gázigények esetében is növekedést vetítünk előre.

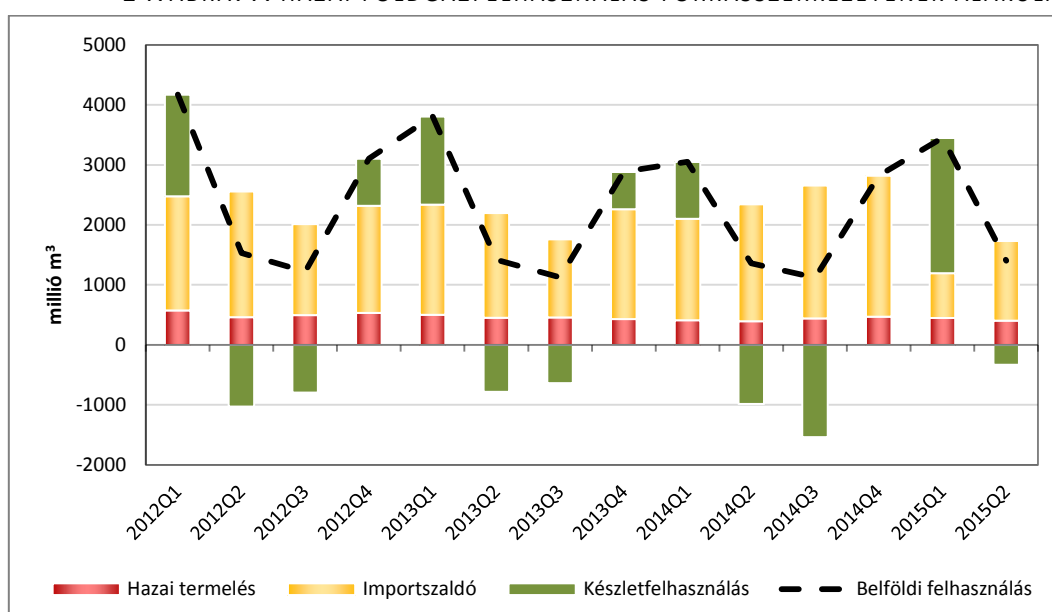
A hazai földgázkitermelés 2009 óta tapasztalt folyamatos csökkenése 2015-ben megállt, az év első hat hónapjában a kitermelt földgáz mennyisége 5,8 százalékkal meghaladta a megelőző évi azonos időszakában tapasztalt szintet. A kőolajár csökkenéséből eredő alacsonyabb bányajáradék továbbra is ösztönzőleg hat a hazai földgázbányászatra, ugyanakkor az ismert, gazdaságosan kitermelhető gázmennyiség csökkenése következtében a következő években a csökkenő trend visszaállása prognosztizálható. Iparági vélemények szerint 2020-ra kedvező szabályozási környezet mellett 1,5 milliárd köbméterre eshet vissza a kitermelés, míg kedvezőtlen peremfeltételek mellett akár 700 millió köbméterig is zsugorodhat.

A 2015 második negyedévi földgáz-kereskedelmi mérleget jelentősen torzította a földgáztárolók feltöltésének alacsonyabb szintje, ugyanis, míg 2014. április–június folyamán a készletállomány 980 millió, addig 2015 azonos időszakában mindössze 330 millió köbméterrel emelkedett. 2015. szeptember 2-án 2509 millió köbméter földgáz volt a hazai tározókban, ami átlagosan 40 százalékos töltöttséget jelent. A következő hónapokban kedvező importár mellett tölthetők fel a tározók, hiszen a tőzsdei gázár 2014 áprilisa óta rendkívül alacsony (a hosszú távú szerződésben lekötött földgázmennyiség ára is döntően a tőzsdei árhoz indexált), augusztusban–szeptemberben pedig tovább esett az év eleji szinthez képest, és a piac kínálati jellegéből következően (extrém hideg tél esetét leszámítva) az év hátralévő részében sem várható számottevő áremelkedés.

Az alacsonyabb tározói töltöttségből eredően a földgázimportszaldó közel 32 százalékkal elmaradt az előző évitől, ami kedvezően hatott a magyar külkereskedelmi mérlegre. Ugyanakkor e hatás csak időleges, hiszen a 2014-esnél magasabb gázigény, illetve a tározók őszi hónapokban várható feltöltése következtében 2015 hátralévő részében az import fokozódása vetíthető előre. A készletállomány változását semlegesnek tekintve 2015–2020 között a csökkenő fogyasztás és kitermelés eredőjeként évi 7–7,5 milliárd köbméter nettó földgázimportigényt várunk.

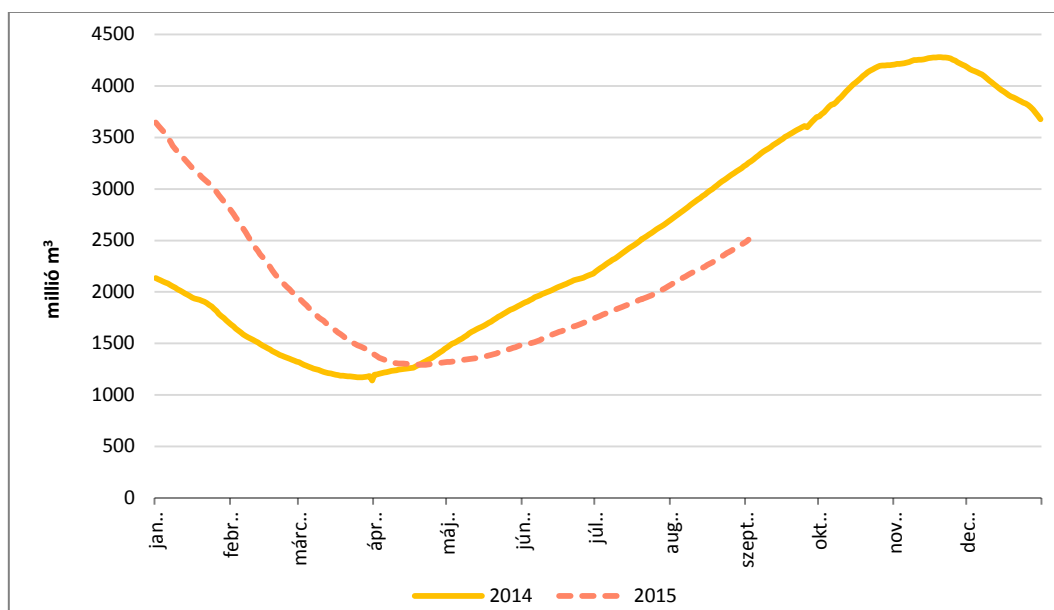
Magyarországra történő földgázbehozatal továbbra is csak két vezetéken zajlik, a HAG vezetéken Ausztrián keresztül, illetve a Testvériség vezetéken Ukrajnán keresztül. Az alacsonyabb földgázimportból fakadóan 2015 első nyolc hónapjában mindössze 6 napon alakult ki szűkület a HAG vezetéken, amelynek átlagos kihasználtsága a jelzett időszakban 50 százalék volt. Kereskedelmi szállítás a szlovák–magyar interkonnektoron lényegében továbbra sem zajlik (mindössze 2200 köbméter gáz áramlott az országba a vezetéken).

14. ÁBRA: A HAZAI FÖLDGÁZFELHASZNÁLÁS FORRÁSSZERKEZETÉNEK ALAKULÁSA



Forrás: MEKH, Századvég-számítás

15. ÁBRA: A HAZAI FÖLDGÁZTÁROZÓK TÖLTÖTTségÉNEK ALAKULÁSA



Forrás: MMBF, Magyar Földgáztároló Zrt., Századvég-számítás

A villamosenergia-hálózatok fejlesztési lehetőségei

Bevezetés

Az Energetikai monitor 2015. júniusi kiadványában ismertettük a fogyasztóknál telepített napelemek hálózatra kifejlesztett kedvezőtlen hatásait és következményeit. Jelen kutatás annak a munkának képi szerves folytatását, ugyanis az abban vizsgált problémákra keresi a lehetséges megoldásokat és azok alkalmazhatóságát. Az Energetikai monitor decemberi száma is szorosan fog kapcsolódni az említett kutatásokhoz, ezzel teljessé téve a napjainkban exponenciális ütemben elterjedő háztartási méretű napelemekhez köthető kérdések vizsgálatát.

A biztonságos, gazdaságos és fenntartható villamos energia előállítása nemcsak az ipari fejlődés részére, hanem a társadalom számára is létfontosságú. Azonban a 21. században számos olyan új kihívás jelent meg, melyek következtében a jelenlegi megbízható és minőségi villamosenergia-ellátás színvonalának fenntartása komoly fejlesztéseket igényel. A növekvő fogyasztási igények és a megújuló energiaforrásokon alapuló termelési technológiák fokozatos térnyerésének hatására a korábban jól működő villamosenergia-rendszer a jelenlegi formájában már nem lesz megfelelő. Alapvető paradigmaváltásra van szükség a villamos energia előállítása, átvitele, elosztása és felhasználása területén egyaránt. Ezt az új szemléletet foglalja magába az okos hálózat, vagy ahogyan a nemzetközi terminológiában is használatos „smart grid” koncepció, mely lényegében a villamosenergia-rendszer modernizálását jelenti. Ez a korszerűsítés volumenét tekintve az elmúlt években végbemenő távközlési infrastruktúra digitalizálásához és a mobilkommunikációs forradalomhoz mérhető, azonban méretében és jelentőségében messze meghaladja azokat. A villamosenergia-rendszer előtt álló fejlesztések hatására az energetika várhatóan a következő évtizedek egyik húzóágazata lesz, aminek következtében az olyan vállalatok, mint a Google, az IBM vagy a Cisco, egyre inkább az energetika felé fordulnak.¹

Az okos hálózatok

Kialakulásának okai

A villamosenergia-rendszert érintő kihívások az ezredfordulót követően egyre erőteljesebben lépnek fel, és várhatóan a következő évtizedeket is jelentősen meghatározzák. Mivel a rendszer strukturális felépítése és üzemeltetése területén közel egy évszázada nem történt lényeges átalakítás, ezért a megváltozott követelmények és a fellépő új problémák következtében a villamosenergia-ellátás színvonalának fenntartása jelentős

¹ Raisz Dávid: *Merre tart a villamos energetika? Trendek, súlypontok, irányok a szakmában*, 2014.

korszerűsítést igényel. A szükséges fejlesztéseket alapvetően meghatározzák azok a kihívások, amikkel a rendszernek a következő évtizedekben szembe kell néznie. **A kutatás során három olyan mozgatórugó került identifikálásra, melyek hatására az okos hálózatok megvalósítása egyre inkább szükségszerű^{2,3,4}:**

1. a fogyasztási igények várható növekedése;
2. a megújuló energiaforrásokat felhasználó technológiák gyors elterjedése;
3. a jelenlegi villamosenergia-rendszer alacsony hatásfoka.

A fogyasztási igények várható növekedése

A globálisan növekvő népesség és a fejlődő országok gyors ipari bővülésének következtében a villamos energia iránti igény folyamatosan emelkedik. Az előrejelzések szerint 2030-ig a fogyasztási igény növekedése elérheti az 50 százalékot, aminek döntő részét India és Kína fogja produkálni. Ugyanakkor az Európai Unió esetében is számottevően fokozódik majd a villamos energia iránti igény, mivel a prognózisok alapján 2030-ig az EU-ban 10 százalékkal növekedhet a fogyasztás, továbbá a rendszer csúcsterhelése is hozzávetőleg 13 százalékkal emelkedhet⁵. Abban az esetben, ha a villamosenergia-rendszerben elmaradnak a szükséges fejlesztések, akkor a fogyasztás növekedésének hatására a következő problémák fellépése valószínűsíthető:

- A jelenlegi tendenciákat figyelembe véve a villamos energia iránti igény növekedési ütemével ellentétben a termelési kapacitás bővülése jóval kisebb mértékű lehet. Ennek következtében ellátásbiztonsági problémák léphetnek fel, a szolgáltatáskiesés gyakorisága megnövekedhet, valamint akár black-outok, azaz teljes rendszerleállások is bekövetkezhetnek².
- A csúcsterhelés jelentős növekedésének egyik legfőbb következménye, hogy a termelt és a fogyasztott teljesítmény közötti egyensúly biztosítása érdekében több erőműre és több tartalék erőműre van szükség, ami óriási beruházási költséget eredményez.

A megújuló energiaforrásokat felhasználó technológiák gyors elterjedése

Napjaink egyik meghatározó problémája az egyre nagyobb méreteket öltő környezetszennyezés, aminek az egyik legfőbb következménye a klímaváltozás felgyorsulása. Ebből fakadóan az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése a fenntartható fejlődés

² Sunil Luthra, Sanjay Kumar, Ravinder Kharb, Md. Fahim Ansari, S. L. Shimmi: Adoption of smart grid technologies: Analysis of interactions among barriers, 2014.

³ Xiaoling Jin, Yibin Zhang, Xue Wang: *Strategy and Coordinated Development of Strong and Smart Grid*, 2012.

⁴ International Energy Agency: *Technology Roadmap, Smart Grids*, 2011.

⁵ European Photovoltaic Industry Association: *Connecting the Sun: Solar photovoltaics on the road to large-scale grid integration*, 2012.

egyik elengedhetetlen feltétele. Az emisszió csökkentésében egyértelműen központi szerepe lesz a villamos energetikának, ugyanis annak ellenére, hogy a villamosenergia-fogyasztás a primerenergia-felhasználás 17 százalékát teszi ki, azonban a globálisan kibocsátott széndioxidnak közel 40 százaléka származik villamosenergia-termelésből [4]. Ennek következményeként a jelenleg is domináns, fosszilis tüzelőanyagokon alapuló villamosenergia-előállítás helyett egyre nagyobb teret nyernek az alacsony széndioxid-kibocsátású termelési technológiák. Ezt támasztják alá azok az előrejelzések is, melyek alapján az Európai Unióban 2030-ra mintegy 450 GW összteljesítménnyel vehetőek majd figyelembe a napelemek, míg 390 GW-tal a szélerőművi kapacitás. Ennek következtében, 2030-ra az EU 27 tagországában a napelemek és a szélerőművek együttes termelése az unió teljes villamosenergia-fogyasztás 45 százalékát biztosíthatják⁵. Ugyanakkor ezeknek a megújuló energiaforrást hasznosító technológiáknak a hálózatba integrálása csak korlátozottan megoldható a jelenlegi villamosenergia-rendszerben, mivel számos probléma lép fel az elterjedtségi szint növekedésével:

- Az időjárásfüggő, vagyis sztochasztikus termeléssel rendelkező napelemek és szélerőművek nagymértékű bizonytalanságot okoznak a rendszerben, ami rendszerirányítási szempontból jelentősen megnehezíti a teljesítményegyensúly biztosítását.
- A napelemek az esetek többségében az elosztóhálózatra csatlakoznak. Azonban ez a hálózati rész nem arra lett tervezve, hogy arra termelő egységek kapcsolódjanak. Számos műszaki probléma léphet fel ennek következtében az elosztóhálózatokon, melyek közül kiemelkedik a feszültségemelkedés és a fordított teljesítményáramlás jelensége.

A jelenlegi villamosenergia-rendszer alacsony hatásfoka

A jelenlegi villamosenergia-rendszer egyik meghatározó jellemzője, hogy lényegében minden területén alacsony hatásfok tapasztalható, ugyanis a termelés, átvitel, elosztás és a felhasználás során is jelentős veszteségek keletkeznek. Ennek eredményeként a fosszilis tüzelőanyag, mint a legtöbb esetben felhasznált primer energiahordozó energiatartalmának csak a harmada jut el a fogyasztóig villamos energia formájában. Ezen túlmenően a villamosenergia-rendszerben az egyik központi feladat a teljesítményegyensúly biztosítása minden pillanatban, amit a rendszer jelenlegi formájában csak meglehetősen túlméretezett termelői kapacitással tud biztosítani. Összességében a jelenlegi villamosenergia-rendszer alacsony hatásfokát két olyan összetevő alkotja, melyek következtében az okos hálózatok megvalósítása egyre inkább időszerűvé válik:

⁵ European Photovoltaic Industry Association: Connecting the Sun: *Solar photovoltaics on the road to large-scale grid integration*, 2012.

- A villamos energia döntő hányadát nagy és központi erőművekben állítják elő, amire a 40–50 százalékos veszteségek jellemzőek. Ezen túlmenően az energia elszállítása következtében az átvitel és az elosztás során is 15–20 százalékos a veszteségi arány, aminek eredményeként a rendszer igen pazarló.
- A teljesítmény-egyensúly biztosítása érdekében a jelenlegi termelői kapacitás mintegy 20 százalékát kizárólag a csúcsterhelés fellépése miatt építették meg. Azonban a rendszerterhelés csúcsa az idő mintegy 5 százalékára jellemző, aminek következtében a mostani gyakorlat bár hatékonyan megfelel a követelményeknek, rendkívül gazdaságtalan⁶.

Az okos hálózatok főbb jellemzői

A villamosenergia-rendszert alapvetően meghatározza a vertikális felépítése, vagyis az, hogy viszonylag kevés és nagy teljesítményű központi erőműben történik a villamosenergia-termelés döntő hányada. Az előállított energia ezután az átviteli és az elosztóhálózaton keresztül jut el a nagyszámú és távol elhelyezkedő fogyasztóig. A rendszer egyik legfontosabb jellemzője az egyirányú teljesítményáramlás, ami közel egy évszázada meghatározza a hálózat üzemeltetését. Ezenfelül a villamosenergia-rendszerben az információs és kommunikációs technológiák csak kismértékben terjedtek el, aminek következtében a termelőknek csak korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre valós idejű információ a fogyasztók pillanatnyi igényeiről. A hálózatot üzemeltetőkre is jellemző a valós idejű információ hiánya, különösképpen az elosztóhálózat esetében, mivel annak állapotáról és a minőségi jellemzőiről csak alig rendelkeznek információval, ami rendkívül megnehezíti a magas színvonalú ellátás megvalósítását. A rendszer lényegében úgy működik, ahogyan azt az elmúlt száz évben tette⁷.

Azonban a villamosenergia-rendszer a megváltozott igényeknek és követelményeknek egyre kevésbé fog megfelelni, ezért hosszú távon a rendszer üzemeltetése a jelenlegi formájában nem fenntartható. Alapvető paradigmaváltásra van szükség annak érdekében, hogy a rendszer megfeleljen az új kihívásoknak. A növekvő fogyasztási igény, a sztochasztikus termeléssel rendelkező technológiák elterjedése, valamint az alacsony határfokkal rendelkező villamosenergia-előállítás olyan problémát jelent, amely következtében a rendszer fejlesztése kulcsfontosságú a fenntartható, gazdaságos és minőségi villamosenergia-ellátás megteremtéséhez. A kihívásokra adott válaszokat, **a megoldások összességét foglalja magába a smart grid koncepció**. Az okos hálózat a villamosenergia-rendszer egy olyan komplex fejlesztési iránya, ami a felmerülő problémákból lehetőséget teremt. A rendszer modernizálása egyaránt kiterjed a termelésre, átvitelre, elosztásra és a felhasználásra is. Az új technológiák bevezetésével az ellátás minősége, megbízhatósága és

⁶ Hassan Farhangi: *The Path of the Smart Grid*, 2010.

⁷ A. B. M. Shawkat Ali: *Smart Grids: Opportunities, Developments, and Trends*, 2013.

hatékonysága jelentősen javítható, miközben az üvegházhatásért felelős gázok kibocsátása számottevően csökkenthető.

A fejlesztések eredményeként létrejövő rendszer várhatóan sokkal komplexebb, ugyanakkor jóval rugalmasabb is lesz a ma ismert villamosenergia-rendszerénél. A nemzetközi kutatások és a témával foglalkozó tudományos műhelyek által kitűzött fejlesztési irányok egyértelműen meghatározzák a jövő hálózatának felépítését, annak jellemzőit. Jelen tanulmány során hat olyan főbb összetevő került azonosításra, melyek nélkülözhetetlenek az okos hálózat megvalósítása esetén^{8,9,10,11,12,13}:

1. elosztott energiatermelés;
2. valós idejű megfigyelés;
3. kétirányú kommunikáció;
4. aktív fogyasztók;
5. intelligens eszközök;
6. mikrogrid struktúra.

16. ÁBRA: A SMART GRID KONCEPCIÓ FŐBB KOMPONENSEI



Forrás: Századvég-szerkesztés

⁸ Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, GridWise Alliance: Future of the Grid: Evolving to Meet America's Needs, 2014.

⁹ Mitalkumar G. Kanabar, Iliia Voloh, David McGinn: A Review of Smart Grid Standards for Protection, Control, and Monitoring Applications, 2012.

¹⁰ Kádár Péter: A Smart Grid avagy Smartközelben a hazai hálózat? 2011.

¹¹ Shuva Paul, Md Sajed Rabbani, Ripon Kumar Kundu, Sikdar Mohammad, Raihan Zaman: A Review of Smart Technology (Smart Grid) and Its Features, 2014.

¹³ Maria Carmen Falvo, Luigi Martirano, Danilo Sbordone, Enrico Bocci: Technologies for Smart Grids: a brief review, 2013.

Elosztott energiatermelés

Az okos hálózat létrehozásakor a villamos energia előállítása területén kulcsfontosságú az elosztott energiatermelés fokozatos térnyerése. A hosszú távú előrejelzések alapján a smart grid koncepcióban a villamos energia jelentős hányadát kis teljesítményű, a fogyasztókhoz közel található erőművekben termelik meg. Ezek az energiatermelő egységek szinte kivétel nélkül az elosztóhálózatra csatlakoznak, aminek az egyik legfőbb következménye a kétirányú teljesítményáramlás megjelenése. Ezen túlmenően, az elosztott energiatermelés meghatározó része megújuló energiaforrást alkalmazó technológián alapul, vagyis az okos hálózat megvalósítása együtt jár a megújuló energia részarányának növekedésével. Várhatóan a központi erőművek egy része továbbra is megmarad, ugyanakkor az elosztott energiatermelő egységek aránya folyamatosan emelkedni fog, aminek eredményeként a két termelési stratégia párhuzamosan fog villamos energiát előállítani. Ugyanakkor a megújuló energiaforrást felhasználó technológiákra jelenleg vonatkozó „fit and forget” irányelv már biztosan nem lesz megfelelő a biztonságos és minőségi ellátás fenntartásában. A probléma megoldásában az okos hálózatnak kiemelkedő szerepe lesz, mivel az új és intelligens technológiák alkalmazásával az elosztott energiatermelő egységeket fokozatosan bevonják a villamosenergia-rendszer irányításába.

Valós idejű megfigyelés

A jelenlegi villamosenergia-rendszer egyik lényeges tulajdonsága, hogy a hálózatról csak korlátozott mértékben áll rendelkezésre valós idejű információ. Különösképpen az elosztóhálózatokra jellemző ez a tulajdonság, ami az elosztott energiatermelés térnyerésével egyre nagyobb problémát jelent. Az okos hálózatok fontos alkotóeleme a számtalan érzékelő alkalmazása. A hálózat stratégiai pontjain elhelyezett szenzorok képesek érzékelni a rendszer fontosabb minőségi jellemzőit. A megfigyelhetőség növelésével a hálózat pillanatnyi állapota egyre jobban nyomon követhető, ami kedvezőbb üzemeltetési feltételeket eredményez. A mérési eredmények felhasználásával a fellépő hibák és túlterhelődések előre jelezhetők, ami jelentősen megnöveli a rendszer megbízhatóságát. Valójában a hálózat folyamatos megfigyelése segít jobban kihasználni a már meglévő infrastruktúrát.

Kétirányú kommunikáció

Az elmúlt években lezajlott IT-forradalom eddig csak meglehetősen kis mértékben érintette a villamosenergia-rendszert, azonban a modern kommunikációs technológiákban rejülő lehetőségek kiaknázása kulcsfontosságú a smart grid vízió megvalósításához. A valós idejű, kétirányú kommunikáció lehetőséget teremt az érzékelők által mért adatok továbbításához és felhasználásához. Az okos hálózatban az IT-technológiákon keresztül minden szereplő összeköttetésben áll egymással. A legfontosabb ezek közül, hogy a rendszerirányítók, az elosztói engedélyesek és a fogyasztók közvetlen kapcsolatban állnak egymással, ami elengedhetlen feltétele az eredményes fogyasztói oldali befolyásolás megvalósításának.

Aktív fogyasztók

Napjainkban a villamosenergia-rendszerben lévő fogyasztók szinte kizárólag passzív résztvevőként vehetők figyelembe, mivel szerepük kimerül a villamos energia felhasználásában. Az okos hálózatban ez a megközelítés több szempontból is megváltozik. A fogyasztó oldali befolyásolás fokozatos térnyerésének következtében a fogyasztók a teljesítmény-egyensúly fenntartásának fontos tényezőivé válnak. Ezen túlmenően egyre több fogyasztó rendelkezik majd energiatermelő egységgel, vagyis egyre inkább aktív szereplőként vehetők figyelembe. Ezzel összhangban a nemzetközi terminológiában az eddig használatos „*consumer*” helyett sokkal inkább a „*prosumer*” kifejezés a jellemző. Az okos hálózatban tehát a fogyasztók jelentős hányada saját igényeinek kielégítése érdekében az önellátásra törekszik, és egyre energiatudatosabbá is válik, valamint interaktívabb kapcsolatba kerül a hálózattal.

Intelligens eszközök

Az okos hálózatok egyik alapvető tulajdonsága az intelligens eszközök fokozott alkalmazása. Ezekkel az eszközökkel a hálózat optimalizált, rugalmas és hatékony működése elérhető, ami az infrastruktúra jobb kihasználását eredményezi. Az intelligens eszközök a villamosenergia-rendszer minden területén folyamatosan elterjednek, azonban az alkalmazások közül kiemelkedik a hálózat védelmével kapcsolatos új és okos eszközök megjelenése. Ezek alkalmazásával megvalósítható a hálózat öngyógyító képessége. A folyamatos méréseknek köszönhetően a zárlatok, túláramok, túlfeszültségek és egyéb rendellenességek felismerése, megtalálása és kezelése is automatizálható. Ennek eredményeként a kiesések gyakorisága, időtartama és az érintett fogyasztók száma is jelentősen csökkenthető.

Mikrogrid struktúra

A smart grid koncepció jelentős változásokat hoz a villamosenergia-rendszer felépítésében is. Az aktív fogyasztókkal párhuzamosan a rendszerben megjelennek olyan hálózati részek, melyek szintén az önellátásra törekednek. Az így létrejövő körzetek a villamosenergia-rendszerrel párhuzamosan, azzal szinkron üzemelnek. Ezek az úgynevezett mikrogridek, melyek fontos jellemzője, hogy saját szabályzási rendszerük révén képesek a hálózat többi részétől leválva önellátó módon üzemelni. A mikrogridek lényegében adott termelők és fogyasztók csoportjai, melyek földrajzilag közel találhatók egymáshoz, és a körzeten belüli termelés és fogyasztás egy nagyságrendbe esik. Mikrogrid lehet egy adott város, de akár nagyobb topológiai egység is. Az ilyen rendszerek egyik nagy előnye, hogy hiba esetén a villamosenergia-ellátásban nem keletkezik kiesés. A mikrogridek másik kedvező tulajdonsága, hogy a teljesítményszállítás hálózati veszteségei jelentősen csökkennek, mivel a termelők és a fogyasztók közötti távolság jóval kisebb, mint a jelenlegi villamosenergia-rendszerben.

Az okos hálózatok előnyei

Az okos hálózat a termelőktől egészen a fogyasztókig a villamosenergia-rendszer minden szereplőjének számos előnyös tulajdonságot biztosít, éppen ezért tekintenek rá úgy, mint a jövő hálózatának fejlesztési irányára. Az okos hálózat megvalósítása esetén a villamosenergia-rendszerben a következő kedvező hatások fellépése várható^{14,15,16}:

- A megújuló energiaforrások hálózatba integrálása fokozódik, aminek következtében az üvegházhatásért felelős gázok kibocsátása számottevő mértékben csökken.
- A decentralizált energiatermelés elterjedésének hatására a teljesítmény átvitel során keletkező veszteségek nagymértékben csökkennek.
- A helyben megtermelt villamos energia részaránya növekedik, ezért jelentős átviteli kapacitás szabadul fel, aminek következtében kevesebb távvezeték építése szükséges a növekvő fogyasztási igények kielégítése érdekében.
- Az üzemirányítóknak olyan új eszközök állnak rendelkezésükre, amivel a teljesítményegyensúly biztosítása sokkal rugalmasabban valósítható meg.
- A rendszerterhelés csúcsa csökken, kiegyensúlyozottabbá válik a terhelési görbe, ezért lényegesen kevesebb csúcserőmű szükséges, valamint a biztonságos üzem fenntartása is kevesebb szabályozási tartalékot igényel.
- A villamosenergia-rendszer hatásfoka jelentősen megnő, ugyanis a jelenlegi centralizált struktúrára jellemző 30–35 százalékos érték akár meg is duplázódhat.
- A rendszer zavarokkal szembeni ellenálló képessége nő, a fogyasztók kevesebb kiesésre számíthatnak, valamint a keletkező üzemzavarok elhárítási ideje is számottevően csökken, aminek következtében a villamosenergia-ellátás megbízhatósága is emelkedik.
- Az új technológiáknak köszönhetően a szolgáltatóknak lehetőségük nyílik a villamos energia dinamikus árazására kialakítására, ami egyrészt műszakilag is kedvező, hiszen mérsékli a rendszerterhelés csúcsát, másrészt a fogyasztókat a tudatos energiafelhasználásra ösztönzi.
- A fogyasztók jelentős hányadánál a „fogyasztói tudatosság” nagymértékben megnő. Az új és okos eszközöket felhasználva a fogyasztók képesek megfigyelni és kielemezni fogyasztási szokásaikat, majd ezen alapulva csökkenteni a költségeiket.

¹⁴ Maria Carmen Falvo, Luigi Martirano, Danilo Sbordone, Enrico Bocci: *Technologies for Smart Grids: a brief review*, 2013.

¹⁵ Sophia Kaplantzis, Y. Ahmet Sekercioglu: *Security and Smart Metering*, 2012.

¹⁶ A. Fazeli, E. Christopher, C. M. Johnson, M. Gillott, M. Sumner: *Investigating the Effects of Dynamic Demand Side Management within Intelligent Smart Energy Communities of Future Decentralized Power System*, 2011.

Az okos hálózatok megvalósítása

A smart grid koncepciót először 2003-ban vetette föl Michael T. Burr, aki a villamosenergia-rendszer egy lehetséges fejlesztési irányát mutatta be¹⁷. Azóta nemcsak a tudományos életben vált egyre népszerűbbé a témakör, hanem számos olyan projekt is megvalósult, amelyek egyre inkább az okos hálózat irányába mutatnak. Azonban a smart grid létrehozása nem egy egyszeri esemény, mivel a hálózat átalakítása évtizedeket vesz igénybe. A folyamat már elkezdődött és az előrejelzések alapján 2030-ra már minden felhasználó által is érzékelhető lesz a változás, ugyanakkor az okos hálózat minden funkcióját lefedő fejlesztések várhatóan 2050-ig is eltarthatnak. Az átalakulás tehát folyamatos, ugyanakkor **a korszerűsítések alapját minden esetben egy „forward-looking”, vagyis egy előretekintő fejlesztési tervnek kell képeznie**, ami lehetővé teszi, hogy a már megvalósult korszerűsítések kompatibilisek legyenek a későbbi projektekkel is¹⁸. A létfontosságú fejlesztési terv többféle stratégia mentén is létrehozható, azonban **ajánlott** a „bottom-up” módszer, vagyis **az alulról felfelé történő építkezés megvalósítása**⁷. A villamosenergia-rendszerben ez azt jelenti, hogy – számos okból kifolyólag – **a fejlesztéseket célszerű az elosztóhálózatokon kezdeni**¹⁹:

- A fogyasztók közvetlen kapcsolatban az elosztóhálózattal állnak, ezért az okos hálózatok következtében fellépő előnyöket is ebben az esetben tapasztalhatják meg először.
- Az elosztóhálózatok jelentős részét előregedő infrastruktúra és korlátozott átviteli kapacitás jellemzi, ezért a modernizáció egyre inkább halaszthatatlan ezeken a hálózati részeken.
- Az elosztóhálózatok döntő hányadáról nincs valós idejű információja az elosztói engedélyeseknek. Mivel a meghibásodások és a kiesések 90 százaléka ezen hálózati részeken keletkezik, ezért az üzemzavarok elhárítási ideje is meglehetősen hosszú, hiszen a hibák észlelése és az elhárítása is csak korlátozott mértékben automatizált. Ezen túlmenően a valós idejű információ hiánya következtében az áramlopások észlelése is komoly kihívást jelent az elosztói engedélyeseknek⁶.
- A decentralizált energiatermelés térnyerésének hatására az elosztóhálózatok fokozatosan aktív hálózati részként vehetőek figyelembe. Ahogy az elosztottan termelő és túlnyomóan időjárásfüggő generátorok részaránya növekszik, az elosztóhálózatok szabályozása egyre komplexebb feladattá válik.

¹⁷ Michael T. Burr: *Reliability demands will drive automation investments*, 2003.

¹⁸ Hassan Farhangi: *A Road Map to Integration*, 2014.

⁷ A. B. M. Shawkat Ali: *Smart Grids: Opportunities, Developments, and Trends*, 2013.

¹⁹ Ioannis Lampropoulos, Wil L. Kling, Paulo F. Ribeiro, Jan van den Berg: *History of Demand Side Management and Classification of Demand Response Control Schemes*, 2013.

⁶ Hassan Farhangi: *The Path of the Smart Grid*, 2010.

A smart grid koncepcióban az elosztóhálózatok fejlesztése központi szerepet tölt be. Az elosztóhálózatok aktív, valós idejű szabályozása komoly kihívást jelent, ugyanis ez a szemlélet alapvetően eltér a korábbi gyakorlattól. A szabályozás megvalósításában két olyan kulcsfontosságú módszer használata javasolt, melyekkel a fellépő problémák kezelése hatékonyan megoldható⁵:

1. **fogyasztó oldali befolyásolás;**
2. **energiatárolás.**

Fogyasztó oldali befolyásolás

A fogyasztó oldali befolyásolás (*Demand-side management – DSM*) az 1970-es években indult program, melynek fő célja, hogy a felhasználók a villamosenergia-fogyasztásukat a rendszer szempontjából kedvező időszakokra ütemezzék át. Napjainkban a DSM-módszer fokozatosan kezd előtérbe kerülni, köszönhetően az információs és kommunikációs technológiák robbanásszerű fejlődésének, mely új lehetőségeket teremtett a fogyasztó oldali befolyásolás eredményes alkalmazásában²⁰. Várhatóan a következő évtizedek egyik meghatározó kutatási területe lesz a DSM-stratégiák vizsgálata és továbbfejlesztése, ugyanis a számítások szerint **az energiafelhasználás mintegy 30 százaléka köthető a villamosenergia-rendszer szempontjából kedvezőtlen fogyasztói szokásokhoz**, melynek fő összetevői az elavult, rossz hatásfokú berendezések alkalmazása és a fogyasztási igények csúcsterheléskor történő fokozott fellépése²¹. Ennek megfelelően a fogyasztói profilok módosításában rejlő potenciál műszaki és gazdasági értelemben egyaránt hatalmas, ugyanis a DSM-módszerek alkalmazása jelentősen javítja az energiaforrások felhasználásának hatékonyságát. Ezen túlmenően, a fogyasztó oldali befolyásolás reflektál valamennyi – a tanulmány során azonosított – villamosenergia-rendszert érintő kihívásra²²:

- Csökkenti a villamosenergia-fogyasztás iránti igényeket, ami **számottevően mérsékli az előre jelzett fogyasztásnövekedést.**
- A fogyasztási profilok megváltoztatásával **a megújuló energiaforrásokat alkalmazó technológiák termelése jóval nagyobb mértékben hasznosítható.**
- A rendszerterhelés csúcsát jelentősen csökkenti, melynek következtében **a villamosenergia-rendszer hatásfoka nagymértékben emelkedik.** Számos kísérleti projekt eredménye is alátámasztja ezt, ugyanis a tapasztalatok

⁵ European Photovoltaic Industry Association: *Connecting the Sun: Solar photovoltaics on the road to large-scale grid integration*, 2012.

²⁰ Ioannis Lampropoulos, Wil L. Kling, Paulo F. Ribeiro, Jan van den Berg: *History of Demand Side Management and Classification of Demand Response Control Schemes*, 2013.

²¹ Ruth Mourik: *Behavioural changes are necessary to get the full impact on energy efficiency. What works and what doesn't*, 2015.

²² John S. Vardakas, Nizar Zorba, Member, Christos V. Verikoukis: *A Survey on Demand Response Programs in Smart Grids: Pricing Methods and Optimization Algorithms*, 2015

alapján a projektek területein a terhelési csúcstól átlagosan 15–30 százalékkal sikerült csökkenteni⁴.

A DSM-módszerek alkalmazásának eredményeként kevesebb új alaperőmű, továbbá kevesebb új csúcserőmű építése válik szükségessé, ami gazdaságilag is megalapozza a fogyasztó oldali befolyásolás fokozatos térnyerését. A DSM-technikák elterjedése maga után vonja, hogy a villamosenergia-rendszer üzemeltetésében a fogyasztók aktív szerepet töltenek be az energiafelhasználásuk átütemezésével. Annak érdekében, hogy a fogyasztók részt vegyenek a DSM-programokban, **kulcsfontosságú a fogyasztói motiváltság megteremtése, melynek legfontosabb eszköze a pénzügyi előnyök biztosítása**²³. Ezen előnyök megteremtése alapján két fő DSM-módszer különböztethető meg²⁴:

1. **áralapú (Price-based) fogyasztó oldali befolyásolás;**
2. **ösztönzésalapú (Incentive-based) fogyasztó oldali befolyásolás.**

Áralapú fogyasztó oldali befolyásolás

Az áralapú DSM-módszerek közös jellemzője, hogy a fogyasztói szokások megváltoztatásának eszköze a villamos energia ára. A megfelelő tarifális rendszer kialakítása nélkülözhetetlen a fogyasztó oldali befolyásolás eredményes alkalmazásában. Az ideálisnak tekinthető villamosenergia-árstruktúra egy olyan „win-win” szituációt teremt meg rendszerüzemeltetési és fogyasztói szempontból is, amely:

- elősegíti a rendszerterhelési csúcs mérséklését, ezáltal számottevően csökkenti a villamos energia előállításával, átvitelével és elosztásával kapcsolatos költségeket;
- lehetőséget biztosít a tudatos fogyasztóknak villamosenergia-költségeik csökkentésére.

Az áralapú fogyasztói befolyásolás legfőbb feladata ennek az optimumnak a megtalálása. A különböző tarifális rendszerek is ezt szem előtt tartva alakultak ki, fejlődtek tovább. Az árképzési módszerek négy fő csoportba oszthatóak^{25,26,27}:

1. átalányalapú elszámolás (Flat-rate Pricing – FrP);
2. csúcs- és völgyidőszak megkülönböztetése (Time-of-Use – ToU);

⁴ International Energy Agency: Technology Roadmap, Smart Grids, 2011.

²³ Matti Mononen, Jukka Saarenpää, Mikko Kolehmainen, Harri Niska, Antti Rautiainen: *Monetary impact of dynamic pricing and demand response on households: the winners and losers*, 2015.

²⁴ Pierluigi Siano: *Demand response and smart grids—A survey*, 2013.

²⁵ Ahmad Zahedi: *Proposing a Smart Electricity Pricing Model for Future Smart Grid*, 2014.

²⁶ Peter Fox-Penner: *Smart Power: Climate Change, the Smart Grid, and the Future of Electric Utilities*, 2010.

²⁷ John S. Vardakas, Nizar Zorba, Christos V. Verikoukis: *A Survey on Demand Response Programs in Smart Grids: Pricing Methods and Optimization Algorithms*, 2015.

3. a kritikus csúcsidőszak magas árazása (Critical Peak Pricing – CPP);
4. valós idejű árazás (Real Time Pricing – RTP).

Átalányalapú elszámolás

Az FrP-árazási módszer tekinthető a hagyományos villamosenergia-tarifának. Az átalányalapú elszámolás lényege, hogy a felhasznált villamos energia ára az év bármely órájában megegyező. Az FrP-tarifa alkalmazása esetén a fogyasztó egyetlen lehetősége költségeinek csökkentésére, ha kevesebb villamos energiát használ fel. Az átalányalapú elszámolás hátránya, hogy nem veszi figyelembe a villamos energia előállításának költségeit, ami folyamatosan változik, akár negyedórás felbontásban is.

Csúcs- és völgyidőszak megkülönböztetése

Az átalányalapú elszámolással ellentétben a ToU-tarifa már reflektál a villamos energia termelési költségeire, ugyanis mindig egy előre definiált formában változik a villamos energia ára. A ToU-árazási módszer jellemzően egy drágább csúcs- és egy olcsóbb völgyidőszakból épül fel. A két blokk közti árkülönbség szinte minden esetben kisebb, mint a valós termelési költségek közötti eltérés. Fogyasztói szempontból előnyös, hogy a ToU-tarifát könnyű megérteni, és determináltsága miatt kiszámítható is. Ami viszont a fogyasztó nézőpontjából a ToU-módszer kedvező tulajdonsága, az rendszerirányítási szempontból kevésbé előnyös, mivel a ToU-tarifa csak korlátozott mértékben veszi figyelembe a termeléssel kapcsolatos költségeket.

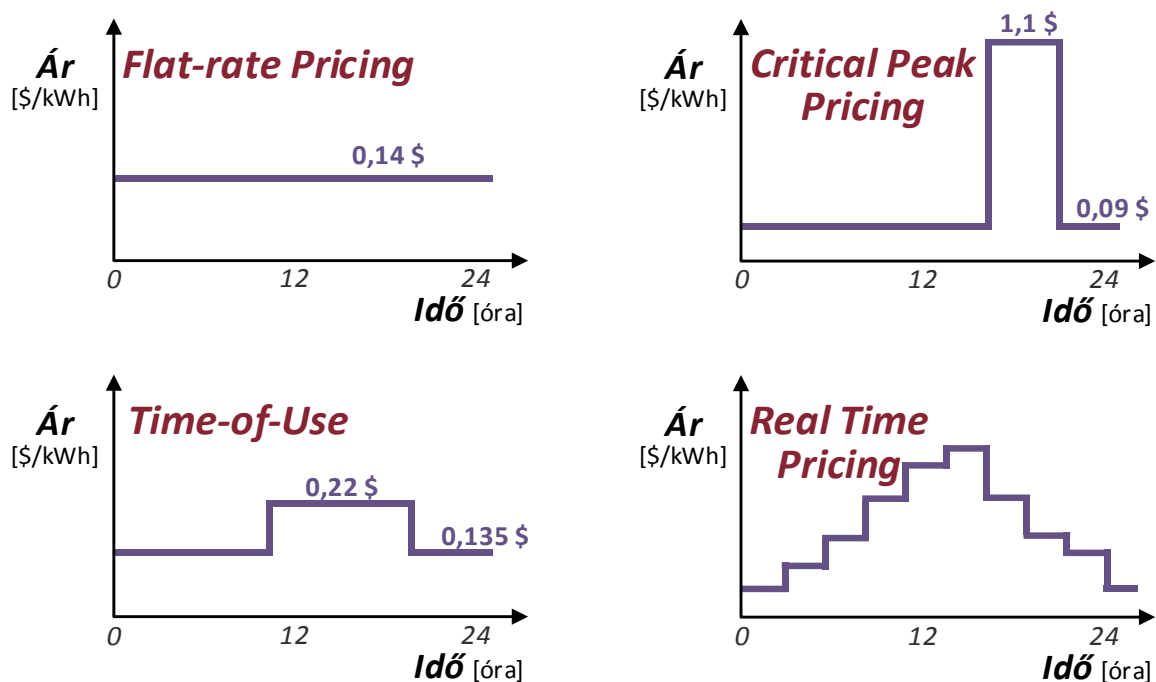
A kritikus csúcsidőszak magas árazása

A CPP-tarifa hasonló a ToU-módszerhez, azonban a csúcs- és a völgyidőszak közti árkülönbség jóval nagyobb. A CPP-árképzés már dinamikus tarifának tekinthető, mivel a módszer figyelembe veszi a villamosenergia-rendszer pillanatnyi állapotát. A CPP-tarifa lényege, hogy a rendszerirányító egy nappal a prognosztizált kritikus csúcsidőszak fellépése előtt értesíti a fogyasztókat arról, hogy pontosan melyik időintervallumban lesz nagyon magas a villamos energia ára. A CPP-tarifa biztosít egyfajta rugalmasságot a rendszerirányítónak, ugyanakkor a kritikus árazási alkalmak száma éves viszonylatban korlátozott a fogyasztók érdekének védelmében.

Valós idejű árazás

A villamos energia valós idejű árazása illik leginkább a smart grid koncepcióba, mivel az RTP-tarifa közvetlenül figyelembe veszi a villamosenergia-előállítás költségeit. A CPP-tarifához hasonlóan a valós idejű árazás esetén is a rendszerirányító egy nappal korábban értesíti a fogyasztókat a másnapi villamosenergia-árakról, melyek jellemzően órás felbontásban eltérőek. Az RTP-módszer fő előnye, hogy a villamosenergia-árak megállapításának alapja az előre jelzett rendszerterhelési érték, ezért a valós idejű árazás nagyon pontosan közelíti a nagykereskedelmi árak alakulását.

17. ÁBRA: A VILLAMOS ENERGIA FŐBB ÁRKÉPZÉSI MÓDSZEREI



Forrás: Peter Fox-Penner: *Smart Power: Climate Change, the Smart Grid, and the Future of Electric Utilities*

Ösztönzésalapú fogyasztó oldali befolyásolás

Az ösztönzésalapú fogyasztó oldali befolyásolás lényege, hogy a programban részt vevő fogyasztók jutalomban részesülnek abban az esetben, ha bizonyos időszakokban csökken villamosenergia-felhasználásuk mértéke. A legnépszerűbb ösztönzésalapú DSM-módszer a DLC (*Direct Load Control*), melynek keretei között a rendszerirányító vagy az elosztói engedélyes távolról vezérelheti a fogyasztói berendezések egy részét. A DLC-stratégiát már több mint 30 éve alkalmazzák, azonban a smart grid koncepció olyan új lehetőségeket teremtett, aminek következtében a DLC-módszer egyre inkább kezd népszerűvé válni²⁸. A legnagyobb potenciál egyértelműen a lakossági fogyasztók körében figyelhető meg, köszönhetően az okoshálózatok fokozatos térnyerésének²⁹. A háztartások fogyasztásainak egy meghatározó része olyan készülékekhez köthető, melyek használatának átütemezése vagy rövid idejű megszakítása kevésbé zavarja a fogyasztói komfortérzetet. Vízmelegítő, mosógép, mosogatógép, fűtés, szárítógép, hűtőberendezés vagy fagyasztó egyaránt bevonható a DLC-programokba. Ezeket a készülékeket a rendszerirányító vagy az elosztói engedélyes távolról kikapcsolhatja tipikusan kiugró csúcsterhelés fellépésekor, de erőművi kiesés vagy egyéb meghibásodások esetén is. Ezen alkalmak időtartama egy évben általában

²⁸ Mohammad Rastegar, Mahmud Fotuhi-Firuzabad, Moein Moeini-Aghtaie: *Improving Direct Load Control Implementation by an Initiative Load Control Method*, 2013.

²⁹ Saurav MS Basnet, Ward Jewell, Haneen Aburub: *Effects of Direct Load Control and Residential PV System on Demand Response and its Cost Benefit Analysis*, 2015.

40 és 100 óra között alakul, tehát a fogyasztók zavarása az idő csak kis hányadára jellemző²⁴. Ugyanakkor ez a kismértékű beavatkozás is kedvező hatásokat biztosíthat, hiszen a csúcsterhelés csökkentése a műszaki előnyökön túl hatalmas gazdasági potenciállal is rendelkezik. A fogyasztói berendezések távolról történő vezérlésének alapfeltétele a fogyasztók aktív részvétele a DLC-programokban. Az ehhez szükséges ösztönzés megteremtése történhet kedvezményes villamosenergia-árral vagy beavatkozásokénti jutalom biztosításával. Azonban a módszer eredményes alkalmazása megköveteli, hogy abban az esetben, ha a fogyasztók nem tesznek eleget szerződéses kötelezettségeiknek, akkor pénzbüntetésben részesüljenek³⁰.

Az áralapú és az ösztönzésalapú fogyasztói befolyásolás megvalósításához szükséges egy olyan infrastruktúra kialakítása, aminek segítségével a fogyasztók tájékozódhatnak a villamosenergia-árak alakulásáról, valamint a rendszerirányító képes lehet távolról vezérelni a fogyasztói berendezéseket. Ezt az infrastruktúrát foglalja magába az AMI (*Advanced Metering Infrastructure*)-rendszer, ami tökéletesen beleillik az okoshálózat koncepciójába.

AMI-rendszer

Az AMI-rendszer sokféle technológia integrációján alapul, melyek számos funkciót képesek biztosítani mind rendszerirányítói, mind fogyasztói szempontból. Ezek a funkciók nagyon jól lefedik az okoshálózat főbb tulajdonságait, ezért is tekinthető az AMI-rendszer a smart grid realizálás első lépcsőfokának³¹. A rendszer képes mérni, összegyűjteni és elemezni a villamosenergia-fogyasztással kapcsolatos információkat, melyeket aztán továbbít a rendszerirányítónak vagy az elosztói engedélyesnek. Ezen funkciók biztosítják a fogyasztó oldali befolyásolás hatékonyságának jelentős növelését. Az AMI-rendszer felépítése is ennek érdekében fejlődött ki. A rendszer főbb komponensei³²:

- Otthoni hálózat (*Home Area Network – HAN*), ami tartalmazza az okos mérőórát, a vezérelhető fogyasztói berendezéseket és az azokhoz szükséges szabályzót.
- Villamos hálózaton lévő szabályzó (*Feeder Level Controller*), mely több fogyasztót kezel egységesen. A leggyakrabban egy kisméretű transzformátor ellátási körzetben lévő otthoni hálózatokat fog össze.
- Központi adatkezelő rendszer (*Data Management Center*), ami az okos mérő által mért adatokat tárolja és dolgozza fel. Ezen információk felhasználásával a

²⁴ Pierluigi Siano: *Demand response and smart grids—A survey*, 2013.

³⁰ Qin Zhang, Juan Li: *Demand Response in Electricity Markets: A Review*, 2012.

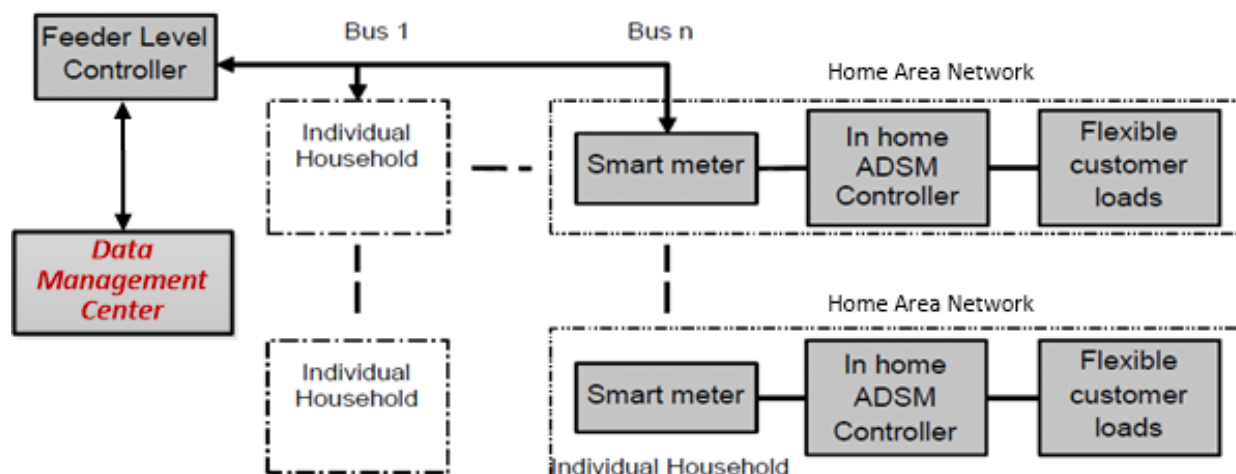
³¹ Huibin Sui, Ying Sun, Wei-Jen Lee: *A Demand Side Management Model Based on Advanced Metering Infrastructure*, 2011.

³² Zhang Luhua, Yi Zhonglin, Wang Sitong, Yuan Ruiming, Zhou Hui, Yin Qingduo: *Effects of Advanced Metering Infrastructure (AMI) on Relations of Power Supply and Application in Smart Grid*, 2010.

fogyasztási értékek és a hálózat állapota nyomon követhető, amely a dinamikus tarifák alkalmazásának alapfeltétele.

- Integrált kommunikációs infrastruktúra, ami lehetővé teszi a kétirányú információáramlást az otthoni hálózat és a villamos hálózaton lévő szabályzó, valamint a hálózati szabályzó és az adatkezelő központ között.

18. ÁBRA: AZ AMI-RENDSZER BLOKKVÁZLATA



Forrás: Gobind G. Pillai, Ghanim A. Putrus, Nicola M. Pearsall: *The Potential of Demand Side Management to Facilitate PV Penetration*

Az AMI-rendszer egyik nagy előnye, hogy a forward-looking, vagyis az előretékintő megvalósítási stratégiába kiválóan illeszkedik⁷. Ennek következtében az elosztóhálózat modernizálásának kulcsfontosságú összetevője az AMI. A rendszer legfontosabb eleme az okos mérőóra, ami egyre több helyen váltja fel a közel 100 éve változatlan elveken működő elektromechanikus fogyasztásmérőt. Az okos mérés fokozatos elterjedése az általa biztosított széles körű funkcióknak köszönhető³³:

- villamosenergia-fogyasztás mérése;
- pillanatnyi fogyasztás kijelzése;
- kétirányú kommunikáció biztosítása az adatközponttal;
- mért fogyasztási értékek távleolvasása;
- villamos energia pillanatnyi árának megjelenítése;
- csatlakozási ponton a villamos energia minőségi jellemzőinek monitorozása;
- fogyasztók távoli ki- vagy bekapcsolása.

⁷ A. B. M. Shawkat Ali: *Smart Grids: Opportunities, Developments, and Trends*, 2013.

³³ Dammina Alahakoon, Xinghuo Yu: *Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey*, 2015.

Az okos mérő funkciói számos lehetőséget nyújthatnak a fogyasztóknak^{34,35}:

- képesek lehetnek a villamosenergia-felhasználásuk, valamint annak pillanatnyi árának nyomon követésére;
- a fogyasztási adataik alapján felismerhetik, hogy mikor és mennyi energiát használnak fel feleslegesen;
- saját szokásaik megismerése által mérsékelhetik fogyasztásukat, ezáltal jelentős megtakarítást érhetnek el;
- a mérő leolvasásánál nem kell otthon tartózkodniuk.

Rendszerirányítási szempontból az okos mérés funkciói az alábbi lehetőségeket biztosíthatják:

- az elosztóhálózatok állapota és a villamos energia minőségi jellemzőinek valós idejű megfigyelése következtében feszültségproblémák, túlterhelések, kiesések és egyéb meghibásodások azonnali észlelése;
- az okos mérővel rendelkező fogyasztók esetén kedvezőbb terhelési profilra számíthatnak, ami összességében simább terhelési görbét eredményezhet;
- az áramlopások gyors felismerése.

Az AMI-rendszer és azon belül a kiemelt jelentőséggel bíró okos mérés alkalmazásának legnagyobb előnye, hogy a fogyasztók egyre inkább aktív, meghatározó szereplőkké válnak a villamosenergia-rendszerben. A tudatos fogyasztói magatartás számottevően mérsékelheti a rendszerterhelés csúcsát, ami alacsonyabb villamosenergia-árakat eredményezhet nem csak az okos mérővel rendelkező, hanem az összes fogyasztónak is egyaránt.

Energiatárolás

A villamosenergia-rendszer üzemét alapvetően meghatározza, hogy a villamos energia váltakozó áram formájában nem tárolható. Ennek a legfontosabb következménye, hogy a termelésnek folyamatosan követnie kell a fogyasztói igényeket. Az üzemirányítás szempontjából a teljesítmény-egyensúly biztosítása jelenleg az egyik prioritás, melyet csúcserőművekkel és szabályozási tartalékokkal valósítanak meg. Az időjárásfüggő, sztochasztikus termeléssel rendelkező megújuló energiaforrást alkalmazó technológiák térnyerése egyre nehezebbé teszi ezt a feladatot, ezért új megoldásokra van szükség a

³⁴ Ioana Opris, Sorina Costinas, Cristina Ionescu, Daniela Nistoran: *The Household Energy Consumer in a Smart Metering Environment*, 2015.

³⁵ V. S. K. Murthy Balijepalli, Vedanta Pradhan, S. A. Khaparde Senior, R. M. Shereef: *Review of Demand Response under Smart Grid Paradigm*, 2011.

biztonságos és megfelelő minőségű villamosenergia-ellátás fenntartásában. A termelésben jelentkező változékonyság hatásainak csökkentéséhez a rendszert üzemeltetőknek nagyobb mértékű rugalmasságra lesz szükségük. A flexibilitás növelésében várhatóan meghatározó szerepet fog betölteni az energiatárolás fokozott alkalmazása. Ennek megfelelően az Egyesült Államok a következő 15 év legnagyobb műszaki kihívásaként definiálta a költséghatékony energiatárolási technológiák kifejlesztését⁸. Az Európai Unió is hasonlóképpen fogalmazott, ugyanis az alacsony szén-dioxid-kibocsátású európai villamosenergia-rendszer megteremtéséhez is kulcsfontosságú az energiatárolás nagyobb mértékű alkalmazása³⁶. Az Egyesült Államok rendszerében a jelenlegi beépített erőművi teljesítmény csupán 2,3 százaléka az energiatárolási kapacitás, míg az Európai Unió esetében ugyanez a mutató 5 százalék. Látható tehát, hogy a fejlett villamosenergia-rendszerrel rendelkező térségek is meglehetősen korlátozott tárolási kapacitással rendelkeznek, aminek növelése nélkülözhetetlen a dekarbonizációs törekvések realizálásához. A prognózisok alapján 2050-re a világon lévő összes energiatárolási kapacitás szükséges szintje 305 GW lesz, ami több mint háromszorosa a jelenlegi értéknek³⁷.

A villamos energia konvertálása azt a folyamatot foglalja magába, melyben a hálózathoz felvett váltakozó áramú villamos energiát más formában tárolják el. Ez a közbenső energiatárolási forma (*Energy Storage Medium – ESM*) lehet kémiai, mágneses, elektromos, termikus vagy mechanikai. A közbenső energiát korlátozott ideig tárolják el, majd ezután történik a visszaalakítása váltakozó áramú villamos energiává annak érdekében, hogy a villamosenergia-rendszer szempontjából egy kedvezőbb időszakban kerüljön felhasználásra. Az energiaátalakítás egyik legfontosabb jellemzője a körfolyamat hatásfoka, ugyanis a konvertálás (η %) és a tárolás során is veszteség keletkezik, melynek következtében csökken az energiatárolóból kinyerhető energia. Ezek a veszteségek elkerülhetetlenek, azonban az esetek többségében legalább 80 százalékos hatásfokkal vehető figyelembe a tárolási körfolyamat, ami jóval magasabb, mint a villamosenergia-rendszer egyéb területeire jellemző hatásfokértékek³⁸.

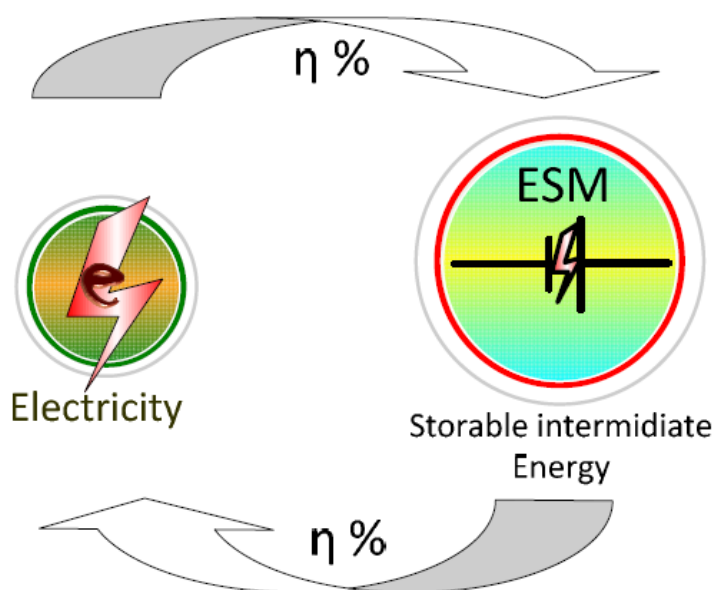
⁸ Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, GridWise Alliance: *Future of the Grid: Evolving to Meet America's Needs*, 2014.

³⁶ European Commission: *The future role and challenges of Energy Storage*, 2013.

³⁷ International Energy Agency: *Prospects for Large-Scale Energy Storage in Decarbonised Power Grids*, 2009.

³⁸ P. Medina, A. W. Bizuayehu, J. P. S. Catalão, E. M. G. Rodrigues, J. Contreras: *Electrical Energy Storage Systems: Technologies' State-of-the-Art, Techno-Economic Benefits and Applications Analysis*, 2014.

19. ÁBRA: AZ ENERGIATÁROLÁS KÖRFOLYAMATÁNAK ELVI SÉMÁJA



Forrás: P. Medina, A. W. Bizuayehu, J. P. S. Catalão, E. M. G. Rodrigues, J. Contreras: Electrical Energy Storage Systems: Technologies' State-of-the-Art, Techno-Economic Benefits and Applications Analysis

Az energiatárolás várható elterjedésének háttérében annak sokszínűsége áll, mivel a villamosenergia-rendszer szinte összes területén eredményesen alkalmazhatók a különféle tárolási technológiák. A lehetséges ellátandó feladatok széles tartományt fednek le, melyekben az energiatárolás jelentős kedvező tulajdonságokat biztosíthat. Éppen ezért tekinthető a smart grid koncepció központi elemének az energiatárolás fokozott felhasználása, amivel biztonságosabb és magasabb színvonalú villamosenergia-ellátás érhető el. A lehetséges alkalmazási területek, melyek optimalizálásában az energiatárolás nagy potenciállal rendelkezik^{39,40}:

- átviteli hálózati torlódások csökkentése (*Transmission Congestion Relief*);
- frekvencia szabályozása (*Frequency Control*);
- feszültség szabályozása (*Voltage Control*);
- csúcsterhelés mérséklése (*Peak Shaving*);
- terhelés követése (*Load Following*);
- termelés kisimítása (*Generation Smoothing*);
- termelés átütemezése (*Generation Shifting*);

³⁹ Scott O. Geurin, Arthur K. Barnes, Juan Carlos Balda: *Smart Grid Applications of Selected Energy Storage Technologies*, 2011.

⁴⁰ Bradford P. Roberts, Chet Sandberg: *The Role of Energy Storage in Development of Smart Grids*, 2011.

Átviteli hálózati torlódások csökkentése

Az előre jelzett fogyasztási és csúcsfogyasztási növekedés hatására az átviteli hálózat szűk keresztmetszetein jelentős torlódások keletkezhetnek, melyek kezelése nélkülözhetetlen a biztonságos villamosenergia-ellátás fenntartásában. A fokozódó terhelések hatására új távvezetékek, transzformátorok és alállomások építése válik szükségessé. Ennek elkerülésére jelenthet megoldást az energiatárolás alkalmazása, mely segít csökkenteni az átviteli hálózaton keletkező torlódások mértékét, aminek következtében a beruházások elhalaszthatóak. A torlódások mérsékléséhez az energiatárolóval szemben támasztott követelmény a nagy kapacitás és a hosszú kisütési idő megléte.

Frekvencia szabályozása

A villamosenergia-rendszerben a frekvencia szabályozása többszintű művelet, melyben részt vesznek a szinkron generátorok a forgó tömegük által, valamint a primer, szekunder és terciér szabályzásért felelős forgó tartalékok vagy gyors indítású erőművek. Az energiatároló egységek gyors töltésükkel vagy kisütésükkel képesek részt venni a frekvencia szabályozásában, akár 40 százalékkal kevesebb energiát felhasználva, mint a fosszilis tüzelőanyagokon alapuló tartalék erőművek⁴⁰. Az alkalmazandó tárolási technológiától megkövetelt a kis reakcióidő és a nagy teljesítmény, amivel a gyors töltés–kisütés ciklusok megvalósíthatók.

Feszültség szabályozása

A feszültség nagyságának a hálózat minden egyes részén a névleges érték körül kell egy előre definiált sávban lennie. Energiatárolással a feszültség szabályozása hatékonyan megvalósítható, mivel a töltés–kisütés ciklusokkal a hálózati feszültség nagysága befolyásolható. Alacsony feszültség esetén az energiatároló töltődik, míg magas feszültség esetén visszatáplál a hálózatba. Ehhez szükséges, hogy a tároló gyors reakcióképességgel rendelkezzen, valamint a tárolt energia bármikor hozzáférhető legyen.

Csúcsterhelés mérséklése

Az energiatárolás egyik legfontosabb alkalmazási területe a csúcsterhelés csökkentése, ami egyben a legnagyobb gazdasági potenciállal is rendelkezik. A módszer lényege, hogy a tároló az alacsony fogyasztási időszakban (völgyidőszak) töltődik, vagyis fogyasztóként lép fel a villamosenergia-rendszerben, míg magas terheléskor (csúcsidőszak) kisüti a tárolt energiát, azaz termelőként funkcionál. Ennek eredményeként a rendszerterhelési görbe kisimul, ami sokkal kedvezőbb üzemet biztosít, valamint kiegyenlítettebb villamosenergia-árakat is eredményez. A módszer eredményes alkalmazásához szükséges, hogy az energiatároló hosszú kisütési idővel és jelentős kapacitással rendelkezzen.

⁴⁰ Bradford P. Roberts, Chet Sandberg: *The Role of Energy Storage in Development of Smart Grids*, 2011.

Terhelés követése

A folyamatosan változó fogyasztói igények kielégítésében is meghatározó szerepet tölthet be az energiatárolás alkalmazása. A terhelések ingadozásával párhuzamosan az energiatároló növelheti vagy csökkentheti a hálózatba betáplált energiát, amivel ez a fajta fluktuáció mérsékelhető. A terhelés követéséhez gyors reagálású energiatároló szükséges.

Termelés kisimítása

A változékony, sztochasztikus termelésű generátorok elterjedésének következtében a termelés kisimítása egyre fontosabb alkalmazási területté válik. A gyors felhőátvonulások vagy a szélesség drasztikus megváltozása esetén a napelemek és a szélérőművek villamosenergia-előállítása is követi ezeket az ingadozásokat. Gyors reakcióidejű energiatárolóval ezek a változások kompenzálhatók, aminek eredményeként a nap- és szélenergia-felhasználás sztochasztikus jellege kevésbé fog érvényesülni.

Termelés átütemezése

Az időjárásfüggő, megújuló energiaforrást felhasználó technológiák fokozatos térnyerésének fontos jellemzője, hogy azok termelése és a fogyasztási igények számottevő időbeli eltérést mutathatnak. Energiatárolóval ez az időbeli differencia áthidalható, ezáltal a megújuló energiaforrások felhasználása jelentősen növelhető. A termelés átütemezése megköveteli az energiatárolótól a hosszú, olykor többórás kisütési időt, valamint a viszonylag nagy kapacitás meglétét.

A megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásának segítése

Az energiatárolás széles körű alkalmazási területeinek eredményeként szinte minden tárolási technológiához található jól illeszkedő feladat, azonban minden területet lefedő technológia jelenleg nem létezik. Az alkalmazások két alapvető típusát a nagy kapacitást, illetve a nagy teljesítményt igénylő feladatok alkotják⁴¹. A két csoport eltérő követelményeket támaszt a tárolási technológiával szemben, azonban mind a kapacitás, mind pedig a teljesítmény jellegű alkalmazások hasznosíthatók a megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásakor.

Az energiatárolás változatos képességei, alkalmazási területei biztosítják az egyik legfontosabb előnyüket, miszerint a tárolási kapacitás növelésével a megújuló energiaforráson alapuló technológiák jóval nagyobb mértékben integrálhatók a villamosenergia-rendszerbe. Mind a napelemek, mind a szélérőművek esetén a változékony termelés és a fogyasztás közötti kritikus összeköttetést az energiatárolás jelenti. Erre a kapcsolatra várhatóan egyre nagyobb mértékben lesz szükség, ugyanis az előrejelzések alapján 2030-ra a világon lévő összes szélérőmű 1635 GW-tal, illetve a napelemes kapacitás 1250 GW-tal vehető majd figyelembe. A 2013-as értékekhez viszonyítva a szélérőművi beépített összteljesítmény az ötszörösére, míg a napelemek teljesítménye a kilencszeresére

⁴¹ Divényi Dániel, Farkas Csaba, Hartmann Bálint, Vokony István: *Nagyvárosok és haditechnika – kritikus infrastruktúrák energiaellátása*, 2013.

növekszik⁴². Ennek következtében az energiatárolás a következő évtizedek egyik kulcsfontosságú eszköze lesz a villamosenergia-rendszer fejlesztésében. Azonban a szélerőművek és a napelemek esetén különböző tárolási stratégia és technológia szükséges, ami egyben eltérő megközelítést is igényel.

Szélerőművek rendszerbe integrálása

A szélerőművek villamosenergia-termelését alapvetően határozza meg a rendelkezésre álló erőforrás sztochasztikus jellege. A szélesebbég alakulását nehéz előre jelezni, valamint régióként is jelentős eltéréseket mutathat, ami tovább növeli a változékonyságot. A szélerőművek fontos jellemzője, hogy az esetek többségében legalább 2–3 MW-os egységekből állnak, és ezek közösen csatlakoznak a hálózat nagyfeszültségű pontjaira, többnyire az átviteli hálózatra. **A szélenergia nagymértékű integrációja által okozott legnagyobb probléma a termelés változékonyságából ered, aminek következtében a termelés és a fogyasztás egyensúlya egyre nehezebben tartható fenn.** A teljesítmény-egyensúly biztosítása nagyobb mennyiségű szabályozási tartalék rendszerben tartását igényli. Amennyiben a teljes erőművi kapacitás 10 százalékát teszik ki a szélerőművek, a szabályozási tartalékok nagysága a szélerőművi kapacitás 1–15 százaléka kell, hogy legyen, míg 20 százalék esetén ez az érték már 4–18 százalék⁴³. A villamosenergia-rendszer rugalmassága tehát kulcsfontosságú a szélenergia felhasználása területén. Ezt a flexibilitást teremtheti meg az energiatárolás alkalmazása. Mivel a szélerőművek hálózati hatásai is rendszerszinten jelentkeznek, ezért azok mérséklése is rendszerszintű beavatkozást igényel. Erre jelenthet kézenfekvő megoldást a szivattyús-tározós erőmű, ami a legismertebb és egyben a legelterjedtebb tárolási technológia, ugyanis a világ összesített energiatárolási kapacitásának a 99 százalékát adja. A szivattyús-tározós erőművek főbb tulajdonságai:

- a kapacitásuk jellemzően 500 MWh és 15 GWh közötti;
- viszonylag magas, 75–85 százalék közötti a hatásfokuk;
- gyors reagálásúak, valamint a felterhelési idejük 10–20 másodperces;
- hosszú, 40–50 éves élettartamúak;
- mivel évtizedek óta alkalmazzák a villamosenergia-rendszerben, ezért a rendszerirányítók jelentős üzemeltetési tapasztalattal rendelkeznek.

A szivattyús-tározós erőművek ezen jellemzőinek következtében rendszerszintű feladatok ellátására is alkalmasak, valamint a gyors terhelésváltoztatási képességük révén **hatékony megoldást nyújthatnak a szélerőművek menetrendi hibáinak csökkentésére, aminek hatására a szélerőművi villamosenergia-termelés kiszámíthatóbbá válik.** A szivattyús-tározós erőművek megvalósításának hátránya a létesítésre alkalmas helyszínek korlátozott

⁴² International Renewable Energy Agency: *Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook*, 2015.

⁴³ Hartmann Bálint: *Szélerőművek integrálása a villamosenergia-rendszerbe*, 2012.

rendelkezésre állása, ugyanis a nagy kapacitáshoz nagy víztározó vagy jókora szintkülönbség szükséges. Ugyanakkor a szivattyús-tározós energiatárolás alkalmazása esetén a szélerőművek rendszerbe integrálásán túl további fontos előnyt jelent, hogy a rendszerterhelés csúcsa és minimuma közötti távolság csökkenthető, ami kiegyenlítettebb üzemet eredményez.

Napelemek rendszerbe integrálása

A szélerőművekkel ellentétben a napelemek az esetek túlnyomó többségében az elosztóhálózatra csatlakoznak, valamint jóval kisebb teljesítménnyel vehetők figyelembe. A decentralizáltabb jelleg miatt a napelemek rendszerbe integrálása eltérő megközelítést és azzal együtt más energiatárolási technológiát követel meg. Széles körű egyetértés figyelhető meg a fejlesztési irányokban, miszerint a különböző akkumulátorok eredményesen alkalmazhatók a napelemek esetében. A szivattyús-tározós erőművel ellentétben az akkumulátorok teljes mértékben új technológiának tekinthetők a villamosenergia-rendszerben, azonban óriási potenciállal rendelkeznek, köszönhetően a kedvező tulajdonságaiknak: gyors reakcióidő, mobilitás, rugalmasság, valamint az egymástól közel függetlenül megválasztható teljesítmény és kapacitás. A jellemző teljesítmény- és kapacitásértékek rendre a 2 kW–50 MW és az 5 kWh–1 MWh tartományokat fedik le, ami kifejezetten jól illeszkedik a napelemes energiatermeléshez. A villamosenergia-rendszerben két eltérő stratégia mentén alkalmazhatók az akkumulátoros technológiák a napelemek rendszerbe integrálása esetén⁴⁴:

1. decentralizált energiatárolás az elosztóhálózat üzemirányításához (*Decentralised Energy Storage for Grid Management*);
2. fogyasztói energiatárolás az energiamenedzsment-feladatokhoz (*Energy Management in Homes and Buildings*).

Decentralizált energiatárolás az elosztóhálózat üzemirányításához

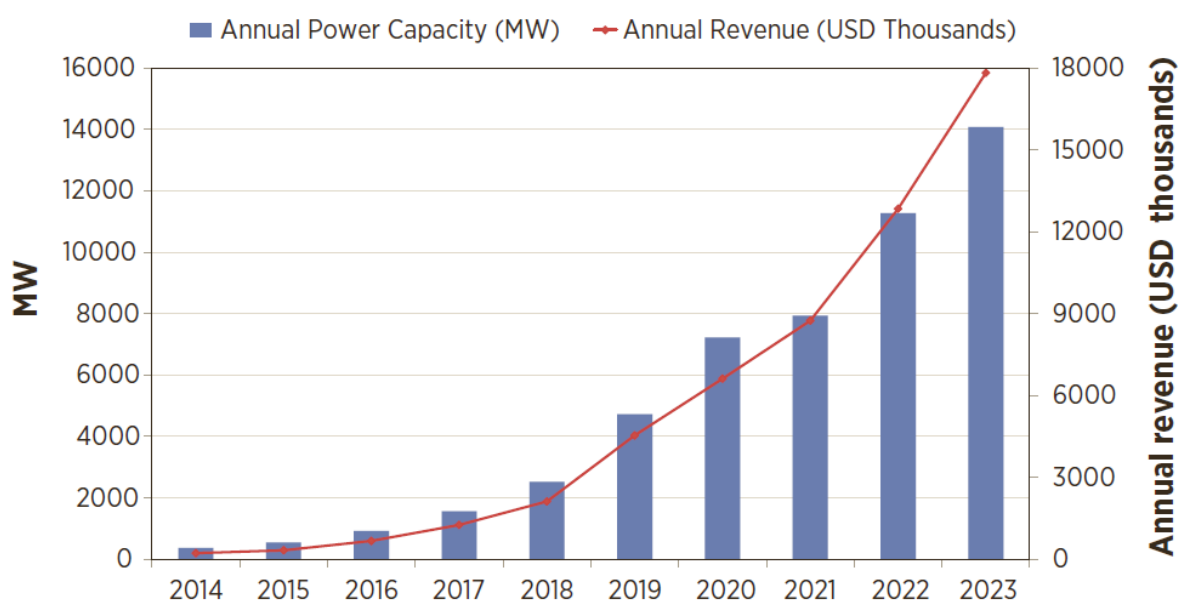
Az elosztott energiatárolás alkalmazása kulcsfontosságú terület az okos hálózatok kialakításakor, ugyanis az elosztóhálózaton egyre nagyobb mértékben figyelhető meg a napelemek elterjedése. Ennek az egyik legfontosabb következménye, hogy az elosztóhálózat vezetékein kétirányú teljesítményáramlás lép fel, ami aktív szabályzást követel meg az elosztói engedélyesektől. Kézenfekvő megoldást jelenthet az akkumulátorok fokozott hálózatra telepítése, amivel a feszültség- és a frekvenciaszabályozás egyaránt hatékonyan megoldható. A hálózat stratégiai pontjain elhelyezett akkumulátorok jelentősen javíthatják az ellátás színvonalát és csökkenthetik a hálózati veszteségeket. Az akkumulátoros energiatárolási technológiák alkalmazásával az elosztói engedélyesek csökkenthetik a

⁴⁴ Eurobat: Battery Energy Storage for Smart Grid Applications, 2013.

napelemek által okozott kedvezőtlen hálózati hatásokat, aminek következtében a napelemek jóval nagyobb mértékben csatlakoztathatók az elosztóhálózatra.

Az előrejelzések is alátámasztják az akkumulátoros tárolási technológiák várható elterjedését, ugyanis a 2014-es 360 MW-os értékhez képest 2023-ra már 14 GW teljesítménnyel vehetők figyelembe a világon az akkumulátorok. Ez közel 40-szeres növekedést jelent, ugyanakkor nem tartalmazza a fogyasztói akkumulátoros energiatárolást, ami várhatóan még dinamikusabb térnyerésen megy majd keresztül.

20. ÁBRA: AZ AKKUMULÁTOROS ENERGIATÁROLÁS ELTERJEDÉSÉNEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA A VILÁGON 2014 ÉS 2023 KÖZÖTT



Forrás: International Renewable Energy Agency: Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook

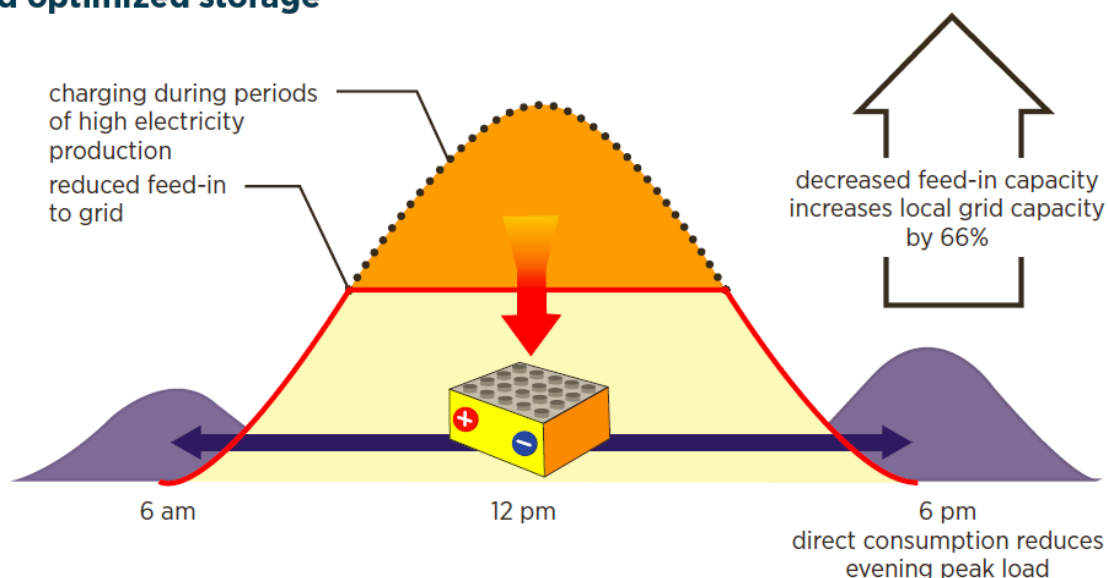
Fogyasztói energiatárolás az energiamenedzsment-feladatokhoz

Az esetek túlnyomó többségében a napelemes termelés maximuma 2–3 órával megelőzi a fogyasztók csúcsterhelését, aminek következtében a fel nem használt napelemes teljesítmény visszaáramló energiát okozhat a hálózaton, valamint jelentősen megemelheti a feszültség nagyságát. Ez az időbeli differencia problémát jelent egyrészt az elosztói engedélyeseknek, hiszen a hálózatra kifejtett kedvezőtlen hatások ilyenkor felerősödnek, valamint a fogyasztóknak is, mivel a saját fogyasztási igényeiket a hálózatból felvett villamos energiával kénytelenek biztosítani. A fogyasztói akkumulátoros energiatárolás alkalmazásával a napelemek csúcstermelése eltárolható, majd a magas terhelési időszakokban felhasználható, ami előnyös az elosztói engedélyesek és a fogyasztók szempontjából is. Az erre a célra felhasznált akkumulátor kapacitása átlagosan 2 kWh minden egyes napelemes kW után, vagyis egy átlagos családi ház esetén a 4–5 kW-os napelemhez 8–10 kWh-s energiatároló telepíthető, amivel több óráig eltárolható a

csúcsidőszakban termelt napelemes villamos energia⁴⁴. Az így eltárolt energiát a fogyasztók felhasználhatják alacsony napelemes termelés esetén, ezáltal jelentősen csökkenthető a hálózatról felvett villamos energia mértéke. Egyes számítások szerint az önellátás mértéke 30 százalékról közel 70 százalékra növelhető napelem és akkumulátor együttes alkalmazásával⁴⁴. Ehhez szükséges a megfelelően méretezett akkumulátor kapacitása, ami nagyban függ a helyi adottságoktól és a fogyasztási szokásoktól is. Az így kialakított energiatárolóval csökkenthető a hálózati elemek terhelése és a veszteségek mértéke is, ami kedvezőbb üzemeltetési feltételeket teremt, valamint lehetővé teszi a szükséges hálózatfejlesztések elhalasztását. Ezenfelül az akkumulátorokkal szünetmentes ellátás is megvalósítható, ugyanis kiesések esetén akár néhány óráig is biztosíthatják a szükséges villamos energiát, továbbá a rövid idejű feszültségkimaradások (feszültségletörések) áthidalása is lehetővé válik. **A fogyasztónál lévő akkumulátorok alkalmazásának egyik legnagyobb előnye, hogy optimalizált tárolókapacitás esetén a napelemes termelés csúcsa nem kerül a villamosenergia-rendszerbe, aminek következtében 66 százalékkal több napelem integrálható egy adott hálózati részbe⁴².**

21. ÁBRA: AKKUMULÁTOR ÉS NAPELEM OPTIMALIZÁLT EGYÜTTES ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSA

Grid optimized storage



Forrás: International Renewable Energy Agency: Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook

Kedvező hatásainak következtében a fogyasztói akkumulátoros energiatárolás egyre erőteljesebb elterjedésére lehet számítani a következő években. Ezt támasztják alá az előrejelzések is, ugyanis csak Németországban 2020-ig várhatóan több mint 100 000

⁴⁴ Eurobat: Battery Energy Storage for Smart Grid Applications, 2013.

⁴⁴ Eurobat: Battery Energy Storage for Smart Grid Applications, 2013.

⁴² International Renewable Energy Agency: *Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook*, 2015.

akkumulátort telepítenek a fogyasztóknál. Az újonnan csatlakozó napelemek közel 90 százaléka, valamint a már korábban telepített napelemek 10 százaléka lesz akkumulátorral utólagosan felszerelve⁴⁵.

Gazdasági értékelés

Fogyasztó oldali befolyásolás

Az okos hálózat megvalósításának költségeiről egyelőre még csak előrejelzések, becslések születtek viszonylag nagy szórással, azonban a tendencia világosan látható, amely szerint a smart grid teljes körű implementálása a százmilliárd eurós nagyságrendbe esik a fejlett villamosenergia-rendszerekkel rendelkező Európai Unió és az Amerikai Egyesült Államok esetében is⁴⁶.

2. táblázat: Az okos hálózat megvalósításának várható költségei

	2030-ig előre jelzett beruházási költségek (milliárd €)	2011-ig telepített okos mérők (millió darab)	2020-ig tervezett okos mérők telepítése (millió darab)
EU	500	40	240
USA	238–334	8	60

Forrás: Vincenzo Giordano, Steven Bossart: Assessing Smart Grid Benefits and Impacts: EU and U.S. Initiatives

A beruházási költségek jelentős része az okos mérés és az ahhoz kötődő AMI infrastruktúra kialakításával kapcsolatos. Az Európai Unió esetében a tervezett korszerűsítések 75 százalékát az elosztó-, míg 25 százalékát az átviteli hálózati fejlesztések alkotják. Az Amerikai Egyesült Államok modernizálásai is hasonló arányokat mutatnak, ugyanis a költségek döntő hányada az elosztóhálózati fejlesztésekkel kapcsolatos.

A beruházások eredményeként keletkező hasznok vizsgálata összetett feladat, mivel a várható nyereségek értékelésekor célszerű tekintettel lenni az okos hálózat által kifejtett, a gazdasággal összefüggő összes hatásra. Ennek két alapvető típusa⁴⁷:

1. Közvetlen:

- növekvő hatások;
- kedvezőbb fogyasztói magatartás;
- csökkenő üzemeltetési költség.

⁴⁵ International Battery and Energy Storage Alliance: *Insights into the German Storage Market*, 2014.

⁴⁶ Vincenzo Giordano, Steven Bossart: *Assessing Smart Grid Benefits and Impacts: EU and U.S. Initiatives*, 2012.

⁴⁷ Smart Grid Consumer Collaborative: *Smart Grid Economic and Environmental Benefits*, 2013.

2. Közvetett:

- gazdaságélénkítő hatás;
- a rendszer megbízhatósága nő;
- üvegházhatású gázok kibocsátása csökken.

Ezt a csoportosítást figyelembe véve az okos mérés, illetve az AMI infrastruktúra megvalósításának egy fogyasztóra jutó haszon-költség aránya, a számítások szerint az Egyesült Államokban 1,5 és 2,6 között alakul, míg az Európai Uniót érintő becslések ennél jóval konzervatívabbak, ugyanakkor abban egyetértés figyelhető meg, hogy ezek az arányok nagy szórást mutatnak az egyes tagállamok és régiók szintjén is, köszönhetően az eltérő villamosenergia-rendszeri fejlettségnek⁴⁸.

3. táblázat: Az okos mérés fajlagos költsége és becsült haszna

	1 fogyasztóra jutó átlagos költség (€)	1 fogyasztóra jutó teljes haszon (€)
EU	252	309
USA	262	393–681

Forrás: European Commission: Smart Grid Projects Outlook 2014, Smart Grid Consumer Collaborative: Smart Grid Economic and Environmental Benefits

Energiatárolás

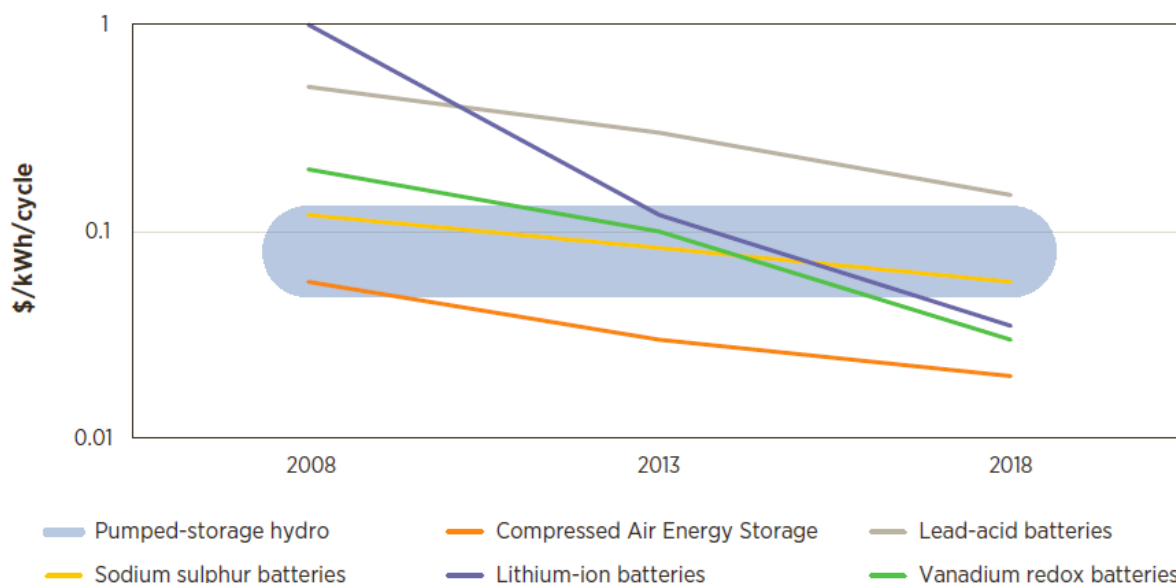
A rendszerirányításban vagy az elosztói üzemeltetésben részt vevő hálózati méretű energiatárolási technológiák közül jelenleg csak a szivattyús-tározós erőművek versenyképesek. Ugyanakkor a következő évtizedben ez a szituáció biztosan meg fog változni, mivel a prognózisok szerint számos tárolási technológia költsége jelentős mértékben csökkenni fog, köszönhetően az energiatárolás iránti növekvő igényeknek és a gyártási kapacitások gyors bővülésének. A technológiák közül kiemelkednek a lítium-ion és a vanádium redox akkumulátorok, ugyanis esetükben a fajlagos költségek (\$/kWh/ciklus) több mint a felére csökkennek a 2008 és 2018 közötti időszakban, amivel bizonyos feladatokhoz gazdaságilag is rendkívül kedvező alternatívát nyújthatnak⁴⁹. A sűrített levegős tározós erőművek fajlagos költségének várható alakulása is figyelemreméltó, aminek következtében a szivattyús-tározós erőművek reális helyettesítőjét jelenthetnék mind technológiai, mind gazdasági szempontból, azonban erre a technológiára még inkább igaz a létesítésre alkalmas helyszínek problémája. Ebből kifolyólag is csak összesen két sűrített levegős energiatároló épült, egy Németországban (290 MW) és egy az Egyesült Államokban (110 MW). A nehézkes

⁴⁸ European Commission: *Smart Grid Projects Outlook 2014*, 2014.

⁴⁹ International Renewable Energy Agency: *Renewables and Electricity Storage: A technology roadmap for REmap 2030*, 2015.

földrajzi elhelyezkedés – jellemzően sóbarlangok – következményeként számottevő sűrített levegős tározó elterjedése nem valószínűsíthető.

22. ÁBRA: AZ EGYES TÁROLÁSI TECHNOLÓGIÁK FAJLAGOS KÖLTSÉGÉNEK ELŐREJELZÉSE



Forrás: International Renewable Energy Agency: *Renewables and Electricity Storage: A technology roadmap for REmap 2030*

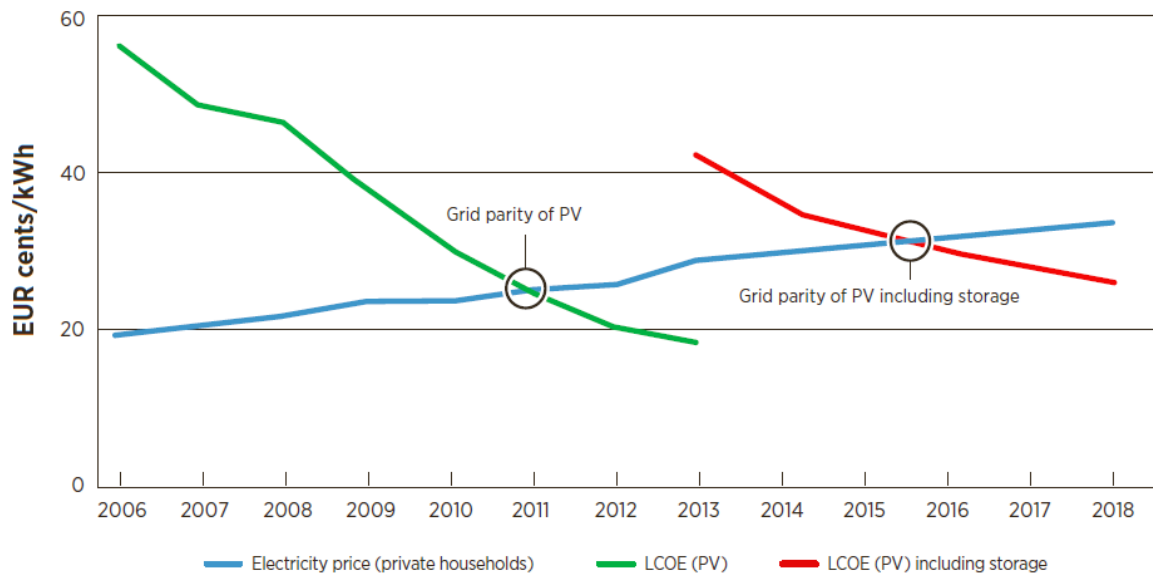
A hálózati méretű energiatárolás versenyképességét eddig csak a szivattyús-tározós erőművek biztosították, azonban a következő években a kisebb kapacitású elosztott tárolási technológiák is gazdaságosan üzemelhetnek. Ennek a kulcsa, hogy az adott energiatároló egyszerre több funkciót is betöltsön, ugyanis így megtérülhet a viszonylag magas beruházási költség. A gazdasági előnyöknél célszerű figyelembe venni a közvetlen hatásokat is, ugyanis az energiatárolás alkalmazása csökkentheti

- a kiesések számát;
- a túlterheléseket;
- az átviteli és elosztóhálózati fejlesztési igényeket;
- valamint a tartalékra fordított költségeket.

A fogyasztói energiatárolás esetében az akkumulátoros technológiák elterjedése feltételezhető. A napelemes termelés és a tárolás egyidejű alkalmazásának gazdasági alapját a rohamosan csökkenő napelemes és akkumulátoros fajlagos költségek (*LCOE – Levelised Cost Of Energy*), valamint a villamos energia árának növekedése biztosíthatja. Azokban az országokban, ahol viszonylag magas a lakossági villamos energia ára, a napelemes villamosenergia-termelés már évek óta versenyképes (*Grid parity of PV*), és várhatóan az energiatárolás alkalmazása a következő 5–10 évben már gazdaságos lesz (*Grid parity of PV including storage*). Jó példa erre Németország esete, ugyanis az előrejelzések alapján 2016-

tól a németországi háztartásokban alkalmazott napelem és akkumulátor együttes fajlagos költsége kisebb lesz, mint a hálózatról megvásárolt villamos energia egységára.

23. ÁBRA: A NÉMETORSZÁGI NAPELEMES TERMELÉS ÉS AZ ENERGIATÁROLÁS FAJLAGOS KÖLTSÉGEI, VALAMINT A HÁZTARTÁSI VILLAMOSENERGIA-ÁRAK VÁRHTÓ ALAKULÁSA



Forrás: International Renewable Energy Agency: Renewables and Electricity Storage: A technology roadmap for REmap 2030