

A KLÍMAVÁLTOZÁS
MEGFÉKEZÉSÉHEZ SZÜKSÉGES
INFRASTRUKTÚRA

Megújuló energia megállás nélkül



TISZTA
ENERGIÁT!

GREENPEACE

EREC
EUROPEAN RENEWABLE
ENERGY COUNCIL

GREENPEACE

előszó



Okos hálózat vagy szuper-hálózat, azaz smart grid vagy super grid? Központosított vagy nem központosított megújuló energiát felhasználó erőművek? Az energiaellátásunk jövőjéről folytatott vita egyre hevesebb, és mindenkinek megvan a saját elképzelése a csúcs-technológiai megoldásokról.

A gazdasági válság ellenére egyre nagyobb a nap- és szélenergia piaca. Ahogy egyre több és több megújuló energiaforrás kapcsolódik rá az elektromos hálózatra, felmerül a kérdés: Hogyan tudjuk a megújuló energiaforrásokat integrálni a meglévő elektromos hálózatokba, és hogyan tudjuk az energiát szállítani? Vajon minden elsötétedik majd, ha nem fúj a szél, és nem süt a nap? Továbbra is szükségünk van szén- és atomerőművekre, hogy biztosítsák az alapterhelést és a pótlólagos kapacitást a nap- és szélenergia mellett?

minden országban klímabarát infrastruktúrára van szükség

A „klímabarát infrastruktúrát” most kell kiépítenünk, beleértve az okos hálózatokat és a távfűtési vezetékeket is! Erre mind a fejlett, mind a fejlődő országokban adott a lehetőség. A fejlett észak-amerikai, európai és ausztrál országoknak a meglévő 40-50 éves hálózataikat kell továbbfejleszteniük, a fejlődő országoknak – különösen Kínának és Indiának – pedig most kell kiépíteniük az első hálózatokat.

előszó
összefoglaló
bevezetés

2
4
7

1

okos hálózatok

12

4

szuperhálózat: az energia[forradalom] szimulációja Európa számára 47

2

szuperhálózat: az okos hálózatok összekapcsolása

27

3

az okos hálózatok Magyarországon

33

5

melléklet 72

tartalom



kép A SPANYOLORSZÁGI MARANCHON SZÉLTURBINA FARM GUADALAJARÁBAN EURÓPA LEGNAGYOBBJA 104 GENERÁTORRAL, AMELYEK ÖSSZESEN 208 MEGAWATT TELJESÍTMÉNYT NYÚJTANAK, AMI 590 000 EMBER ÉVES ENERGIASZÜKSÉGLETÉT ELÉGÍTI KI. **címlap kép** AZ ELSŐ MAGYARORSZÁGI (2001-BEN ÉPÜLT) KULCSI SZÉLKERÉKNÉL AKCIÓZOTT A GREENPEACE A TISZTA ENERGIAFORRÁSOK TÉRNYERÉSÉÉRT.

Nem kell mindent az alapoktól kezdenünk. Sem az „okos hálózatok”, sem a „szuperhálózatok” nem teljesen új megoldások. A jelenlegi hálózatainkat fokozatosan, lépésről lépésre tovább tudjuk fejleszteni. Egy adott város meglévő hálózatát úgy lehet okos hálózattá alakítani, ha okosabb vezérléssel látjuk el. Sok esetben nincs szükség újabb kábelekre, elég egy számítógép alapú vezérlés, amely lehetővé teszi, hogy a nem központosított energiatermelés összhangba kerüljön a helyi energiaszükségletekkel.

Az okos hálózatok városról városra és országról országra való összekapcsolódásával pedig egy szuperhálózat jön létre.

már most lehetséges 50%-os szélenergia részarány

2009. november 7-én egy teljes éjszakán át Spanyolország energiaszükségletének több mint felét szélenergia biztosította. Hajnali 3:00 és 8:30 között az energiaellátás szél által termelt hányada állandóan 50% fölött volt, de alkalmanként elérte az 53%-ot is. Új csúcst ért el az egy időben, párhuzamosan termelt szélenergia a 11 546 MW-os értékkel. Az ehhez hasonló események egyre gyakoribbak lesznek a világ különböző országaiban, különösen a megújuló energia vezető országaiban, úgymint Dániában, Németországban és Spanyolországban.

Mindez azt mutatja, hogy a hálózat „még bírja a terhelést”, és nem kell csökkenteni a megújuló energiákkal kapcsolatos kutatásokat. Sőt mi több, itt az ideje annak, hogy az elektromos hálózatokat még rugalmasabb rendszereké formáljuk, hogy még több megújuló energiát lehessen felhasználni. Ez azt jelenti, hogy hátat kell fordítani a rugalmatlan, „alapterheléssel” működő hálózatoknak, és az okosabb, összekapcsolt rendszerek felé kell elmozdulni.

A „Megújuló energia megállás nélkül – A klímaváltozás megfékezéséhez szükséges infrastruktúra” egy olyan tanulmány, amely részletesebben foglalkozik a különböző műszaki megoldásokkal az Energia[forradalom] forgatókönyvek sorozatában. Most vizsgáljuk meg részletekbe menően először azt a forgatókönyvet, amely bemutatja, hogy miként kell megváltoztatni a jelenlegi elektromos hálózatokat ahhoz, hogy klímabarát rendszerek jöjjenek létre, ahol az energia 90%-a megújuló energiaforrásokból származik. A tanulmány összeállításához az Energynautics – az elektromos hálózatok integrációjának egy vezető kutatóintézete – 30 év időjárási adatait vetette össze Európa éves energiaszükségleteivel, 15 perces lebontásban.

Akkor hát az Energia[forradalom] hatására 2050-re tényleg lehetőség lesz a nap 24 órájában biztonságosan és stabilan megújuló alapú energiához jutni?

A válasz igen! A kutatás eredményei alapján 0,4% – azaz évi 12 órányi – esély van arra, hogy a magas energiaigény alacsony nap- és szélenergia előállítással párosuljon. Az elmúlt 30 évben mindössze 3 olyan kivételes alkalom volt, amikor a nap csak igen kicsit, vagy nem sütött, és a szél is alig fújt, magas energiaigény mellett: 2003 augusztusában, 1987 novemberében és 1997 januárjában.

Ehhez azonban szükség van néhány új kábelkapcsolatra a tengeri szélfarmokon keletkező energia és a sivatagokban előállítható koncentrált napenergia integrálásához. Ebben a tanulmányban bemutatjuk az elektromos hálózat lehetséges bővítésének első tervezetét, ám a leginkább költséghatékony, modern klímabarát infrastruktúra kialakításához további kutatásokra van szükség. A Greenpeace a jelen tanulmánnyal kíván hozzájárulni ehhez a vitához, azonban ez csak egy a több lehetséges megoldás közül, amely versenybe fog szállni más, a későbbiekben napvilágot látó elképzelésekkel.

Mindazonáltal bármilyen új infrastruktúra kialakításához a jelenlegitől eltérő politikai keretrendszerre van szükség. A klímaváltozással csakis úgy lehet felvenni a harcot, ha drasztikusan megváltoztatjuk a globális energiatermelést – beleértve az elektromos hálózatok rendszerét is.

Arthouros Zervos
EURÓPAI MEGÚJULÓ
ENERGIA TANÁCS (EREC)

Sven Teske
GREENPEACE INTERNATIONAL
KLÍMA ÉS ENERGIA KAMPÁNY

2011. FEBRUÁR

Greenpeace Magyarország, Greenpeace International, Európai Megújuló Energia Tanács (EREC)
dátum 2011. február. EREC Arthouros Zervos, Christline Lins. **Greenpeace Magyarország** Stoll Barbara, projektvezető **Greenpeace International** Sven Teske, projektvezető **szerzők** Dr. Thomas Ackermann, Dr. Eckehard Tröster, Rebecca Short, Sven Teske a **magyar rész szerzője** Felsmann Balázs, Force Motrice **szerkesztők** Rebecca Short, Dörte Müller, Stoll Barbara, Illés Andrea **lektorálás** Felsmann Balázs **korrektúra** Stoll Barbara, Illés Andrea, Török Márton **kutatók** Dr. Thomas Ackermann, Dr. Eckehard Tröster, energynautics GmbH, Mühlstrasse 51, 63225, Langen, Németország **nyomda** Nagy és Társa **design és tördelés** Synra Reklámügynökség **kapcsolat** Greenpeace Magyarország: Stoll Barbara; barbara.stoll@greenpeace.hu **további információ** a globális, regionális és nemzeti helyzetképekkel kapcsolatban kérjük, látogassa meg az alábbi weblapot:
www.energyblueprint.org
Kiadja a Greenpeace Magyarország. 100%-ban klórmentes, többször felhasznált papírra nyomtatva.

összefoglaló

„MÁR MOST RENDELKEZÉSÜNKRE ÁLL A NAP, A SZÉL, A GEOTERMIKUS ENERGIA ÉS A FOLYÓKBÓL NYERT ENERGIA, A JÖVŐBEN PEDIG KI TUDJUK MAJD HASZNÁLNI AZ ÓCEÁN ÉS A BIOMASSZA ENERGIAJÁT, AMI HATÉKONY GÁZTURBINÁKKAL PÁROSULVA NAGY MENNYISÉGŰ ENERGIÁT TUD MAJD BIZTOSÍTANI.”



kép TENGERI SZÉLERŐMŰ, KOPPENHÁGA, DÁNIA.

az elektromos hálózatok éltetik az erőműveket

A hálózatokról, mint az elektromos rendszer részéről, időnként megfigyelkednek. A világ fejlett országaiban szerteágazó elektromos hálózatokon keresztül jut el a villamos áram csaknem a teljes népességhez, ám a fejlődő országok egyes részein, sok vidéki település megbízhatatlan helyi hálózatokat használ, amely piszkos energiára – például gázolajra – épül, és sokba kerül a helyi közösségek számára.

A bolygónk jövője attól függ, hogy képesek vagyunk-e átállni tiszta energiára világszerte, amint azt a Greenpeace Energia[forradalom] című kiadványa is felvázolja. Azonban azokat a hálózatokat, amelyek napjainkban áramot szállítanak az otthonaink és a gyáraink számára, nagy, központosított generátorokhoz tervezték, úgynevezett „alapterheléssel működő” erőművekhez. Egészen mostanáig a megújuló energiaforrások által termelt energiát hozzákapcsolták ehhez a hálózathoz, mint egy kis, „ráadás” szeletet az egész energiatermeléshez, aminek alkalmazkodnia kellett a hálózat meglévő üzemi körülményeihez.

A megújuló energiát kritizálók közül többen állítják, hogy a megújuló energia sosem lesz képes elegendő energiát biztosítani a jelenlegi energiaigényünkhöz, az előre jelzett növekvő igényekről nem is beszélve. Ennek fő okaként pedig a természeti erőforrásokat, mint a szelet és a napot említik, amelyek nem elérhetőek a nap 24 órájában.

A jelen tanulmány rámutat arra, hogy ez a gondolkodásmód miért nem állja meg a helyét.

Már most rendelkezésünkre áll a nap, szél, a geotermikus energia és a folyókból nyert energia, a jövőben pedig ki tudjuk majd használni az óceán és a biomassza energiáját, ami hatékony gázturbinákkal párosulva nagy mennyiségű energiát tud majd biztosítani. Az okos technológiák által lehetőség nyílik az energiafelhasználási sémák nyomon követésére, és rugalmas áramellátás biztosítására, amely követi az áramigény napi alakulását. Ezenkívül lehetőség nyílik fejlett áramraktározási módok használatára, és a felhasználók csoportosításával virtuális akkumulátorokat tudunk létrehozni. Ezekkel a megoldásokkal biztosíthatjuk a megújuló energián alapuló jövőt, amire szükségünk van, ha el akarjuk kerülni a katasztrofális klímaváltozást.

Az egészhez azonban okos hálózatok kellenek, hogy hatékonyan „tarthassuk égve a lámpákat”.

az okos hálózatok kezelni tudják a megújuló energiát

Okos hálózatoknak nevezzük azokat az elektromos hálózatokat, amelyek összekötik a nem központosított, megújuló energián alapuló erőműveket, valamint a kogenerációs egységeket, és rendkívül hatékonyan osztják szét az energiát. A különböző pontokon elhelyezett energiaforrásokat fejlett kommunikációs és vezérlőtechnológiával kapcsolják össze, hogy olcsóbban, kevesebb üvegházhatású gáz képződése mellett és a felhasználók igényeinek megfelelően kézbesítsék az elektromos áramot. Általában kisebb, elektromos áramot előállító üzemek vannak fejlett energiakezelő rendszerekkel összekapcsolva, hogy a felhasználók igényeit kiegyensúlyozottan lehessen kielégíteni. A kis, megújuló energián alapuló erőművek helyileg közelebb helyezhetők el a felhasználókhoz, mint a nagy, központosított erőművek.



Az okos hálózatok által lehetőség nyílik arra, hogy nagy mennyiségű megújuló energiaforráson alapuló energia kerüljön a rendszerbe, üvegházhatású gázok képződése nélkül, és a régi, központosított erőműveket kivonjuk a rendszerből. A fejlett vezérlő technológiák összességében véve hatékonyabbá teszik ezeket az elektromos hálózatokat. Ez akkor is igaz, ha egy nagy, komplex rendszerről beszélünk, például Dánia esetében, és igaz egy kis csendes-óceáni sziget faluja esetében is.

csak okosan, a szükségletre figyelünk

Az okos hálózatok lehetővé teszik, hogy rendkívül nagy mennyiségű megújuló energiát kapcsoljunk a rendszerhez, a megbízható és biztonságos energiaellátás megőrzése mellett. A folyamatos, 24 órán keresztül megújulóenergia-ellátás műszakilag és gazdaságilag egyaránt lehetséges, mindössze megfelelő politikai szabályozásra és kezdeti befektetésre van szükség, hogy elinduljanak a dolgok. A rendszer egyik alapvető része a szükséglet kezelése, ami gyakorlatilag azt jelenti, hogy az energiaforrás kapacitásának növelése helyett ki- és bekapcsoljuk a fogyasztókat.

A 1. részben részletezzük, hogy mit jelent a szükséglet kezelése, valamint bemutatunk néhány izgalmas, életből vett példát, amely által újraértelmezhetjük az elektromos hálózatok működését a rugalmas áramellátás mellett. Nem kell leragadnunk az alapterheléssel működő áramtermelés modelljénél. Az áramfelhasználók együttműködésével le lehet venni a terhet a rendszerről, mint ahogyan ezt az esettanulmány is bemutatja, ahol több száz hűtőház és több ezer elektromos autó tulajdonosa fogott össze virtuális akkumulátorok kialakításáért, áramot takarítva meg mindannyiuk számára.

Ha szemügyre vesszük a való életből vett példákat, például Spanyolországot, ahol nagy mennyiségű napelemet kapcsoltak a rendszerhez, akkor kiderül, hogy a nagy rugalmatlan, fosszilis és nukleáris alapanyagokat felhasználó erőművek nem férnek meg együtt a megújuló energiával.

szuper hálózat – okosan állítsuk össze a képet

Az okos és szuperhálózatok nem a fantázia szüleményei, hanem a jelenlegi hálózatok továbbfejlesztett változatai, így nem kell az alapoktól kezdenünk mindent. Valójában most is működnek vagy fejlesztés alatt állnak olyan nagyfeszültségű rendszerek, amelyek képesek nagy távolságokra eljuttatni a villamos energiát. A szuperhálózatokkal lehetőség van a nagy szükségletekkel rendelkező helyeket – mint például Európa – összekapcsolni a nagy kínálatot biztosító területekkel – mint Észak-Afrika –, ezáltal biztosítva mindenki számára fenntarthatóbb energiaellátást és bevételi forrást.

az európai minta alapján a hálózat képes az energiaforradalmat támogatni

A jelen tanulmány részét képezi az EU27-re vonatkozó Energia[forradalom]¹ című forгатókönyv, amely rávilágít arra, hogy nagyon ritkán – mindössze évente egyszer – fordul elő olyan eset, ahol a természetesen előforduló nap és szél mennyisége túl alacsony ahhoz, hogy kielégítse a szükségleteinket. A végkövetkeztetés tehát az, hogy tovább kell dolgoznunk a szuperhálózat fejlesztésén, és ezzel egyidejűleg a megújuló energiaforrások minél jobb kiaknázásán. Nem lenne értelme leállni a megújuló energiák fejlesztésével mondván, hogy megvárjuk, amíg jobb hálózataink lesznek.

javasolt megoldások nemzetközi szinten

a klímabarát infrastruktúra megvalósításához: egymáshoz kapcsolt okos hálózatok szükségesek Műszakilag megoldható olyan energiahálózatok kialakítása, amelyek 90%-ban megújuló energiaforrásokon alapulnak és napi 24 órában, heti 7 napban, évi 365 napban biztosítják az elektromos áramot. Ezért kapta a jelen tanulmány a „Megújuló energia megállás nélkül” címet. A jelenlegi hálózatok azonban a legtöbb fejlett országban több mint 40 évesek, ezért szükség van a felújításukra. A megújuló energiák rendkívül nagy arányára való felkészüléshez az „egymással összekapcsolt okos hálózatok” irányába kell elmozdulnunk.

A jelen tanulmányban bemutatjuk a Greenpeace álláspontját a határokon átvitelő elektromos hálózatokról, kiemelve az egymással jobban összekapcsolt elektromos hálózat által képviselt előnyöket, és azt, hogy ez milyen hátrányt jelent egy olyan hálózat esetében, amely nagy részben piszkos árammal táplált. A Greenpeace azt javasolja, hogy egyre több nemzeti hálózat kapcsolódjon össze más országok hálózataival, és egyre több „okos hálózat” épüljön ki, amelyek lehetővé tennék a nem központosított megújuló energiaforrások és kogenerációs erőművek hálózatba történő bekapcsolását. A jelenlegi elektromos hálózatot fel kell újítani egy összekapcsolt okos rendszerré, hogy az Energia[forradalom] helyet kaphasson, és kilábalhassunk a klímaválságból. A következő politikai változásokra van szükség a várva várt „klímainfrastruktúra” megvalósításához:

az egymással jobban összekapcsolt és okosabb rendszer előnyei

A Greenpeace úgy látja, hogy a határokon átvitelő, nagyobb kapacitású elektromos „összekapcsoltság” olyan előnyökkel jár, mint az energiaellátás nagyobb biztonsága, az energiahatékonyság és a megújuló energiákon alapuló elektromos rendszer:

- **biztonságos ellátás:** Az egymással összekapcsolt rendszerek segítségével növekszik az ellátás biztonsága, mert ugyanannyi telepített energiát többféle módszerrel lehet vezérelni, ezáltal nő a szükségletek kielégítésének minősége és mennyisége. Például csúcsfogyasztás esetén az országoknak lehetőségük van más régiókból, térségekből energiát importálni, ezáltal nagyobb biztonsággal működtethető a rendszer.
- **energiahatékonyság:** Az egymással jobban összekapcsolt rendszerek által hatékonyabban használható fel a telepített energia, és nincs szükség a termelési kapacitás növelésére. Ugyanígy, a felhasználói oldal kezelésével is hasonló eredményt lehet elérni, ami azt jelenti, hogy az keresletet kell a kínálatához alakítani, és nem fordítva. Ezen lehetőségek kiaknázásával a hagyományos energiaellátás környezetszennyező hatásait jelentősen csökkenteni lehet.

referencia

¹ NORVÉGIÁT, SVÁJCOT ÉS AZ EU27-ET IS MAGÁBAN FOGLALVA

megújuló energia A katasztrofális mértékű klímaváltozás elhárításához arra van szükség, hogy 2020-ig legalább 30%-kal csökkentsük a globális károsanyag-kibocsátást, 2050-ig pedig legalább 80%-kal. Ezen cél elérése érdekében a megújuló energiának sokkal inkább jelen kellene lennie az elektromos ellátásban – 2030-ig legalább 50%-ban, 2050-ig pedig 100%-ban.

A megújuló energia nagyarányú térhódításához az átviteli rendszer infrastruktúrájának javítása szükséges, mind a nemzeti hálózatok, mind a nemzetek közötti összekapcsoltság esetében, hogy a térségek között kiegyensúlyozható legyen az eltérő energia kínálat és kereslet, valamint azért, hogy a tengeri szélfarmok és nagyobb napfarmok által termelt megújuló energia átvihető legyen. Ezenkívül a szétszórtabb áramtermelő rendszerek, amely kisebb-nagyobb megújuló energiát termelő üzemeket kapcsol össze, okosabb tervezésre és működtetésre van szüksége az átviteli rendszer esetében.

a Greenpeace követeli az okos hálózatok technológiájának fejlesztését, és a nemzetközi elektromos kapcsolatok számának növelését Az okos hálózat kifejlesztése az alapvető „klímavédelmi infrastruktúra” elterjedését fogja eredményezni, és hozzájárul ahhoz, hogy különböző megújuló energiaforrások kapcsolódjanak a hálózathoz, maximalizálva az energiahatékonyságot. A fejlesztés során a lényeg az előbb említett mindkét cél elérése.

Ezzel egy időben az egymással jobban összekapcsolt rendszerek egy sor előnyt produkálnak az ellátás biztonságával valamint az energia- és gazdasági hatékonysággal kapcsolatban, és egy olyan elektromos hálózat kifejlesztését eredményezik, amely a megújuló energián alapul. A Greenpeace támogatja az egymással jobban összekapcsolt hálózatokat, amelyek egy megfelelő energiainfrastruktúra tervezésén alapulnak az ökológiai fenntarthatóság kritériumait figyelembe véve.

A jelenlegi tervezés azonban az kínálat oldali megközelítésen alapul, nem pedig a kereslet oldal szabályozásán és főleg piszkos energiára támaszkodik. A feltétel nélküli új hálózatok kialakítása a piszkos energiát részesíti előnyben és nem törődik az energiatakarékosággal.

A hálózat fejlesztésének előmozdítása érdekében a Greenpeace nemzetközi szinten az alábbiakat követeli:

- A kormányzatoknak mindenekelőtt új, kötelező közép- és hosszú távú energiatervezési célokat kell meghatározniuk, különös tekintettel az alábbiakra:
 - Az energiahatékonyság növelése az összes energiaigény csökkentése érdekében.
 - Az Energia[forradalom] leírásával összhangban a megújuló energiák hozzájárulásának növelése.
 - Ütemterv kidolgozása a szén- és atomerőművek fokozatos, de sürgős leállítására.
- Az energiarendszerek kellően rugalmasnak kell lennie ahhoz, hogy a változó intenzitású megújuló energiákat integrálni tudja. Nem szabad engedélyt adni új, nagy nukleáris vagy szénerőmű építésére, és a jelenleg működő erőműveket fokozatosan fel kell váltani rugalmas, nagy hatékonyságú és kevésbé központosított üzemekkel.

- Biztosítani kell, hogy a megújuló energia elsők között érje el a hálózatot. A rendelkezésre álló cserekapacitással kapcsolatos információknak minden pillanatban elérhetőnek kell lennie, és mindig elsőbbséget kell biztosítani a megújuló forrásból érkező energia átvitelének mindkét irányba.
- Az elosztó és átviteli rendszerek kialakítása során, különösen az összekapcsolódás esetében célként kell kitűzni a megújuló energia felhasználását, és egy olyan rendszer kialakítását, ami a 100%-os megújuló energia részarányhoz a legközelebb áll.
- Biztosítani kell, hogy az új összekapcsolódások esetében ne álljon fenn a lehetősége a nukleáris eredetű energia hálózatba való kapcsolásának.
- Az új összekapcsolódások tervezése során a meglévő hálózatokat a lehető legnagyobb mértékben fel kell használni. Ahol ez nem lehetséges, figyelembe kell venni az összes környezetvédelmi szempontot egy globális és kimerítő elemzés segítségével, hogy az új létesítményeknek minimális környezeti hatásuk legyen. Ennek elérése érdekében az összekapcsolódásoknak minden esetben rendelkezniük kell egy pozitív környezeti hatástanulmánnyal (Environmental Impact Statement) ahol ez kötelező, és be kell tartani a hatástanulmányban részletezett összes feltételt és korrektív intézkedést. A hatástanulmánynak tartalmaznia kell a földvezetékek lehetőségét is, minden más lehetséges alternatívával együtt. A környezetvédelmi megfontolásokra nagyobb hangsúlyt kell fektetni, mint a gazdasági szempontokra.
- El kell érni, hogy az energiatermelő cégek tulajdonosi köre teljesen különváljon az elektromos hálózatok tulajdonosaitól.
- Az átviteli és elosztó rendszerek kezelői minden releváns információt kötelesek hozzáférhetővé tenni, hogy a független intézmények kidolgozhassák a hálózatoptimalizálási koncepciót.
- Új átviteli és elosztókapacitás létesítésekor előnyben kell részesíteni a földalatti vezetéket a nagyfeszültségű légkábelrel szemben, ahogy ezt például Dániában is tették.
- A kormányoknak megfelelő keretrendszert kell kidolgozniuk a kereslet oldali kezelésének támogatása és kiterjesztése érdekében.
- Regionális mintaprojektekkel kell támogatni az okos hálózat technológiájának, a virtuális erőművek és a magas színvonalú, kereslet oldali kezelésnek a további optimalizálását és bemutatását.
- A szállítási szektorokat (például elektromos járművek) fokozatosan integrálni kell a nemzeti és regionális energiaellátási stratégiákba.
- Meg kell állapodni az okos hálózatokkal kapcsolatos kommunikációs alapelvekben.

bevezetés

„A JÖVŐBEN MEG KELL VÁLTOZTATNUNK A HÁLÓZATOKAT, HOGY NE KÖZPONTI NAGYTELJESÍTMÉNYŰ ERŐMŰVEKEN ALAPULJANAK, HANEM OLYAN TISZTA ENERGIAFORRÁSOKON, MINT A SZÉL, A NAP, A VÍZ ÉS A BIOMASSZA.”



kép A MARANCHON FARM EURÓPA LEGNAGYOBB SZÉLFARMJA 104 GENERÁTORRAL, ÉS ÖSSZESEN 208 MW TELJESÍTMÉNNYEL, AMI 590 000 EMBER ÉVES ENERGIASZÜKSÉGLETÉT ELÉGÍTI KI. A FARM 100 000 TONNÁNYI OLAJJAL EGYENÉRTÉKŰ ENERGIÁT ÁLLÍT ELŐ, ÍGY 430 000 TONNÁNYI CO₂-TŐL KÍMÉLI MEG A KÖRNYEZETET.

Az elektromos hálózat egy kollektív elnevezés, amelynek részét képezi az összes vezeték, transzformátor és az infrastruktúra, amely által az áram eljut az erőműtől a fogyasztóig. Az áram szállítása során minden egyes hálózatban valamennyi energia elvész, így az áram szétosztása nem hatékony.

A jelenlegi elektromos átviteli és elosztó hálózatokat 40–60 évvel ezelőtt tervezték. A fejlett országokban mindenhol egy középre telepített nagy kapacitású erőműből ágaznak szét a nagyfeszültségű váltóáramú (AC) hálózatok, és így juttatják el az áramot a felhasználási területre. Egy kisebb „elosztó hálózat” továbbítja az áramot a fogyasztókhoz. Az ilyen rendszert központosított hálózatnak nevezzük, és a nagy erőművek általában szén- vagy gáztüzelésűek. Az ilyen rendszerek által a városok rendkívüli iparosodásra voltak képesek, és a fejlett országok legtöbb vidéki részére eljutott az elektromos áram.

A jövőben meg kell változtatnunk a hálózatokat, hogy ne egy központi nagy teljesítményű erőművet szolgáljanak ki, hanem olyan tiszta energiaforrásokat, mint a szél, a nap és a biomassa. Ezek általában kisebb erőművek, és a hálózat különböző részein szétszórtnak helyezkednek el, vagy nagy kapacitású erőművek, mint például tengeri szélfarmok. A jövő nagy generátoraira jó példák az Északi-tengeren lévő

hatalmas szélfarmok, vagy az Európa déli részén, vagy Afrikában lévő óriási napenergiával működő erőművek.

Az előttünk álló kihívás az, hogy mialatt a lámpákat „éjjel-nappal égve tartjuk”, integrálnunk kell az erőműveket, és ezzel egyidejűleg ki kell vonnunk a termelésből a régi, nagy, piszkos erőműveket. Ehhez újfajta hálózatra és az energiarendszer átépítésére van szükség. Az új technológiától alapvető elvárás lesz, hogy képes legyen kiegyensúlyozni a keresletben és kínálatban végbemenő ingadozásokat. Ehhez már most is rendelkezésünkre állnak a megfelelő eszközök, mint például az kereslet oldali kezelés technológiája, a fejlett időjárás előrejelzés és az elektromos tárolás lehetősége, úgyhogy csak munkába kell állítani a meglévő megoldásokat.

Az okos hálózatok és a hatékony szuperhálózatok összekapcsoló egységei az új hálózat kulcsfontosságú részeit fogják képezni. A jelen tanulmány első két fejezete részletesen bemutatja ezen technológiák működését és gazdasági aspektusait. A harmadik fejezet a magyarországi helyzetet taglalja. A tanulmány utolsó fejezete a Greenpeace Energia[forradalmának] technikai megvalósíthatóságát mutatja be Európában.

meghatározások

Okos hálózat: olyan elektromos hálózat, amely decentralizált megújuló energiaforrásokat és kogenerációs erőműveket köt össze, és rendkívül hatékonyan osztja szét az elektromos áramot. Különböző pontokon lévő energiaforrások felhasználásával, és fejlett kommunikációs és vezérlő technológiákkal költséghatékonyan és alacsony üvegházhatással képes a fogyasztók igényeit kielégíteni. Általában kisebb kapacitású erőművek teljesítményének a felhasználásával és modern energiakezelő megoldásokkal képes kiegyensúlyozni a rendszer felhasználóinak az igényeit. A kisebb generátorok között megtalálhatóak a szélturbinák, napelemek, mikro turbinák, üzemanyagcellák, és a kogenerációs erőművek (melyek kombináltan hőt és áramot termelnek). Ezek az energiaforrások általában közelebb helyezkednek el a felhasználóhoz, mint a nagy, központosított erőművek. Az okos hálózatok által nagy mennyiségű megújuló energiát lehet a rendszerbe integrálni üvegházhatású gáz kibocsátása nélkül, így lehetőség van a régi, központosított erőművek leállítására. A fejlett vezérlőtechnológiák által az elektromos hálózat sokkal hatékonyabban tud működni. Az ilyen műszaki megoldások részét képezik az okos mérőórák, amelyek valós időben mutatják a felhasználást és a költségeket, és képesek a távoli egységekkel kommunikálni és dinamikusán kezelni az elektromos áram költségét.

Szuperhálózat: nagy összekapcsolódás – általában nagyfeszültségű egyenáramú (HVDC) technológiát használva – a nagy keresletet és nagy kínálatot felmutató országok vagy régiók között. Erre példa lehetne, ha összekapcsolnánk a hatalmas északi-tengeri erőműveket a dél-európai vagy afrikai erőművekkel, és a megújuló energia exportálható lenne a nagyobb városokba olyan helyekről, ahol bőséggel rendelkezésre áll.

a jövőkép

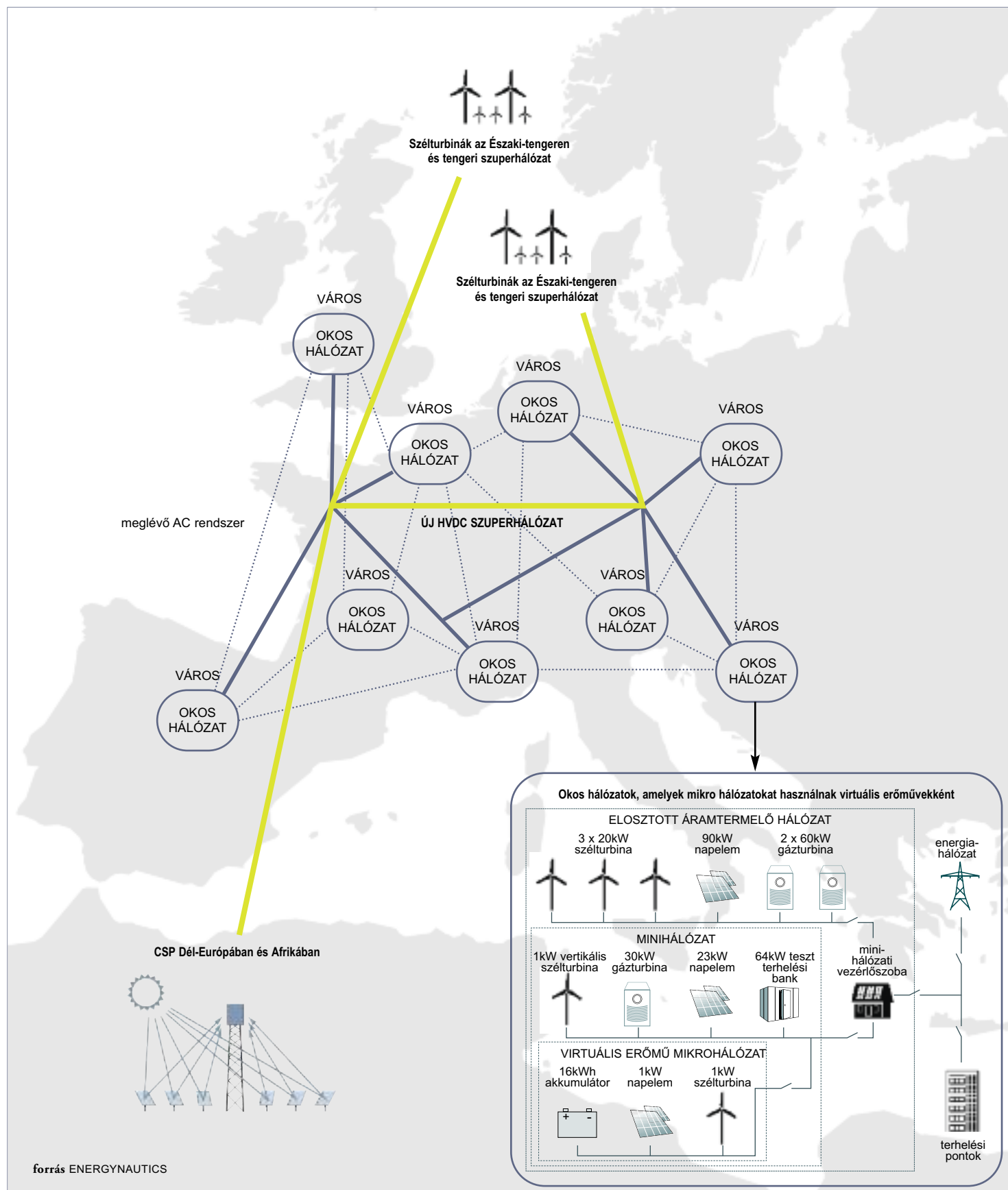
Az okos hálózatok létrehozásának kérdését átfogóan kell megközelíteni, hiszen nem csak egy adott elektromos hálózatról van szó. Az okos hálózatok új monitorozó és vezérlő infrastruktúrát használnak, amelyek a helyi forrásokat felhasználó erőművek elosztó hálózataiba vannak beépítve; például az erőművek alkalmazhatnak napelemeket, mikroturbinákat, üzemanyagcellákat, energiahatékonyt és különböző infokommunikációs technológiákat a terhelés vezérléséhez.

A szuperhálózat olyan koncepció, amely garantálja az áramellátás biztonságát minden időben. Nagy vonalakban elmondható, hogy az okos hálózatok egy adott régió igényeit kezelik kiegyensúlyozottan, a szuperhálózatok pedig nagymennyiségű energiát szállítanak régiók között. A két különböző rendszer kiegészíti és összekapcsolja egymást.

A 4. részben leírt megoldással az európai energiafelhasználás 90%-át lehetne megújuló energiából biztosítani, ami által lehetővé válna az üvegházhatású gáz kibocsátások olyan szintű visszaszorítása, amellyel elkerülhető lehetne a veszélyes klímaváltozás. A tanulmány választ ad arra a kérdésre, hogy milyen szuperhálózati infrastruktúra képes a folyamatos, 0-24 óráig tartó áramellátást biztosítani, amikor az elektromos áram 90%-ban megújuló energiából termelődik. A tanulmány visszatekint az elmúlt 25 év szélsőséges időjárási eseményeire Európában, azért, hogy feltérképezze, mekkora kapacitásúnak kell lennie a szárazföldi szuperhálózatnak, és hol kell elhelyezkednie ahhoz, hogy kiegyenlítsen a helyi megújuló energiaforrásokat, és az olyan nagy mennyiségű energiát termelő területeket, mint az Északi-tenger és Dél-Európa.



1. ábra: a jövő energiaellátása nagy mennyiségű megújuló energia felhasználásával



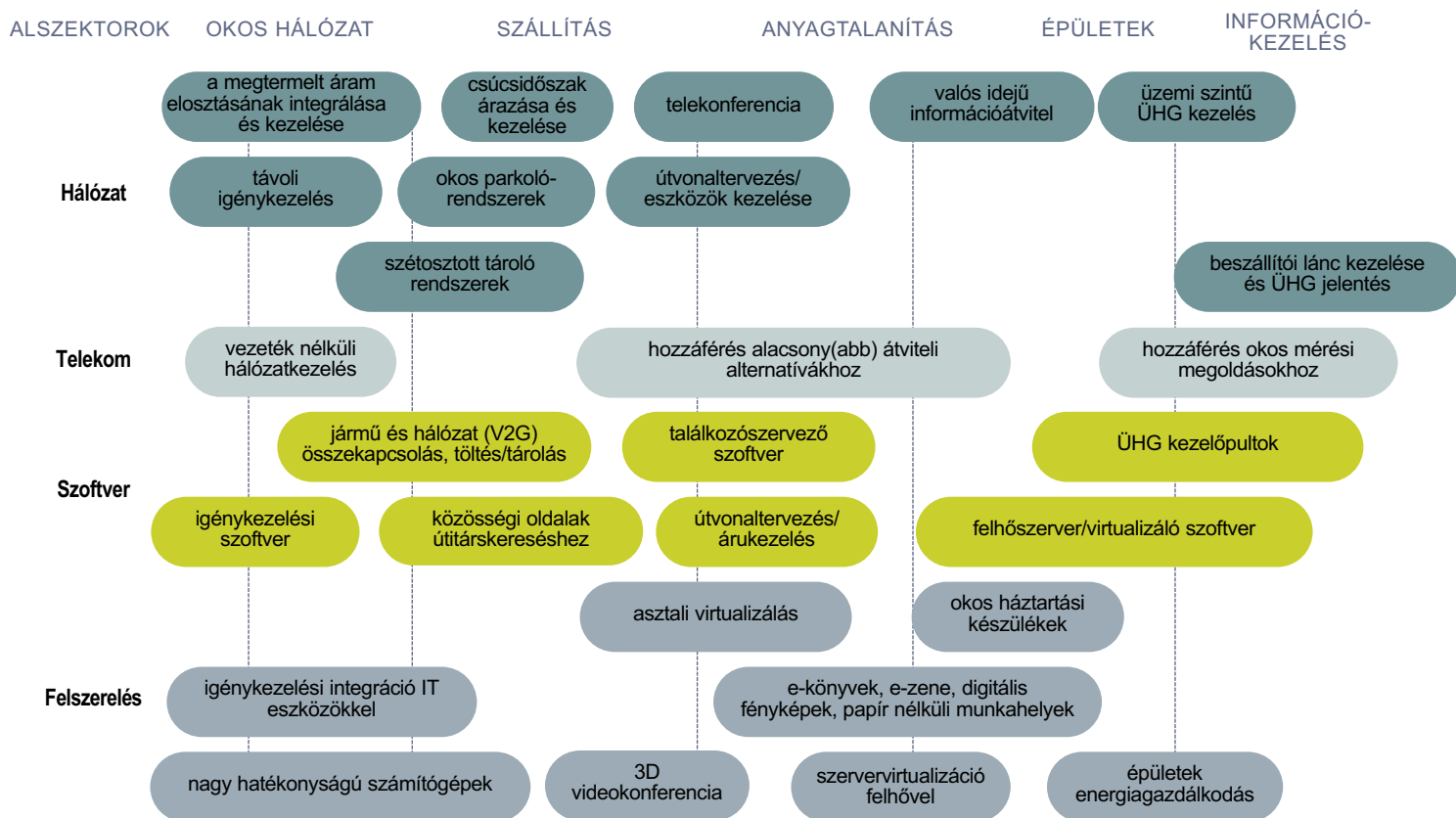
a számítógépes technológia kiemelkedő szerepe

A Greenpeace egyik kampányának – mely a „Cool IT” nevet viseli – az a célja, hogy nyomást gyakoroljon az IT világra, hogy kifejlesszék azokat a megoldásokat, amelyek a jelen tanulmányban bemutatásra kerülnek. Az óriási telekommunikációs és technológiai cégeknek megvan a tudásuk ahhoz, hogy okosabbá tegyék a hálózatokat, és segítsenek nekünk, hogy gyorsabban elérjük azt a jövőt, ahol a tiszta energia a domináns.

Az ICT szektornak számos lehetősége van arra, hogy átalakítsa az energiarendszerünket, ami teljesen másként fog mutatni, mint amit napjainkban megszoktunk. Mivel az okos hálózat sok különböző helyről és forrásból gyűjti össze az energiát, rengeteg adatot kell begyűjtenie és feldolgoznia. Ehhez különböző szoftverekre, hardverekre és adathálózatokra van szükség, amelyek képesek gyorsan továbbítani az adatokat és reagálni a közvetített információra.

Több meghatározó IT-szereplő is versenyben van az elektromos hálózatok „okossá tételében” a világ minden részén, és több száz olyan cég is van, amely potenciálisan részt vehet a hálózatok fejlesztésében; például telekommunikációs vállalatok, mint a Deutsche Telekom vagy az AT&T, szoftvergyártók, mint a Cisco vagy a Google, hardverforgalmazók, mint a Fujitsu és az IBM, és még sokan mások.

2. ábra: ICT megoldások



forrás GREENPEACE

kép AZ ANDASOL 1 NAPENERGIA ERŐMŰ, AMELY EURÓPA ELSŐ KERESKEDELMI PARABOLAVÁLYÚS NAPERŐMŰVE. AKÁR 200 000 EMBER KÖRNYEZETBARÁT ENERGIAELLÁTÁSÁT IS KÉPES BIZTOSÍTANI, ÉS 149 000 TONNANYI SZÉNDIOXIDTÓL KÍMÉLI MEG A KÖRNYEZETET EGY MODERN SZÉNERŐMŰVEL ÖSSZEHASONLÍTVA.



Aztán ott van a felhasználói oldalon jelentkező szükséglet az okos mérőórákra és információs rendszerekre vonatkozóan. Erre a pontos energiakezelési információra azért van szükség, hogy figyelemmel lehessen kísérni bármelyik helyi erőforrást, mint például a saját napelemeket, és biztosítható legyen a főleg pontos eladása a hálózat részére. Ha a felhasználók tisztában lennének a valós idejű energiaszükségletükkel, akkor ez segíthetne nekik, hogy energiatakarékosabbak lehessenek; és lehetővé tenné, hogy több energiafogyasztót olyan időpontban üzemeltethessenek, amikor a kínálat éppen bőséges, például, ha fúj a szél. A hálózatok egyre nagyobb mértékű fejlesztésével az alacsony igények esetén a megtermelt többletenergiát raktározni lehetne, hogy az esetleges túlermelés ne vesszen kárba.

Több olyan IT cég is van, aki az energia monitorozásával és kezelésével kapcsolatos termékeket vagy szolgáltatásokat kínál. Ezek a cégek széles skálán mozognak, vannak köztük nemrégiben piacra lépett vállalkozások, és ismert háztartási gépeket gyártó cégek is, de olyanok is, akiket eddig leginkább szolgáltatóként ismertünk.

Az IBM és a Fujitsu egyaránt kínál okos áramtermelést elősegítő hardver megoldásokat, ezenkívül terhelés- és időjárás-megfigyelő rendszerek is szerepelnek a palettájukon. A Google kifejlesztette a Powermeter nyílt forrású szoftvert, aminek a segítségével a fogyasztók közvetlenül leolvashatják az okos mérőórájuk által mért fogyasztásukat, és valós időben elemezhetik az energiafogyasztásukat. A Microsoft is piacra lépett a Holm elnevezésű energiafogyasztás-mérő szoftverével. A Cisco is igyekszik megduplázni a részesedését az okos hálózatok fejlesztésében a vállalati szintű energiakezelést támogató alkalmazásokkal, ahogy ezt az internet kiépítésében is tette. Gyors ütemben bővíti az okos hálózatokkal kapcsolatos termékeinek skáláját is.

A technológiát kínáló vállalatoknak törekedniük kell a decentralizált okos hálózatok fejlesztésére. Nekik kellene utat törniük a tiszta technológia forradalmának irányába. Fontos megjegyezni, hogy gyakran a nagy energiaszolgáltató cégek helytelen módon okos hálózatoknak neveznek olyan rendszereket, amelyek a fosszilis üzemanyagok égetéséből keletkező energiát nagyobb hatékonysággal juttatják el a fogyasztókhoz, azonban a smart grid fogalma nem csupán erről szól. Az okos hálózatok lehetővé teszik, hogy megváltozzon az a mód, ahogyan az emberek az energiát felhasználják, és a hangsúly világszerte eltolódjon a fosszilis üzemanyagoktól a megújuló energia irányába, amire alapvető szükség van, ha el akarjuk kerülni a katasztrofális klímaváltozás hatásait. A felelősség a vezető technológiai cégeké, hogy bátor lépéseket tegyenek, és a tervek megvalósuljanak.

kép A SPANYOLORSZÁGI SEVILLÁBAN LÉVŐ PS10 KONCENTRÁLT NAPENERGIA-ERŐMŰ 624 HATALMAS, MOZGATHATÓ TÜKRÖT HASZNÁL FEL, AMELYEKET HELIOSZTÁTOKNAK NEVEZNEK. A TÜKRÖK A NAP SUGARAIT EGY 115 MÉTER MAGAS TORONY TETEJÉBE VERIK VISSZA, AHO L EGY NAPKOLLEKTOR ÉS EGY GŐZTURBINA KAPOTT HELYET. A TURBINA EGY GENERÁTORT HAJT MEG, ÉS ÍGY KELETKEZIK AZ ELEKTROMOS ÁRAM.



okos hálózatok

GLOBÁLIS KÉP

A MEGÚJULÓ ENERGIA
INTEGRÁLÁSA A VILLAMOSENERGIA-
RENDSZEREKBE

MIÉRT VAN SZÜKSÉGÜNK OKOS
HÁLÓZATOKRA?

AZ OKOS HÁLÓZATOK SZEREPE AZ
ENERGIA[FORRADALOMBAN]



kép: NAPIENERGIÁT FELHASZNÁLÓ (PV) NAPELEMEK ÖSSZESZERELÉSE KÍNÁBAN. © GREENPEACE/ALEX HOFFORD

GREENPEACE INTERNATIONAL
KLÍMA KAMPÁNY



Az okos hálózatok (vagyis a smart gridek) kifejezést gyakran hallani a médiában és a politikusok szájából, de nagyon nehéz általánosan elfogadott meghatározást találni rá. A kifejezést leggyakrabban a jövő jobb és tisztább villamosenergia-rendszereivel kapcsolatban használják, amelyekben az információs technológia nagyobb szerepet kap, mint napjainkban. Ez a fejezet részletesen bemutatja a teljes rendszer felépítését, és annak különböző okos (vagy smart) elemeit.

Az okos hálózaton alapuló energiarendszerek kiépítésével kapcsolatban bizonyos részletek még a tudományos kutatás és ipari fejlesztés fázisában vannak, azonban már most is elegendő ismeret és tapasztalat áll rendelkezésre ahhoz, hogy megfelelő leírást adhassunk a jövő energiarendszereiről, amelyek okos hálózatokat használnak.

Ebben a tanulmányban a következőképpen határozzuk meg a kifejezést:

Az okos hálózat egy olyan elektromos hálózat, amely elszórt energiaforrások, valamint fejlett infokommunikációs és vezérlő technológiák segítségével költséghatékonyan, alacsonyabb üvegházhatás-intenzitással kézbesít elektromos áramot a fogyasztók igényeinek kielégítése céljából. Az okos hálózatok kisebb teljesítményű generátorokat és nagy arányú megújuló energiaforrást használnak modern energiakezelő megoldásokkal, hogy kiegyensúlyozzák a rendszert használó fogyasztók igényeit. Az energiaforrások közelebb vannak a felhasználókhoz, nem úgy, mint a nagy, központosított energiaforrások esetében.

Az igazi okos hálózatok olyan megújuló energiákon alapulnak, amelyek nem bocsátanak ki üvegházhatást okozó gázokat, ám a vezérléstechnológia a hagyományos, fosszilis erőművek által termelt energiát is képes hatékonyabban felhasználni, és segít egyre több megújuló energiát integrálni a régi típusú hálózatokba. A mai energiahálózatok a világ összes szén-dioxid-kibocsátásához 41%-ban járulnak hozzá.² Tény, hogy a jövő energiarendszereiben sokkal nagyobb arányban lesznek jelen a megújuló energiaforrások, mivel a klímaváltozás megfékezéséhez nagy arányban kell a károsanyag-kibocsátást csökkenteni.

A szén-dioxid és egyéb üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának klímaváltozást okozó hatásaira 1992-ben figyeltek fel, amikor is 154 ország és az Európai Közösség is aláírta az ENSZ éghajlat-változási keretegyezményt a Rióban megtartott csúcstalálkozón. Ma több nemzeti és nemzetközi célkitűzés is létezik az ilyen kibocsátások csökkentésére. Dánia például azt tűzte ki célul, hogy 2050-re a nemzeti energiaszükségletének 50%-át megújuló energiaforrásból fogja fedezni. Az EU-nak az a célja, hogy a mai 8,5%-os szinthez viszonyítva 2020-ra az energiatermelésének 20%-át biztosítsa megújuló forrásokból.³ Azonban csakis az új, okos hálózatokkal tudjuk stabilizálni a szén-dioxid légkörbe történő kibocsátását, és csökkenteni a klímaváltozás hatásait, mivel csakis az új hálózatok képesek a mintegy 80-90%-os megújuló energia részarányt kezelni.

Ebben a fejezetben bemutatjuk a jövő okos hálózatokon alapuló energiarendszereit, amelyekben domináns szerepet fog kapni az olyan megújuló energia, amely mindenkor képes stabil áramellátást biztosítani. Bemutatjuk azokat a műszaki megoldásokat és meglévő bemutatóprojekteket, amelyek kiemelik a jövő energiarendszerének kulcsfontosságú elemeit, és képesek lesznek tiszta alapanyagok felhasználásával és az okos hálózatok támogatásával működni.

referencia

² [HTTP://WWW.IEA.ORG/WEO/DOCS/WEO2009/CLIMATE_CHANGE_EXCERPT.PDF](http://www.iea.org/weo/docs/weo2009/climate_change_excerpt.pdf)

³ [HTTP://EURLEX.EUROPA.EU/LEXURISERV/LEXURISERV.DO?URI=OJ.L:2009:140:0016:0062:EN:PDF](http://eurlex.europa.eu/lexuriserv/lexuriserv.do?uri=OJ.L:2009:140:0016:0062:EN:PDF)

1.1 a megújuló energia energiarendszerekbe való integrálása: megvalósítható!

Minden energiarendszernek az a fő feladata, hogy a nap 24 órájában, a hét minden napján energiát biztosítson, függetlenül attól, hogy megújuló vagy nem megújuló energiaforrást használ fel. Ennek érdekében a rendszernek képesnek kell lennie arra, hogy állandóan egyensúlyban tartsa az elektromos áram termelését és fogyasztását, és a hálózatnak meg kell tudni birkóznia a rendszer különböző állapotaival.

1.1.1 a megújuló energia integrálása az energiarendszerekbe

A megújuló energia meglévő energiarendszerekbe történő integrálása a világ minden részén ugyanazt kívánja meg, függetlenül attól, hogy nagy, központosított rendszerekről, vagy szigeteken lévő kis rendszerekről beszélünk. Az energiarendszerek működtetésének a fő célja az, hogy az elektromos áram előállítása és fogyasztása mindig egyensúlyban maradjon.

Alapos tervezésre van szükség ahhoz, hogy a termelőkapacitás mindig ki tudja elégíteni az igényeket. A kereslet és kínálat egyensúlyban tartása mellett az energiarendszerek:

- eleget kell tennie előre meghatározott minőségi követelményeknek – feszültség/frekvencia –, amihez további műszaki berendezésekre és kiegészítő szolgáltatásokra van szükség (lásd az 1-es mellékletet a kifejezések meghatározásához); és
- képesnek kell lennie túlélni olyan szélsőséges helyzeteket, mint a kínálat hirtelen fennakadása (például egy termelőegység meghibásodása) vagy az átviteli rendszer meghibásodása.

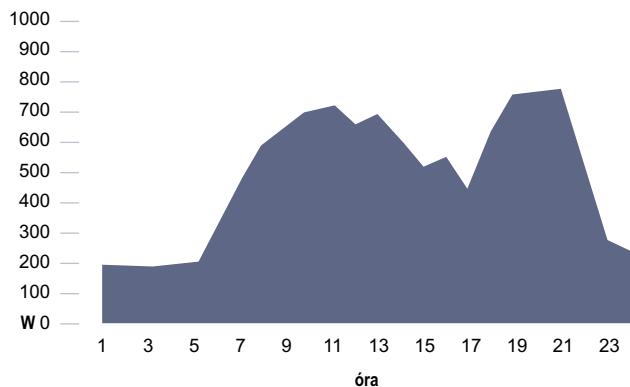
Általában az elektromos rendszerek olcsó energiaforrásokat használnak az alapterheléssel működő erőművekben, amelyek szinte mindig képesek meghatározott kapacitással működni. Ezek a központosított egységek gyakran „rugalmatlan” energiaforrások, ami azt jelenti, hogy nem nagy hatékonysággal működnek, és csak nagy költségek mellett lehet a teljesítményüket megváltoztatni a nap folyamán, hogy arányban legyen a valós energiefelhasználással (változtatható terhelés).

„Az okos hálózatok új fejezetet jelentenek az európai elektromos hálózatok történetében... Olyan közös tervekről van szó, amelyek lehetővé teszik, hogy az európai elektromos hálózatok megküzdjenek a 21. század kihívásaival, és ki tudják használni annak lehetőségeit, valamint meg tudjanak felelni a társadalom elvárásainak.”

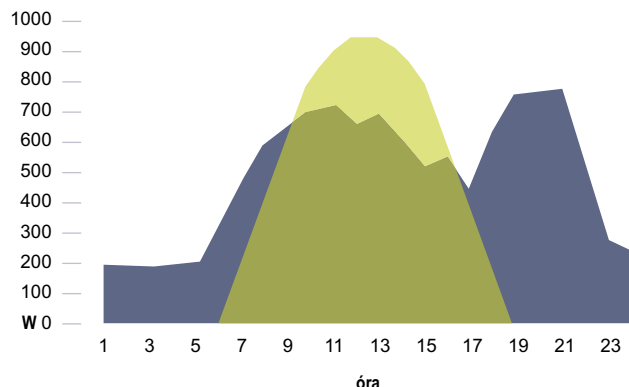
OKOS HÁLÓZATOK EURÓPAI TECHNOLÓGIAI PLATFORM A JÖVŐ ELEKTROMOS HÁLÓZATAIÉRT: STRATÉGIAI TERVEK EURÓPA JÖVŐBELI ELEKTROMOS HÁLÓZATAIRÓL

[HTTP://WWW.SMARTGRIDS.EU/DOCUMENTS/VISION.PDF](http://www.smartgrids.eu/documents/vision.pdf)

3. ábra: tipikus terhelési ingadozások egy 24 órás periódus alatt, és termelési források hibrid rendszer esetében napelemekkel és akkumulátorokkal



● ELEKTROMOS IGÉNY



● ELEKTROMOS IGÉNY AKKUMULÁTORRAL / EGYÉB FORRÁSSAL / GENERÁTORRAL KIELÉGÍTVE
● ENERGIA NAPELEMES GENERÁTORRAL ELŐÁLLÍTVA

forrás MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKON ALAPULÓ HIBRID ENERGIARENDSZEREK: MEGFELELŐ ÉS KÖLTSÉGHATÉKONY MEGOLDÁS A VIDÉKI TERÜLETEK VILLAMOSÍTÁSÁRA, ALLIANCE FOR RURAL ELECTRIFICATION (WWW.RURALELEC.ORG)

A valóságban a terhelés időről időre változik (lásd 3. ábra), és ez azt jelenti, hogy további rugalmas energiageneráló erőforrásokra van szükség a megfelelő mennyiségű energia biztosításához. A nagyobb energiarendszerek esetében a változó energiaigény kielégítésre a kombinált ciklusú gázturbinák (CCGT) vagy a megfelelő tárolókapacitással rendelkező vízerőművek nyújtanak megoldást. A hagyományos, szigetek esetében alkalmazott megoldásoknál általában több dízelüzemű generátort (genset) alkalmaznak, amelyek a nap 24 órájában működnek. Több gensetnek kell párhuzamosan működnie a teljesítménye csúcsán, a terhelés változásának követése céljából pedig egy további genset áll rendelkezésre.

Ha megújuló energián alapuló elektromos áramot csatlakoztatunk egy hagyományosan központosított vagy szigetet kiszolgáló energiarendszerhez, akkor ez hatással lesz a hagyományosan megtervezett rendszer működésére. Az ilyen jellegű hatás erőssége az alkalmazott megújuló energia technológiájától függ:

- A biomassza / geotermikus / koncentrált napenergia (CSP) / vízenenergia esetén tárolókapacitással: a kimeneti teljesítmény változtatható. Például támogatni tudják az alapteljesítményt és a csúcsteljesítményt is.
- Vízenenergia tárolókapacitás nélkül (folyóvíz) / napelemek / szélenergia: a kimeneti teljesítmény a rendelkezésre álló természeti erőforrásoktól függ, így a kimeneti teljesítmény változó.⁴

Kétféle hatást kell figyelembe venni, amikor megújuló energiát csatlakoztatunk a mikrohálózatokhoz: a kiegyensúlyozó és a megbízhatósági hatást.

A **kiegyensúlyozó hatás** a rövid távú változtatásokra utal, amelyekkel az ingadozásokat kell kezelni, melynek az időtartama lehet percek vagy órák kérdése a kézbesítést megelőzően. Változtatható energia-előállítás képesség nélküli rendszerek esetében különbség alakulhat ki a kereslet és kínálat között. Ennek oka lehet például az, hogy nem volt megfelelően előre jelezve az energiaigény vagy hogy egy hagyományos erőmű nem a tervek szerint működik, például műszaki okok miatt valamelyik erőmű leáll.

Ha egy változtatható kimeneti teljesítménnyel rendelkező erőművet kapcsolunk a rendszerhez, akkor megnő annak a veszélye, hogy az energia előállítása nem a tervek szerint fog haladni például amiatt, hogy egy front gyorsabban halad el az adott térség felett, mint ahogyan azt előrejelezték. A rendszert érintő hatások nagysága attól függ, hogy milyen mértékű, és mennyire széles körben kézbesített a változtatható kimeneti teljesítménnyel működő erőművek által termelt áram. Ha egy adott mennyiségű szél által termelt áramot nagyobb földrajzi területen osztunk szét, akkor kisebb lesz a rendszerre kifejtett destabilizáló hatás, mintha kisebb helyre összpontosulna; mert így jobban eloszlik a megtermelt energia. A rendszer kiegyensúlyozásának az alábbi területeken van jelentősége:

- **Egy nappal való előre tervezés**, amely során biztosítani kell, hogy megfelelő mennyiségű energia kerüljön előállításra a jelzett igények kielégítéséhez, figyelembe véve a változtatható kimeneti teljesítménnyű erőművek tervezett termelését (általában 12-36 órával előre);
- **A rendszer rövid távú kiegyensúlyozása**, amely által kiegyensúlyozó erőforrások kerülnek felhasználásra olyan helyzetekben, amikor eltérés alakul ki az előrejelezett kereslet/kínálat között, vagy az áramtermelésben hirtelen hiány lép fel (általában másodpercekkel vagy órákkal előre történő tervezés). Szigetek esetében a rendszernek mindkét helyzetet automatikusan kell kezelnie.

referencia

⁴ AZ ILYEN ENERGIAFORRÁSOKRA SZOKTAK „IDŐSZAKOS” MEGÚJULÓ ENERGIAKÉNT IS UTALNI, AZONBAN EZ A MEGNEVEZÉS NEM PONTOS, MIVEL ÍGY OLYAN JELENTÉSE IS VAN A KIFEJEZÉSNEK, HOGY „KISZÁMÍTHATATLAN”, AZAZ NEM TERVEZHETŐ. EZ AZONBAN NEM IGAZ, MIVEL AZ ILYEN ENERGIAFORRÁSOK KIMENETI TELJESÍTMÉNYÉT ELŐRE LEHET TUDNI, VAGYIS TERVEZHETŐEK. EZENKÍVÜL LESZABÁLYOZOTT FORMÁBAN BÁRMIKOR ÜZEMELTETHETŐEK.



A megbízhatósági hatás azt a szintet jelöli, amely mindig képes kielégíteni a csúcsgigényeket elegendő áram termelésével. Egyetlen elektromos hálózat sem lehet 100%-ban megbízható, mert minimális esély mindig van arra, hogy az erőművek vagy átviteli egységek meghibásodjanak csúcsgigény esetén. Általában azonban a megújuló energiát szélesebb körben kézbesítik, mint a hagyományos nagy méretű erőművek által termelt energiát, ezért csökken a nagy erőművek hirtelen meghibásodása által okozott kiesés esélye. Másrészt, a változtatható megújuló energián alapuló áramtermelés csökkenti annak az esélyét, hogy a legmagasabb kereslet esetén is rendelkezésre álljon áramtermelés, ezért ez még összetettebbé teszi a rendszer tervezését.

A megbízhatóság fontos szempont a hosszú távú, 2-10 éves rendszertervezésnél. A változó teljesítményű generátorokkal történő áramtermelés esetében az erőforrások elhelyezkedése miatt nagy kihívást jelent hosszú távon előre tervezni. Ahhoz, hogy nagy mennyiségű megújuló energiát csatlakoztathassunk a rendszerhez, az erőműveknek bizonyos távolságra kell elhelyezkedniük egymástól, azért, hogy például Dél-Európából származó napenergiát tudjunk hasznosítani akkor, amikor az Északi-tengeren nem, vagy csak alig fúj a szél. Erről a témáról részletesebben beszélünk a 2. fejezetben, a szuperhálózatokról szóló részben.

A szigetek energiarendszerei esetében az erőművek általában közel vannak egymáshoz, ami azt jelenti, hogy több különböző áramtermelési módszert kell alkalmazni a szigetekeken, vagy valamelyest túl kell méretezni a rendszereket, hogy biztosítani lehessen a megfelelő áramellátást minden időben. Ezt általában úgy érik el, hogy telepítenek néhány tartalék dízel generátort. Ezenkívül a szigetek energiarendszerei képesek a keresletet a kínálathoz igazítani, és nem fordítva. Ezt a megközelítést kereslet oldali kezelésnek nevezzük. A szigetek esetében egy példa a kereslet oldali „rugalmas” terhelésre az öntözőrendszerek működése, amelyeket ki és be lehet kapcsolni attól függően, hogy van-e rendelkezésre álló áram vagy sem. Az energiarendszerek tervezése során nem új dolog a megújuló energiaforrások integrálásával kapcsolatos kihívás; a világ összes energiarendszerénél ugyanez a helyzet függetlenül a kapacitás megosztottságtól, az igény nagyságrendjétől és a piac kialakításától. A megújuló energia nagyarányú térhódítása új kihívások elé állítja az iparágat, de a meglévő tapasztalatok azt mutatják, hogy a megújuló energia még a szigetek esetében is nagy arányban integrálódhat az energiarendszerekbe (lásd 4. rész).

Dániában például 2007-ben a szélenergia biztosította a nemzeti fogyasztás 21,22%-át.⁵ Sok esetben, például éjszakánként, amikor erősen fúj a szél és alacsony a fogyasztás, a megtermelt szélenergia több, mint amire szükség van helyileg. Ilyen esetben a fölösleget a környező országokba exportálják.

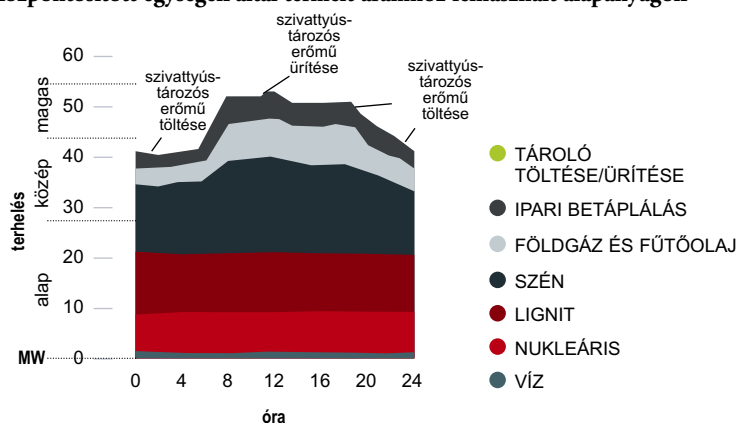
1.1.2 az alapterhelés és a rendszer kiegyensúlyozása

Az energia kiegyensúlyozásának az a célja, hogy a rendszer frekvenciáját állandó szinten tartsa. A hálózat frekvenciájának az értéke megegyezik az áramot termelő generátor frekvenciájának az értékével, aminek a mértékegysége a Hertz (Hz). A rendszer frekvenciája a terhelés (igény) mértéke miatt változó. Egy csúcsteljesítmény közelében működő elektromos hálózat esetében a frekvencia gyakran ingadozik, és drámai esetek előzhetnek meg egy esetleges súlyos áramkimaradást.

A rendszermérnökök évekkel előre terveznek, hogy a rendelkezésre álló termelés mindig kielégítse a szükségletet, és a frekvencia ingadozása minimális legyen. A múltban az áramtermelés és az energiarendszer-tervezésének feladatát egy központi szervezet végezte, amelyet általában egy hálózati irányító vagy másnéven rendszerirányító (TSO) felügyelt. Ma az áramtermeléshez kapcsolódó befektetések tervezése nem központosított, és az elektromos áram piaci ára határozza meg.

A világ különböző részein meglévő energiarendszerek különböző technológiákat és áramtermelési forrásokat fejlesztettek ki, gyakran a nemzeti energiapolitika befolyásolásának hatására. Az energiarendszereket általában nagy teljesítményű, alapterheléses, például több mint 660 MW kapacitású erőművek köré tervezték, amelyek szinte mindig teljes kapacitáson üzemelnek (lásd 4. ábra).

4. ábra: tipikus terhelésingadozás 24 órán belül, és a nagy központosított egységek által termelt áramhoz felhasznált alapanyagok



Ezek a központosított egységek általában szén- vagy atomerőművek, amelyek rugalmatlan áramtermelő erőforrások – nem képesek a „terhelést követni”, vagyis nem tudják a termelésüket az adott napszak igényeihez alakítani. A működési kapacitásukat csak nehezen és költségesen lehet módosítani. Ezenkívül a nagy, központosított egységek elektromos hálózatának infrastruktúrájához komoly befektetés szükséges.

Finnországban például az eredeti tervek szerint az Olkiluoto atomerőmű kibővítése által további 1.600 MWe áram előállításra lenne lehetőség. A bővítést 2012-re tervezték, azonban most már bizonytalan, hogy megvalósul-e a terv, és ha igen, mikor. A beruházás megtérüléséhez, meg kell építeni egy 800 MW kapacitású tengeralatti kábelt Olkiluoto és Svédország között, hogy a megtermelt többlet energia exportálható legyen. Erre a jelentős rendszerbővítésre az Olkiluoto atomerőmű állandó kapacitású üze me miatt van szükség a Skandináv energia rendszerben.

A terhelés sohasem állandó, lásd a 4. ábrát, ezért a rugalmasabb áramtermelő rendszerek képesek „követni a terhelést”. Erre tipikusan alkalmasak a kombinált ciklusú gázturbinák (CCGT) vagy a víz alapú erőmű rendszerek, mert jelentős tárolókapacitásuk van az adott napközbeni ingadozás kiegyenlítéséhez. A nagy, rugalmatlan áramtermelő egységekkel – mint például a nukleáris erőművekkel – ellátott energiarendszereknek is szükségük van jelentős mennyiségű rugalmas áramtermelő erőforrásokra.

referencia

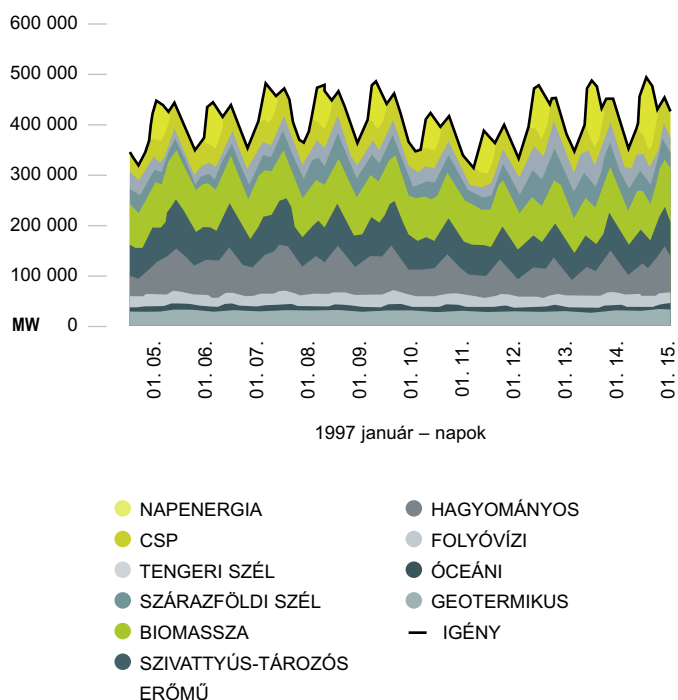
⁵ WIND POWER TO COMBAT CLIMATE CHANGE, HOW TO INTEGRATE WIND ENERGY INTO THE POWER SYSTEM, ENERGINET.DK, A DÁN SZÁLLÍTÁSI RENDSZER, [HTTP://WWW.E-PAGES.DK/ENERGINET/126/](http://www.e-pages.dk/energinet/126/)

1.1.3 alapterhelés kontra rugalmas, megújuló áramtermelés

Az okos hálózatokba integrált megújuló energia megváltoztatja a „alapterhelésű” energiával kapcsolatos igényeket. Az új energiakoncepcióban előnyösebb „rugalmatlan” és „rugalmas” energiáról beszélni. Olyan országokban, ahol bőségesen rendelkezésre állnak megújuló természeti erőforrások, mint például Spanyolország, bizonyos napokon az energiaszükséglet több mint 40%-a megújuló energiaforrásból származik. Lehetőségünk van világszerte elmozdulni a főként megújuló energián alapuló rendszer irányába, és ezzel megváltozik az alapterhelésű energia iránti igényünk. Ehelyett rugalmas energiatermelő-állomások (például nap+gáz, geotermikus, szél, kereslet oldali kezeléssel párosulva) biztosíthatnák az energiaellátást éjjel-nappal, áramkimaradás nélkül.

A 5. ábra egy tipikus példáját mutatja be annak a helyzetnek az európai energiarendszerben, amelyben nagy arányú megújuló energiaforrás szerepel – jelen esetben túlnyomórészt napenergia. Itt a fix kapacitású hagyományos erőművek mellett geotermikus, óceáni és folyóvíz energiára épülő termelő egységek is működnek, a szél- és a napenergia-termelés ingadozását, valamint az igényváltozások kiegyensúlyozását gáztüzelésű- és biomassza erőművek segítik.⁶

5. ábra: energiatermelés (MW-ban) különböző forrásokból és az európai összesített igény egy szélsőséges januári időszakban



forrás ENERGYNAUTICS

műszaki vagy pénzügyi akadályok vannak?

Spanyolország példáját alapul véve, a napi energiaszükséglet több mint 40%-a kielégíthető megújuló energia által bizonyos napokon. Az energiarendszer képes megbirkózni ezzel a feladattal, nincsenek áramkimaradások vagy komolyabb műszaki fennakadások. Ám a megújulóenergia-szektor gazdasági akadályokkal néz szembe, mivel Spanyolorzágnak jelenleg többletkapacitása van. Másszóval Spanyolország sokkal több energiát képes előállítani, mint amire szüksége van, és a gazdasági válság csak súlyosbítja a helyzetet. Ennek az az oka, hogy Spanyolország nagyszámú megújuló energián alapuló erőművet (és kombinált ciklusú gázturbinát) létesített azzal a céllal, hogy az ország energetikai jövője megújuló, tiszta energiaforrásokon alapuljon, ugyanakkor a régi, meglévő kapacitást még mindig nem vonta ki a rendszerből.

Napjainkban a megújuló energiának egyre nagyobb piaci részesedése van, és kezdi kiszorítani a piacról a hagyományos, nem megújuló energiaforráson alapuló erőműveket. A hagyományos erőművek a tervezettnél kevesebb kWh-t értékesítenek, és nem tudják őket teljes kapacitáson működtetni, ami megnöveli a működési költségeket és az 1 kWh-n megtermelhető profitot. Spanyolországban a hagyományos erőműveket üzemeltető cégek lobbizni kezdtek a megújuló energia ellen, mivel az rossz hatással van üzleti terveikre. Általában az alapterhelésű erőművek tulajdonosai kerülnek hátrányos helyzetbe, mert egyre kisebb szükség van az általuk megtermelt energiára, a megújuló energiát felhasználó erőművek termelése miatt. Ezzel szemben egyre nagyobb szükség van a rugalmasabb és gyorsan szabályozható áramtermelő egységekre. Ebben az esetben a nagy kapacitású megújuló energiával kapcsolatos projektek megvalósításának elsősorban nem műszaki, hanem pénzügyi akadályai vannak. Az akadályt azok a cégek jelentik, akik nem akarnak lemondani arról a nyereségről, amely a fix kapacitású erőművekbe való befektetéseikből származik.

A Greenpeace azért kampányol, hogy nagyságrendekkel csökkentsük a szénhez és az atomenergiához való kötődésünket a klímaváltozás megfékezése érdekében. Az energiatermeléssel kapcsolatos lehetőségeink megfelelően fejlettek ahhoz, hogy magunk mögött hagyassuk a hagyományos erőműveket, és áttérjünk a jövő megújuló energián alapuló energiatermelésére. Ám az energiaipar egyre több és több szén- és atomerőművet tervez Európában, ami nem illik bele a megújuló energián alapuló energetikai jövőképünkbe. Ezek az erőművek nem tiszták, és nem lehet őket kellő rugalmassággal üzemeltetni ahhoz, hogy megfeleljenek a jövő energiarendszereivel szemben támasztott követelményeknek.

referencia

⁶ ELVILEG A GEOTERMIKUS ENERGIÁT SZINTÉN LEHETNE RUGALMASAN HASZNÁLNI.

kép A BERLINI GEOSOL A „LEIPZIGER LAND” NEVŰ NAPERŐMŰVET TELEPÍTI, AMELYNEK A TULAJDONOSA A SHELL SOLAR, ÉS EGY LIPCSE MELLETTI VOLT BARNAKŐSZÉNÁNYA TERÜLETÉN KAPOTT HELYET SACHSENBAN, NÉMETORSZÁGBAN.



1.2 miért van szükségünk okos hálózatokra a megújuló energia nagy arányú integrációjához?

A jövő energiarendszereinek a világ minden részén megújuló energián kell majd alapulniuk, legalább a fogyasztás 90%-ának mértékében, ami lehet szél-, nap-, biomassza- vagy vízenergia.

Egészen mostanáig a megújuló energia technológiai fejlesztése során komoly erőfeszítéseket tettek azért, hogy az erőművek műszaki teljesítményét a meglévő energiarendszerek sajátosságaihoz igazítsák (lásd 2. melléklet). Ebből kifolyólag a legtöbb nagy teljesítményű szélturbina a hagyományos erőművekkel szemben támasztott követelményeknek felel meg, így a szélfarmok szélerőművek lettek. Ám elérkezett az idő, hogy az energiarendszerek jobban alkalmazkodjanak a változtatható áramtermelés követelményeihez, vagyis az energiarendszernek rugalmasabbnak kell lennie, és kevésbé kell függenie a nagy, rugalmatlan, hagyományos erőművektől.

A dán példa, ahol jelentős mértékű szélerőenergiát építettek be az energiarendszerbe, főleg azért volt lehetséges, mert Skandináviában bőven rendelkezésre áll a rugalmas vízenergia, amely ki tudja egyensúlyozni a szélerőművek termelésének ingadozását. Nem mindenhol lehetnek fel azonban ilyen erőforrások, ezért az energiahálózatnak más módon kell biztosítani a rugalmasságot. Az okos hálózat rendkívüli szerepet fog játszani e cél elérése érdekében, főleg azzal, hogy a kereslet oldali kezelést integrálja az energiarendszer működésébe.

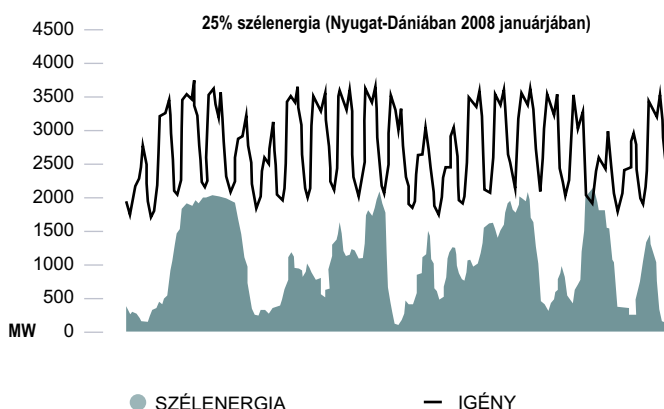
A jövő energiarendszere nem egy pár központosított erőmű köré fog épülni, hanem több tízezer olyan áramtermelő egység köré, mint a napelemek, a szélturbinák és a megújuló energiatermelés más módjai, amelyek részben a elosztóhálózat mentén telepített egységek, részben pedig nagy erőművek, például tengeri szélfarmok által fognak megvalósulni. Az okos hálózati megoldások segítenek majd ezt a megosztottságot az energiarendszer működésébe integrálni, ugyanakkor könnyebbé teszik a hálózatok összekapcsolódását.

Mindez azt eredményezi, hogy az energiarendszerek tervezése összetettebb feladat lesz a nagyszámú energiatermelő üzem és a megújuló energia jelentős hányada miatt, ami állandóan változó energiaáramlást eredményez a hálózaton belül. Az energiarendszerek tervezése során az okos hálózatok technológiájára lesz szükség, konkrétan az egy nappal előre tervezés, valamint az energiarendszer kiegyensúlyozásának aktív támogatásában, beleértve a valós idejű adatszolgáltatást a hálózat és az áramtermelő egységek állapotával és az időjárás-előrejelzéssel kapcsolatban. Az okos hálózat technológiája abban is fontos szerepet játszik, hogy mindig biztosítani kell a csúcsgények kielégítését. Az okos rendszerek által az elosztó és az átviteli eszközök jobban ki lesznek használva, így minimálisra csökkenthető az átviteli hálózat bővítésének igénye.

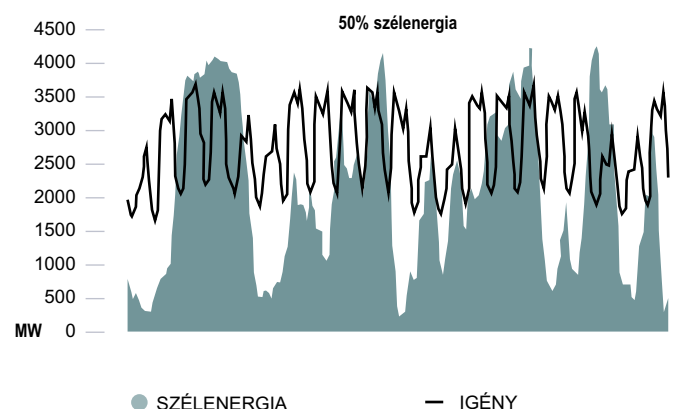
Az okos hálózatok információs és kommunikációs technológiát (ICT) használnak a megújuló energiaforrásokat felhasználó rendszerek esetében. Az okos hálózatoknál az ICT-t a következőkre használják:

- a nagyszámú megújuló energiát termelő egység energiarendszerhez való kapcsolására (plug and play);
- rugalmasabb energiarendszer kialakítására a jelentős keresletoldali kezelés által, és a tárolókapacitás integrálásával a különböző megújuló energiákon alapuló energiaforrások hatásainak kiegyensúlyozása céljából;
- pontosabb adatok szolgáltatására a rendszer állapotáról a rendszerkezelő részére, hogy hatékonyabban működtethessék az áramáramlást;
- a hálózati frissítések minimálisra csökkentésére a hálózati erőforrások hatékony felhasználásával, és az áramtermelés hatékony koordinálásának támogatására nagy földrajzi távolságokon, amire alapvető szükség van a megújuló energia termeléshez.

6. ábra: szélerőenergia a nyugat-dán energiarendszerben



A bal oldali kép 25%-os szélerőenergiát ábrázol a nyugat-dán elektromos rendszerben, míg a jobb oldali képen 50%-os szél integrációt láthatunk (a széltermelés szürke színnel, az igény fekete vonallal van jelölve). Világos, hogy erősebb integrációs szint mellett bizonyos időszakokban többletenergia



keletkezik, más időszakokban pedig a szél nem tudja kielégíteni az igényeket. Ezért az energiarendszert rugalmasabbá kell tenni, hogy követni tudja a megújuló energia változó szintű energiatermelését, például az keresletoldali kezeléssel és/vagy tároló kapacitások beiktatásával.

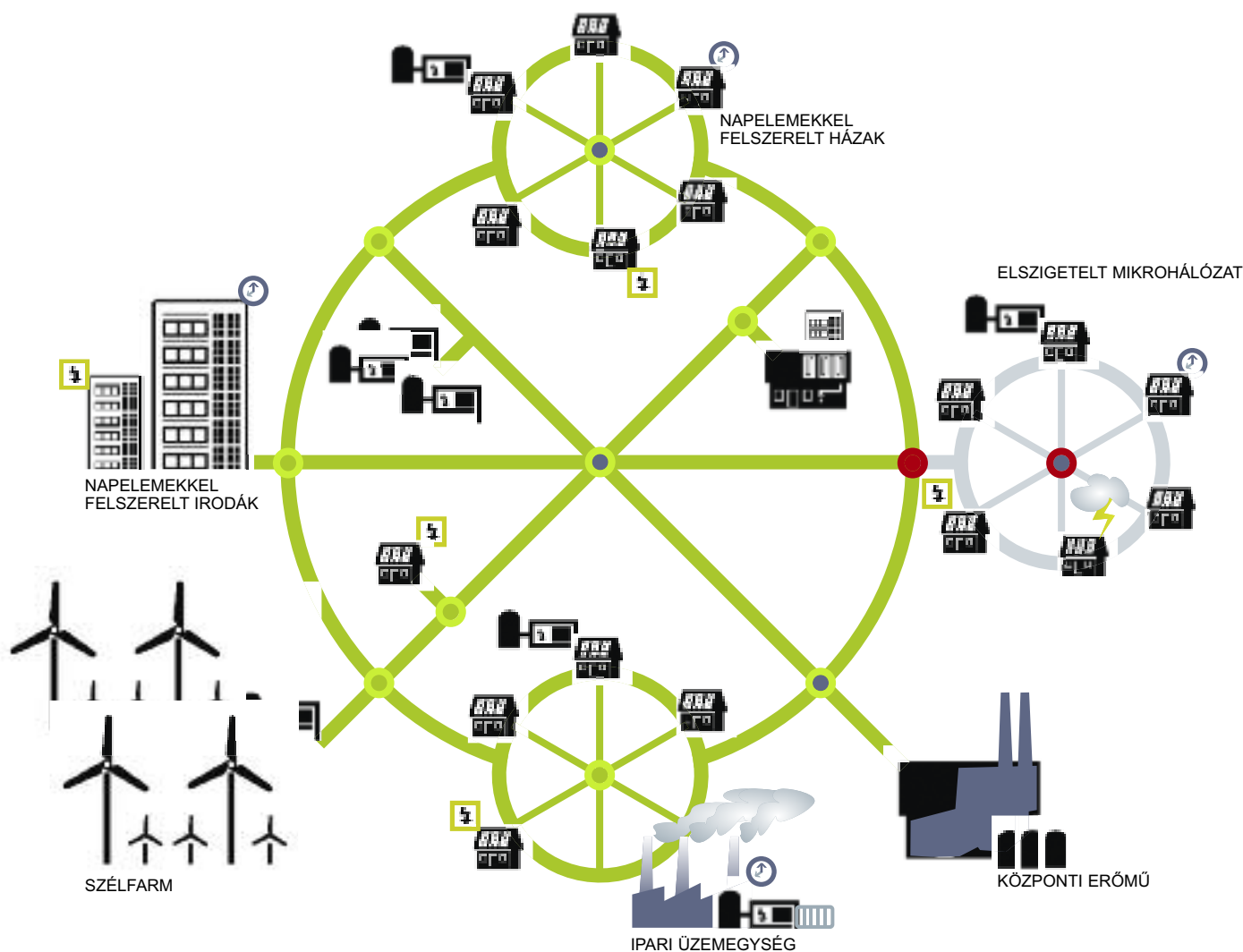
1.3 az okos hálózat az energia[forradalomban]

A szinte kizárólag megújuló energián alapuló elektromos hálózati rendszer kifejlesztéséhez a rendszert újra kell tervezni, és bele kell építeni az okos

hálózati technológiát, amelynek a kidolgozásához még jelentős munka vár ránk.⁷ A 7. ábrán egy okos hálózati technológián alapuló, jövőbeli, megújuló energiát alkalmazó rendszer vázlatát láthatjuk.

7. ábra: az okos hálózat az energia[forradalomban]

JÖVŐKÉP – OLYAN INTEGRÁLT MIKROHÁLÓZATOKBÓL ÁLLÓ RENDSZER, AMELY KÉPES ÖNMAGÁT FIGYELNI ÉS JAVÍTANI



PROCESSZOROK A MÁSODPERC TÖRTRÉSZE ALATT HAJTJÁK VÉGRE A SPECIÁLIS VÉDELMI INTÉZKEDÉSEKET

- ÉRZÉKELŐK „KÉSZENLÉTI” ÜZEMMÓDBAN – ÉSZLELIK AZ INGADOZÁSOKAT ÉS ZAVAROKAT, ÉS KÉPESEK JELEZNI AZ ELSZIGETELENDŐ RÉSZEKET
- ÉRZÉKELŐK „BEKAPCSOLT” ÜZEMMÓDBAN – ÉSZLELIK AZ INGADOZÁSOKAT ÉS ZAVAROKAT, ÉS KÉPESEK JELEZNI AZ ELSZIGETELENDŐ RÉSZEKET



OKOS BERENDEZÉSEK A FREKVENCIAINGADOZÁSOK ESETÉN KÉPESEK KIKAPCSOLNI



IGÉNYKEZELÉS AZ IGÉNYT CSÚCSIDŐN KÍVÜLRE LEHET ÜTEMEZNI, ÍGY PÉNZ SPÓROLHATÓ MEG



GENERÁTOROK A KIS GENERÁTOROK ÉS NAPELEMEK ÁLTAL MEGTERMELT ENERGIA CSÖKKENTI A HÁLÓZATI TERHELÉST



TÁROLÁS A CSÚCSIDŐN KÍVÜL MEGTERMELT ENERGIÁT AKKUMULÁTOROKBAN LEHET TÁROLNI KÉSŐBBI FELHASZNÁLÁS CÉLJÁRA



HÁLÓZATI ZAVAR

referencia

⁷ LÁSD MÉG ECOGRID 1. FÁZIS ÖSSZEFOGLALÓ JELENTÉS:
[HTTP://WWW.ENERGINET.DK/NR/RDONLYRES/8B1A4A06-CBA3-41DA-9402-B56C2C288FB0/0/ECOGRIDDK_PHASE1_SUMMARYREPORT.PDF](http://www.energinet.dk/NR/RDONLYRES/8B1A4A06-CBA3-41DA-9402-B56C2C288FB0/0/ECOGRIDDK_PHASE1_SUMMARYREPORT.PDF)



Az okos hálózati rendszer kiépítésével kapcsolatos további részletekhez a jelenlegi kutatások folytatására és dinamikus technológiafejlesztésekre van szükség. Néhány ország már megtette a kezdeti lépéseit az új, megújuló energián alapuló okos hálózat kiépítésének irányába. Ebben a részben az okos hálózattal kapcsolatos innovatív tesztprojekteket mutatjuk be.

A példák jól mutatják, hogy az okos hálózati technológia sokkal többet jelent az okos mérőóránál, és hogy a technológia fejlesztését nem kell az alapoktól kezdeni. Sok esetben már elegendő tapasztalat áll rendelkezésre ahhoz, hogy a tesztprojekteket közepes méretű valós beruházások váltsák fel. Az energiaipar legnagyobb problémája nem az ötletek és lehetséges megoldások hiánya, hanem az, hogy nincs elég lehetőség a megoldások valós energiarendszerben történő kipróbálására. A tesztelésre és a való életből vett példákra alapvető szükség van az elektromos berendezések ezreivel vagy akár tízezeivel kapcsolatos további információszerezéshez, mivel a bemutatóprojekteken alig több mint pár tucatnyi eszköz kerül kipróbálásra. Az ösztönzők által új technológiát lehetne beépíteni a meglévő rendszerekbe, ám az átviteli rendszerek valódi monopóliumok, ezért nem töreksenek túlzottan a fejlesztésekre, hogy nagyobb piaci részesedésre tegyenek szert.

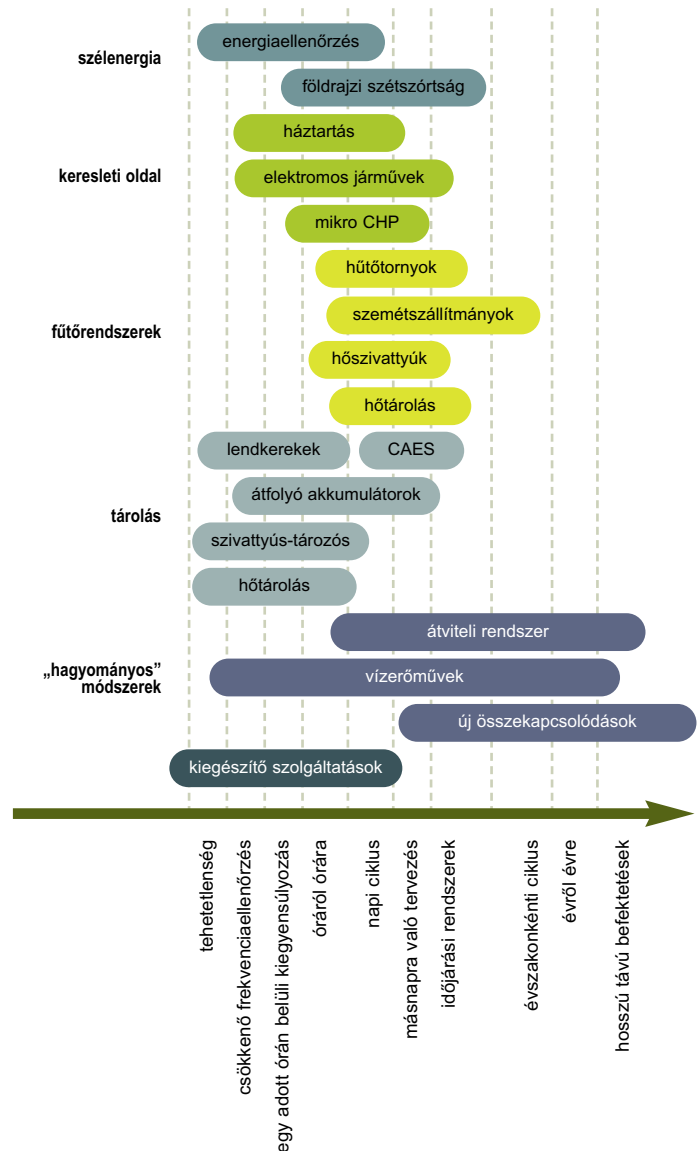
Az okos hálózatok koncepciója általában a közepes és kisfeszültségű hálózatokkal kapcsolatos alkalmazásokra összpontosít IT technológia alkalmazásával, amellyel monitorozzák és szabályozzák a különböző felhasználásokat, például a kis teljesítményű technológiákat (napelem, szél) és kereslet oldali technológiákat alkalmaznak, mint az elektromos járművek és a hőszivattyúk. Az okos hálózattal kapcsolatos tervek azonban átfogó energiahálózati megközelítést igényelnek, és nemcsak egy adott elosztó hálózattal kapcsolatosak. Az okos hálózatokra, mikrohálózatokra és szuperhálózatokra együttesen van szükség ahhoz, hogy kiegyensúlyozottan, napról napra megfelelő minőségben jusson áram a nagy mennyiségű megújuló energiaforrásokkal rendelkező területekről a nagy igényrel rendelkező területekre.

1.3.1 okos hálózati megoldások a megújuló energia integrálására, mikro hálózatokkal

A különböző típusú megújuló energiaforrások energiarendszerekbe történő nagy arányú integrálása érdekében új, különböző időskálán alapuló módszerekre van szükség az energiarendszer rugalmasságát tekintve. A 5. ábra néhány ilyen módszert sorol fel a kiegyensúlyozó folyamat időtényezőjére gyakorolt hatásukkal kapcsolatban. Az új módszerek energiarendszerbe történő integrálásához új ICT megoldásokra van szükség, ami részét képezi az Energia[forradalom] okos hálózatokkal kapcsolatos terveinek.

A 8. ábra jól mutatja, hogy a lehetőségek széles skálája áll rendelkezésre ahhoz, hogy az energiarendszert rugalmasabbá tegyünk a kiegyensúlyozás érdekében, a nagyon rövid (másodpercnyi) időtől a kb. egy nappal előre történő kiegyensúlyozásig (egy nappal előre történő tervezés). A hosszú távú szempontok az évszakokhoz kötött időjárási ciklusokkal kapcsolatosak, és minden időben ki kell elégíteniük a csúcsgigányeket, ezért az energiarendszer tervezésekor nagy földrajzi távolságokat kell figyelembe venni. Ezen a ponton találkozik az okos hálózat és a szuperhálózat koncepciója. Ahhoz, hogy az okos hálózatok működjenek, mikrohálózatokra van szükség a elosztóhálózati szinten. A mikrohálózat kifejezés jelentése magában foglalhatja a elosztói szinten lévő IT monitorozó és vezérlő struktúrát is. Minden egyes elosztói szint egy egyedi mikrohálózatot fog képviselni, így a rendelkezésre álló források és technológiák közül több is alkalmazható lesz a elosztó hálózaton.

8. ábra: az új és hagyományos módszerek áttekintése a kiegyensúlyozó folyamat időtényezőjére gyakorolt hatásukkal összevetve



forrás ECOGRID PHASE 1 SUMMARY REPORT, ELÉRHETŐ:
[HTTP://WWW.ENERGINET.DK/NR/RDONLYRES/8B1A4A06-CBA3-41DA-9402-B56C2C28FB0/0/ECOGRIDDK_PHASE1_SUMMARYREPORT.PDF](http://www.energinet.dk/NR/RDONLYRES/8B1A4A06-CBA3-41DA-9402-B56C2C28FB0/0/ECOGRIDDK_PHASE1_SUMMARYREPORT.PDF)

Az okos hálózati rendszeren belül levő mikro hálózatok kulcsfontosságú feladatai a következők:

- lehetővé tenni a vásárlók információn alapuló részvételét a keresletoldali kezelés támogatásában;
- a elosztóhálózaton belül lévő minden áramtermelő- és tárolólehetőség monitorozása és ellenőrzése;
- új termékek és szolgáltatások lehetővé tétele, mint például az keresletoldali kezelés és a virtuális erőművek;
- az energiarendszer fennakadásainak helyi kezelése, például az energiarendszer hibáinak automatikus megelőzése, kijavítása, vagy a tápfeszültség nélküli újraindítást követő automatikus helyreállítás.

A következőkben bemutatunk néhány kiragadott példát a meglévő okos hálózatokkal kapcsolatban, különös tekintettel az egy nappal előre történő tervezésre és a kiegyensúlyozás támogatására. A lényeg itt az, hogy miként tudnak együttműködni a mikrohálózatok és az okos hálózatok bizonyos funkciók ellátása érdekében. Az általános vezérlő- és információs struktúrára most kisebb hangsúlyt fordítunk. A következő példák az okos hálózati felhasználások közül csak néhányat mutatnak be, amelyek a megújuló energia nagy arányú hálózati integrálásához szükségesek; ezeken kívül azonban még nagyon sok alkalmazás van a kutatás/fejlesztés fázisában.

1.3.2 az energiatermelés felügyelete

A virtuális erőmű A virtuális erőmű a valóságban is meglévő (különböző típusú, például nap, szél és víz) erőműveket, vagy tárolóeszközöket köt össze, amelyek az információs technológia segítségével vannak egymással kapcsolatban az energiarendszerben. Ezt a virtuális erőművet (VPP) úgy lehet megtervezni/működtetni, hogy mindig egy adott ütemtervet hajtson végre. A komplex energiarendszer szempontjából a VPP hasonló egy hagyományos erőműhöz, és egyszerűbbé teszi az egy nappal előre történő tervezést. A megújuló energiatermelés egyes fajtáinak ingadozásait a VPP-n belül kezelik, így az energiarendszer egy nappal előre történő tervezésében nincs szerepe.

Egy való életből vett példa a Kombinált Megújuló Energia Erőmű, amelyet három német cég fejlesztett ki, és jelenleg Németországban működik.⁸ A VPP 11 szél erőművet, 20 naperőművet, 4 biomassza alapú kombinált hő és áramtermelő erőművet, valamint egy szivattyús-tározós egységet kapcsol össze, amelyek Németország területén szétszórtnak helyezkednek el. A VPP

így egyesíti a különböző megújuló energiaforrások előnyeit. A szél- és naperőművek a rendelkezésre álló szél és nap energiájának függvényében termelnek energiát. A különbség kezelésére szolgálnak a biogáz- és szivattyús-tározós egységek: ezek a szükségletnek megfelelően termelnek elektromos áramot a rövid távú ingadozás kompenzálására, vagy raktározásra kerül az általuk termelt áram.⁹ Mindezek együtt képesek biztosítani az igényeknek megfelelő elektromos áramot.

A megújuló energián alapuló VPP funkcióját két fázisra lehet osztani:

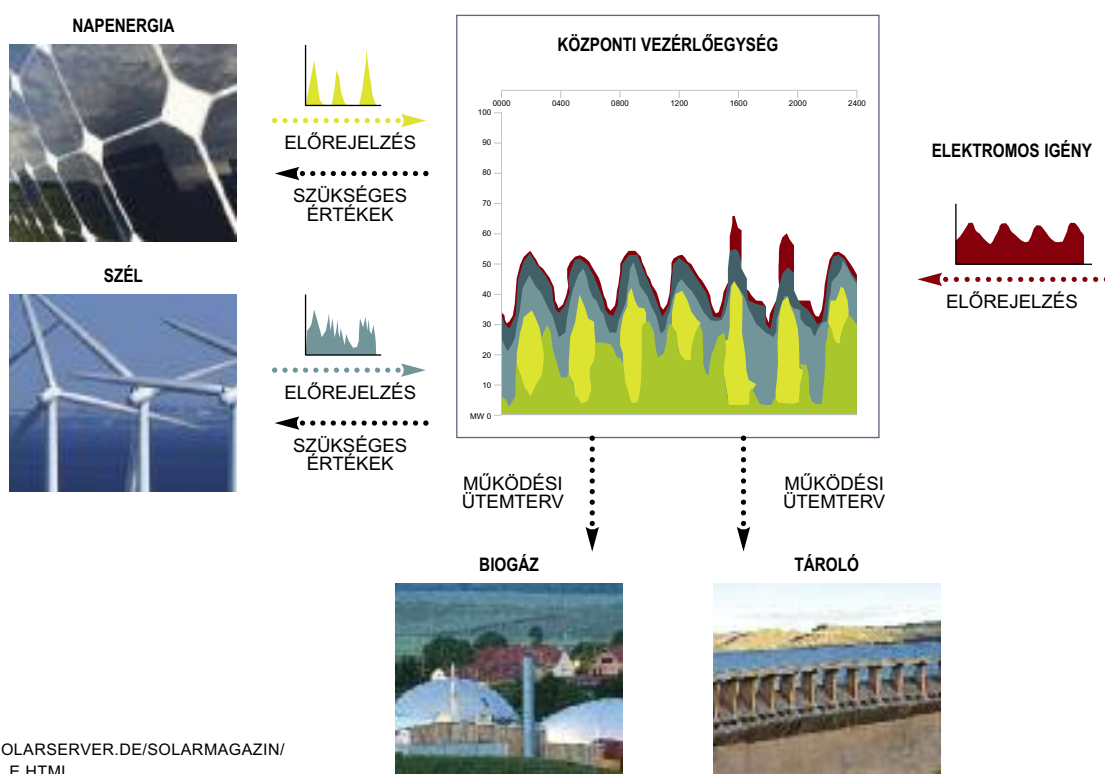
- előzetes felügyelet, ami hasonló az egy nappal előre történő tervezéshez, és
- finomhangolás, amely hasonlít a kézbesítéskor történő végső rendszer kiegyensúlyozáshoz.

Az egy nappal előre történő tervezés legfőbb kiindulópontja a valós, előre jelzett igény. A központi vezérlőegység megkapja az energiaszükséglet előrejelzését, vagyis a „terhelési profilt”. A központi vezérlőegységnek ezenkívül hozzáférése van a különböző erőművek szél- és naptermelési előrejelzéséhez, amit a német meteorológiai szolgálat (DWD) bocsát rendelkezésre. Mivel kizárólag nap- és szélenergia által nem lehet pontosan eleget tenni egy adott mennyiségű elektromos áramigénynek, a túlermelést vagy az alulermelést a biomassza-, vagy a szivattyús-tározós egység tudja kompenzálni, hogy az ellátás biztonsága és a hálózat stabilitása biztosítva legyen.

A szél- és napenergia általi elektromos áramtermelést az alábbi módszerekkel lehet kiegyensúlyozni:

- Először is kapcsolt hő- és áramtermelő (CHP) erőművekkel.

9. ábra: a VPP alapelve: 1. fázis – az egy nappal előre történő tervezés



kép NAPENERGIÁT FELHASZNÁLÓ (PV) CELLÁK ÖSSZESZERELÉSE A HIMIN CSOPORT TULAJDONÁBAN LÉVŐ GYÁRBAN, AMI A VILÁG LEGNAGYOBB NAPKOLLEKTOROS BOJLEREKET GYÁRTÓ VÁLLALATA. DEZHOU VÁROSA ÚTTÖRŐ SZEREPET JÁTSZIK A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁBAN, ÉS KÍNA NAPVÖLGYÉNEK IS NEVEZIK.



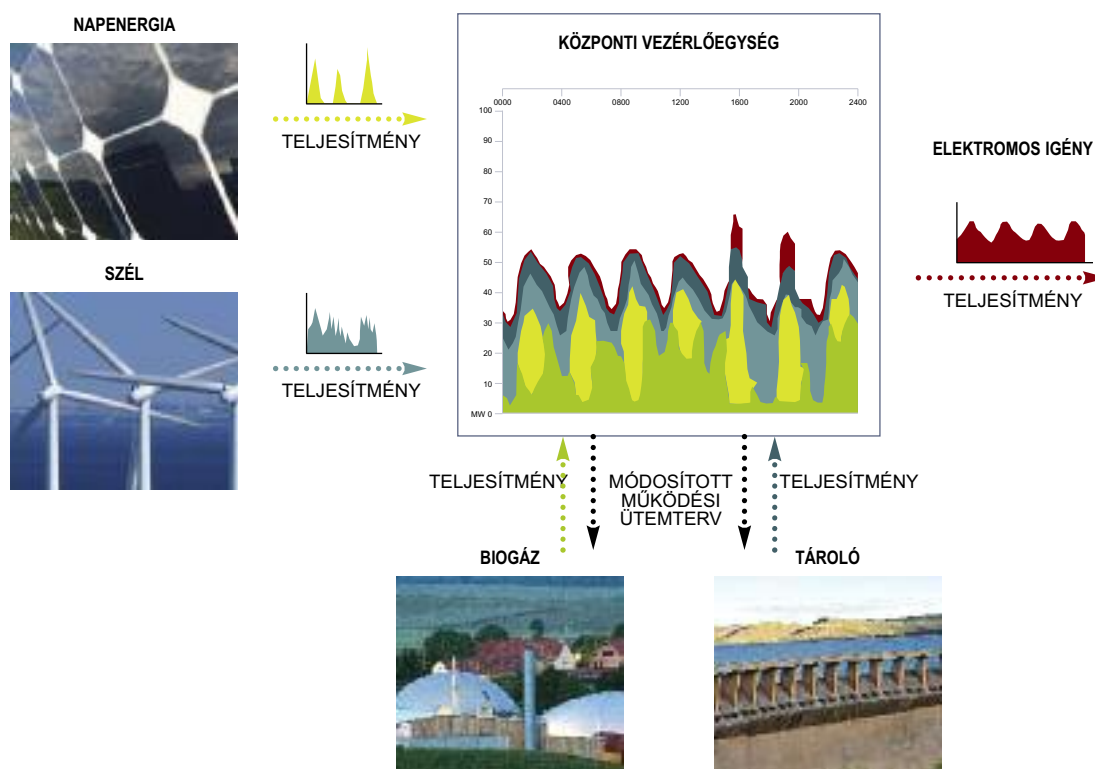
- Másodszor pedig az energia ideiglenesen tárolható egy szivattyú-tározós erőműben, és gyorsan újrahasznosítható.

A szél-, és napenergián alapuló áramtermelés előrejelezhető, ezért a kapcsolt hő- és áramtermelő erőművek, valamint a tárolórendszerek működése tervezhető. Ha a szél- és napenergia által termelt elektromos áram mennyisége több, mint az igény, akkor a többletenergiát a tárolók feltöltésére lehet használni. Egy másik megoldás, hogy az elektromos

autók akkumulátorainak feltöltésére használjuk a többletenergiát. Ha a tárolókapacitás eléri a maximális szintet, akkor a nap- és szélerőművek termelését csökkenteni lehet.

A szél- és napenergia által termelt elektromos áram mennyisége még pontos időjárás előrejelzés esetén is eltérhet az előre jelzett mennyiségtől. Ahhoz, hogy ezt megfelelően kezeljük, a működési terveket finomhangolni kell, és a valós mért adatokhoz igazítani. Lásd a 10. ábrát.

15. ábra: a VPP alapelve: 2. fázis – valós idejű finomhangolás vagy kiegyensúlyozás



forrás [HTTP://WWW.SOLARSERVER.DE/SOLARMAGAZIN/ANLAGEJANUAR2008_E.HTML](http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejanuar2008_e.html)

referencia

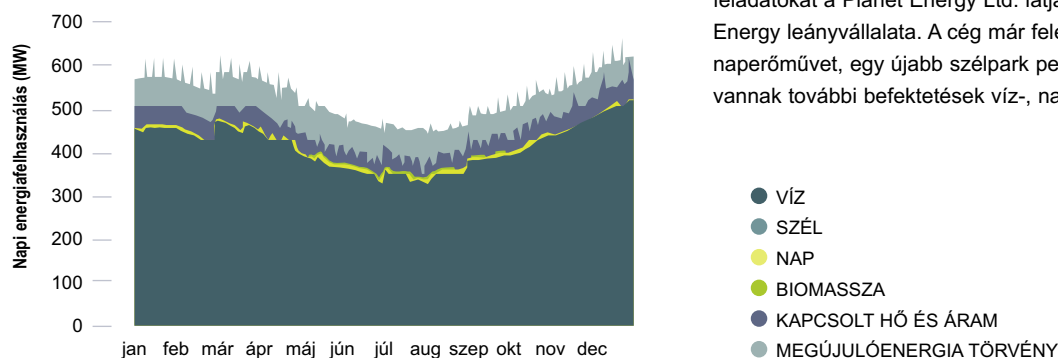
⁸ LÁSD MÉG [HTTP://WWW.KOMBIKRAFTWERK.DE/INDEX.PHP?ID=27](http://www.kombikraftwerk.de/index.php?id=27)

⁹ LÁSD MÉG [HTTP://WWW.SOLARSERVER.DE/SOLARMAGAZIN/ANLAGEJANUAR2008_E.HTML](http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejanuar2008_e.html)

esettanulmány: Greenpeace energia eG – a felhasználók szerveződése a tiszta energiáért

2009 áprilisától Németországban mintegy 91 000 háztartás és 5000 vállalat a Greenpeace Energy-től kapja az elektromos ellátását szerte az országban. A rendszer szövetkezeti modellben működik, 18 000 taggal. A vásárlók garanciát kapnak a cégtől arra, hogy a kézbesített energia nagyságrendekkel kevesebb üvegházhatást okozó gáz kibocsátása mellett kerül előállításra, nem alkalmaznak atomenergiát az előállítás során, valamint kereslet oldali szabályozást alkalmaz, és támogatja az új megújuló energiát alkalmazó és CHP erőművek létesítését. Az elektromos áram díjazása 1,5 - 2 eurócenttel drágább - 21,40 eurócent kilowattóránként - valamint van egy 8,90 eurós fix havidíj, de nagyon sokan vannak, akik készek többet fizetni egy biztonságos jövőért. A fogyasztói szövetkezet hatékonyan egyesíti a fogyasztók erejét, és lehetővé teszi, hogy a kézbesített elektromos áram minősége ellenőrizve legyen, az ügyfelek kiszolgálásával és a pénzügyekkel együtt.

esettanulmány 1. ábra: a Greenpeace Energy napi vegyes áramtermelése egy éves lebontásban



Szélerőművek által nyújtott kiegészítő szolgáltatások Ahhoz, hogy az energiaellátás rendelkezésre állása, minősége és biztonsága minden helyszínen megfelelő legyen, néhány üzemnek kiegészítő szolgáltatásokat kell nyújtania. Az egyik legfontosabb kiegészítő szolgáltatás a frekvenciaellenőrző kiegészítő szolgáltatás (FCAS), aminek a feladata a közép távú energiaellátás kiegyensúlyozása. Ezt néha másodlagos ellenőrzésnek is nevezik, míg a rövid távú, percről percre történő ellenőrzést elsődleges ellenőrzésnek hívjuk. A kiegyensúlyozó szolgáltatásra azért van szükség, hogy állandó szabályozás alatt tartsa az áramtermelést (és a terhelést, ha lehet) egészen a kézbesítés előtti percekig, amikor is a frekvenciaszabályozó szolgálat (elsődleges ellenőrzés) veszi át az ellenőrzést, hogy percről percre fenntartsa a termelés-terhelés egyensúlyt.

Korábban az ilyen kiegészítő szolgáltatásokat csak a hagyományos erőművek végezték, de napjainkban már a szélfarmok is képesek ilyen szolgáltatást nyújtani. Ezért pontosabb, ha inkább szélerőművekként utalunk rájuk. A megújuló energiának „erőműként” kell működni, hogy képes legyen nagy arányban kivenni a részét az energiatermelésből.

valós idejű monitorozás és igénykezelés

A Greenpeace eG esetében az elektromos áram termelése a felhasználók valós idejű fogyasztásához alkalmazkodik egy számítógép vezérlésű irányítóállomás segítségével. Minden áramtermelő egység távolról monitorozható. A BET, egy aacheni székhelyű független mérnöki iroda hozzáfér az összes adathoz, és rendszeresen ellenőrzi, hogy az elektromos áram összetétele az előírásnak megfelelő-e, valamint szűrőpróbaszerűen ellenőrzi az áramtermelő létesítményeket is.

segítség új, megújuló energia építéséhez

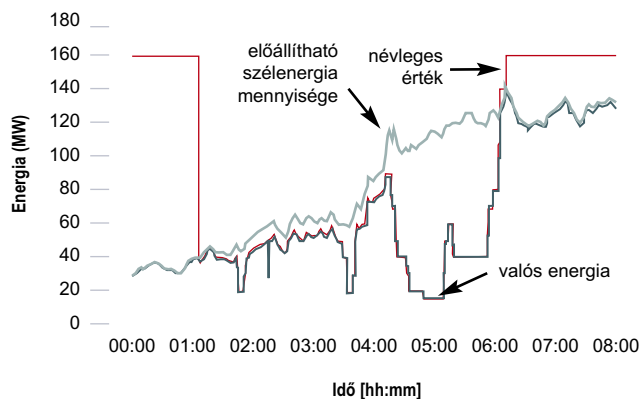
A Greenpeace Energy által előállított tiszta áram minimum 50%-ban megújuló energiaforrásból származik (víz, szél, biomassza), és maximum 50%-ban tartalmaz kapcsolt hő- és áramtermelő erőművekből (csakis földgázból) származó áramot. A szolgáltató garantálja, hogy sem atom, sem szén vagy olaj alapú áram nem kerül a rendszerbe. Az eG együttműködés létrehozott egy olyan üzleti tevékenységet is, amely a zöldáramot termelő üzemek tervezésével, finanszírozásával és működtetésével foglalkozik, így a Greenpeace képes a tagjait és az ügyfeleit a saját üzeméből származó zöldenergiával ellátni. Ezeket a feladatokat a Planet Energy Ltd. látja el, ami 100%-ban az Greenpeace Energy leányvállalata. A cég már felépített három szélparkot és három naperőművet, egy újabb szélpark pedig építés alatt van. Tervben vannak további befektetések víz-, nap- és biomasszaenergiába.

A szélerőművek esetében most már több olyan megoldás is beépítésre került az üzemi működésbe, ami támogatja az energiarendszer működését. Az ebbe az irányba tett legjelentősebb lépés a szélfarm ellenőrző rendszer, amit az első nagy tengeri szélpark, a dán Horns Rev esetében építettek be. A Horns Rev szélparkba 80 Vestas V80 (2 MW) szél turbinát építettek be dupla táplálású indukciós generátorokkal (DFIG).

Az ilyen méretű szélpark teljesítményének a szemléltetéséhez az alábbiakban bemutatjuk a Horns Rev egy „normál” üzemi napját. Kb. hajnali 4:00 órakor aktiválásra kerül a frekvenciaellenőrző kiegészítő szolgáltatás. Ez azt eredményezi, hogy a szélfarm valós energiatermelése az elméletileg lehetséges energiatermelés értéke alá csökken. Ezáltal a valós energiatermelés és az elméletileg lehetséges energiatermelés közötti különbség által egy tartalék képződik, ami alacsony frekvencia esetén használható fel. Kb. 2 órán keresztül a szélerőmű elektromos termelése jelentősen lecsökken, az elektromos hálózat túltápláltsága miatt. Ezután kikapcsolják a kiegyensúlyozó és a frekvenciaellenőrző szolgáltatást, a szélfarm pedig visszaáll a normál működésre, pont addigra, mire elkezdődik a nap és kezd megnőni az energiaigény.



11. ábra: egyidejű kiegyensúlyozottság ellenőrzés és tartalék képzése frekvenciaellenőrzéshez



forrás IEEE.

Egy másik fontos előrelépés az, hogy a mai szélturbinák az energiarendszerben fellépő hálózati hibák alatt és után is képesek kapcsolatban maradni; olyan képesség ez, amellyel a legtöbb hagyományos erőmű is rendelkezik (lásd még 3. mellékletet a Szélturbinák Ellenőrző Berendezéseiről). Ez a képesség azért fontos, mert a feszültség vagy a frekvencia ingadozása esetén is biztosítani tudja az erőmű a stabil működést.

1.3.3 kereslet oldali szabályozás (DSM)

Az kereslet oldali szabályozás (DSM) azt jelenti, hogy az elektromos energiaipar aktívan felügyeli az elektromos áramigényeket, beleértve az ügyfeleket is, hogy befolyásolja a kereslet mértékét és időzítését. Ez mind ipari, mind lakossági ügyfelek esetében megvalósulhat, és általában valamilyen fejlett számítógépes eszköz is felhasználásra kerül, hogy a terheléssel kapcsolatos változásról értesüljenek az elektromos hálózat kezelői, és képesek legyenek a keresletet és a kínálatot kiegyensúlyozni. Ez egy új feladat sok hálózatiirányító számára. Az kereslet oldali szabályozással kapcsolatban részletes leírás a 4. mellékletben található.

A kiegészítő szolgáltatások piacával kapcsolatos elképzelés a központi erőműveken kívüli szereplőkre támaszkodik az energiahálózat rugalmasabbá tétele érdekében. A kiegészítő szolgáltatások leggyakoribb piaca az energia kiegyensúlyozó piac (valós idejű frekvenciaszabályozás). A kiegészítő szolgáltatásban az áramtermelő egységeknek kellene részt venniük, mint olyanoknak, akik szükségleteket hoznak létre, innen is ered a „kereslet oldali részvétel” kifejezés. Az kereslet oldali részvétel előmozdítja az elektromos piacok közötti versenyt, és fontossá teszi az erőforrások szabályozását. Az okos hálózatok esetében az információs és kommunikációs technológia által általában több áramfogyasztó kapcsolódik össze, akik együtt tesznek ajánlatot a piacon a szolgáltatásokért. Az alapkonceptió itt azon alapul, hogy ők képesek csökkenteni vagy növelni a keresletet, és ez a megoldás olcsóbb, mint hogyha az áramtermelő egységeknek kellene megváltoztatni a kínálat mennyiségét.

A DSM a norvég kiegyensúlyozó piacon Norvégiában a nemzeti hálózatiirányító (TSO), a Statnett, kifejlesztett egy „opciós” piacot, hogy megfelelő mennyiségű, gyorsan hozzáférhető tartalékot képezzen a magas keresleti időszakok kielégítésére. Ez a Szabályozható Kapacitású Opciós Piac 2000-ben kezdte meg működését. A Statnett már a kezdetektől fogva buzdította a fogyasztói oldalt (az áramfelhasználókat), hogy vegyenek részt ebben a piacon.

Az ajánlatokat a hely, az opciós ár és a mennyiség meghatározásával lehet megtenni (minimális mennyiség 25 MW). A lényeg az, hogy a felhasználók magas igények esetében „kikapcsolhatják” a rendszereiket, így ettől eltérő időben olcsóbb áron juthatnak áramhoz. A norvég piac esetében ez azt jelenti, hogy a kereslet oldal versenybe tud szállni az áramtermelői oldallal, a hálózattal kapcsolatos kiegészítő szolgáltatások esetében. Jó néhány felhasználó fel van készítve rá, hogy az értesítést követő rövid időn belül lekapcsolódjon a hálózatról, aminek fejében pénzügyi előnyöket realizálhat. Főleg nagyipari résztvevők (alumíniumipar, acélipar, olajipar) vesznek részt ebben a rendszerben, bár a kisebb fogyasztású szereplőknek is lehetőségük van erre.

A keresletoldal eddigi legnagyobb vásárlása 1300 MW volt (főleg az energiaigényes iparágak részéről). A felkínált mennyiség azonban ettől is nagyobb. Ez a potenciális mennyiség a hőmérséklettől függ, valamint az olaj (vagy más üzemanyag) ára és az átlagos napi és heti elektromos áram költsége közötti ár arányától.

A hűtőházak virtuális erőműveit használja a DSM A Night Wind elnevezésű EU kutatási projekt annak a lehetőségét vizsgálja, hogy a DSM esetében lehet-e hűtőházakat használni a szélenergia által megtermelt áram kiegyensúlyozása érdekében. A hűtőházak olyan nagy létesítmények, amelyek hűtött vagy fagyasztott termékeket raktároznak. Az EU 27-en belül a hűtőházak teljes kapacitását 4.300 MW-ra becsülik (maximális beépített elektromos kapacitás). A hűtőházak általában nem működnek teljes kapacitással normál üzemben, hanem a maximális kapacitás kb. 60-70%-án.

Amikor a hűtőházak az átlagos teljesítményükön felül üzemelnek, akkor a belső hőmérsékletük lecsökken, és a termékek hűlni kezdenek. Más szavakkal a hűtőházat tápláló további energia termikus energiává alakul (a termékek hőmérséklete csökken). Az „akkumulátor” töltés alatt áll.

Amikor a hűtőház az átlagos kapacitás alatt működik, a termékek hőmérséklete emelkedni kezd. A termikus „akkumulátor” lemerül. Ebben a merülési fázisban nem képződik „valós” elektromos áram, pontosabban a hűtőház állandó hőmérsékleten tartásához szükséges áramot most más célra lehet felhasználni. Így elmondható, hogy virtuális áram képződik.

A hűtőházak „akkumulátor” töltése és merülése gyakorlatilag szinte veszteségmentes. Például a hűtőházat üzemeltethetjük fél órán keresztül -16 °C fokon, majd egy másik fél órán keresztül -20 °C fokon, ahelyett, hogy egy egész órán át -18 °C fokon üzemeltettük volna. Ezzel kevesebb, mint 1% hatékonyságot veszítünk el – a teljes hatékonyság tehát 99% fölötti lenne. Összehasonlításként, ha hőcserélőkben tárolnánk az energiát, akkor csak 70-85%-os hatékonyságról beszélhetnénk.

Ennél fogva a hűtőházak a rendszer részét képezhetnék, és önkéntesen „töltődhetnének” és „merülhetnének”, hogy segítsenek a többlettermelés felhasználni úgy, hogy a hőmérsékletük megfelelő szinten maradjon. Ehhez a virtuális erőmű részévé kell válniuk, amihez kétirányú kommunikációs rendszerre és szoftverekre van szükség, ami által a hűtőházak feltölthetők, és így kiegészítő szolgáltatást tudnak nyújtani az energiapiac részére.

referencia

¹⁰ LÁSD WWW.NIGHTWIND.EU

¹¹ FORRÁS

[HTTP://WWW.NIGHTWIND.EU/MEDIAPOOL/48/485045/DATA/COLD_STORAGE_OF_WIND_ENERGY.PDF](http://WWW.NIGHTWIND.EU/MEDIAPOOL/48/485045/DATA/COLD_STORAGE_OF_WIND_ENERGY.PDF)

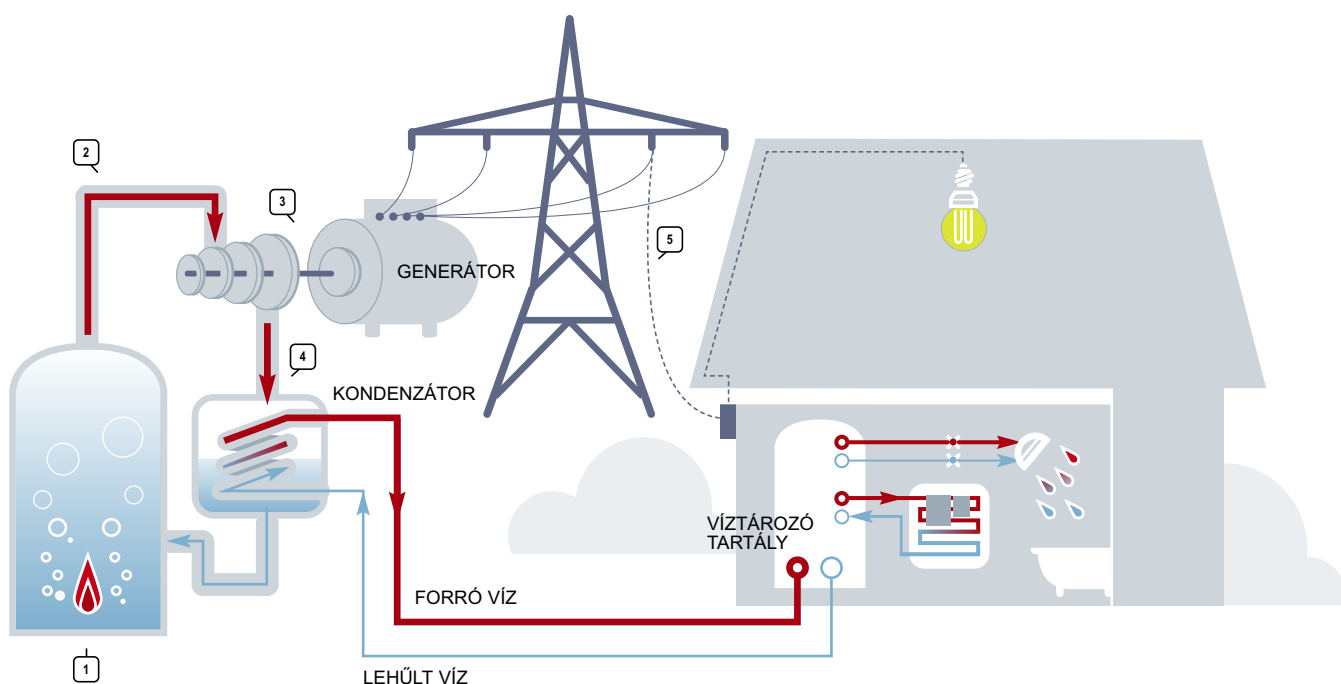
DSM a kapcsolt hő- és áramtermelő erőművek esetében Kapcsolt hő- és áramtermelő (CHP) erőműveknek nevezzük azokat az egységeket, amelyek egy adott energiaforrásból hőt és elektromos áramot is termelnek. (Lásd a 12. ábrát.) A hővel fel lehet melegíteni a vizet, amit egy távfűtéses rendszerben lehet hasznosítani, azaz egy földalatti csőrendszeren keresztül, ahol a fogyasztók a vízzel melegítik például az épületeket. A lehűlt víz ezután a visszatérő csövekben visszakerül a CHP üzembe.

Dánia nagyobb városaiban például az egész városra kiterjedő távhőrendszer működik, ahol a hő legnagyobb része (95 - 98%) hatalmas szén- vagy gázfűtésű CHP üzemekben kerül előállításra. A kisebb városokban vagy falvakban szintén gyakori a távfűtés, de az ő esetükben egy sokkal kisebb teljesítményű CHP üzem működik, amelyek általában földgázzal üzemelnek, tipikusan magas áram-hő aránnyal. A CHP egységek mérete változó, nagyvárosokban eléri a több száz MW-os mértet, még a kisebb közösségek és falvak esetében 0,5 – 10 MW.

A Dánia szerte felépített CHP rendszerek egyedi kivitelezéssel készültek, mert szinte az összes távhőrendszer fel van szerelve egy forróvítartóló tartállyal, amely ha teljesen fel van töltve, akkor legalább 48 óráig képes a távhőrendszer szükségleteit ellátni úgy, hogy a CHP egység nem is üzemel.

Ezenkívül a legtöbb CHP egység fel van szerelve kazánokkal is, így a dán elektromos áramot biztosító rendszer által kézbesített áramot hővé lehet alakítani, ami a meglévő infrastruktúra segítségével tárolható és szétosztható a távhőrendszerekbe. Így amikor áramtöbblet képződik a szélenergia által - például amikor erős szél fúj -, és alacsony energiaszükséglet áll fenn, akkor könnyen át lehet alakítani hővé, és a meglévő hő tartályokban könnyen raktározható. Ennél fogva nem kell a megtermelt többlet áramot „elfecsérelni”, hanem ki lehet vele váltani a földgázt, amelyet a legtöbb CHP egység üzemanyagként használ a hő termeléséhez.

12. ábra: példa a CHP üzemű távhőrendszerre



1. BIOÜZEMANYAGGAL VAGY FÖLDGÁZZAL FÜTÖTT CHP ÜZEM.
2. A GŐZT A TURBINÁBA VEZETIK.
3. A TURBINA A GENERÁTOR SEGÍTSÉGÉVEL ELEKTROMOS ENERGIÁT TERMEL.
4. A TURBINÁBÓL KIJÖVŐ GŐZ (VISSZAMARADÓ HŐ) LECSAPÓDIK, MAJD A TÁVHŐ RENDSZERBE KERÜL.
5. ELEKTROMOS ÁRAM VILÁGÍTÁSHOZ, STB.

forrás [HTTP://WWW.KRISTIANSTAD.SE/SV/KRISTIANSTADS-KOMMUN/SPRAK/ENGLISH/ENVIRONMENT/DISTRICT-HEATING/WHAT-IS-DISTRICT-HEATING/](http://www.kristianstad.se/sv/kristianstads-kommun/sprak/english/environment/district-heating/what-is-district-heating/)

kép AZ ANDASOL 1 NAPERŐMŰ EURÓPA ELSŐ KERESKEDELMI PARABOLA NAPENERGIA ERŐMŰVE. AKÁR 200 000 SZEMÉLY KLIMABARÁT MÓDON TÖRTÉNŐ ENERGIAELLÁTÁSÁT IS KÉPES BIZTOSÍTANI, ÉS ÖSSZEHASONLÍTVA EGY MODERN SZÉNERŐMŰVEL 149.000 TONNANYI SZÉN-DIOXID KIBOCSÁTÁSÁTÓL KÍMÉLI MEG A KÖRNYEZETET.



1.3.4 tárolási technológiák

Az elektromos energia tárolására számos lehetőség van, legyen szó kipróbált, vagy újszerű megoldásokról. Minden lehetőségnek megvan a maga előnye és hátránya az energiatároló kapacitást, a csúscapacitást, a reakcióidőt vagy egyéb tényezőket figyelembe véve. Ezért minden egyes technológia egy adott energiaraktározási eljárás esetén használható a legjobban, ilyen például a csúsigény „lefölözése” vagy a helyi feszültségszabályozás. Az 5. melléklet részletesen bemutatja a megújuló energiák legújabb és még fejlesztés alatt álló energiatárolási lehetőségeit.

Tárolás hálózathoz kapcsolt járművel A hálózathoz kapcsolt jármű (V2G) elmélete olyan elektromos autókra alapul, amelyek az elektromos hálózatot rugalmasabbá tévő akkumulátort alkalmaznak. Amikor megújuló energiátöbblet keletkezik, akkor ezek az autók feltölthetők, amikor pedig az energiaigény megemelkedik, addig parkolásuk közben felhasználható az akkumulátorukban eltárolt energia. Befektetési költségek gyakorlatilag nincsenek, és az autó tulajdonosának lehetősége adódik bevételhez jutni az elektromos hálózatnak nyújtott szolgáltatásáért cserébe. Még fontosabb, hogy csúsigények esetében az autók általában közel parkolnak a fő terhelési központokhoz, például gyárakhoz, ezért nem lenne különösebb baj a hálózati kérdésekkel.

A V2G terv esetében ICT technológia alkalmazásával egy Virtuális Erőmű jönne létre (VPP), ahol az elektromos autók be lennének vonva az elektromos energiapiacba, és mérhető lenne a járművek töltési/merítési tevékenysége. A V2G koncepció valószínűleg a legtöbb eszközt felsorakoztató VPP megoldás - az elektromos autók száma könnyen elérheti a többszáz ezer darabot is. Ezenkívül a VPP-nek figyelembe kell vennie az autótulajdonos kéréseit, hogy a rendszer tudja, melyik autótulajdonos, mikor akarja használni az autóját.

A dán EDISON bemutató projekt 2009-ben kezdődött azzal a céllal, hogy kifejlesszék és teszteljék az autókat is integráló elektromos hálózatok infrastruktúráját, a Bornholm nevű dán szigeten.

Tárolás szivattyúk segítségével Ezt a tárolási módszert nyugodtan tradicionális megoldásnak is nevezhetjük, mivel több, mint 100 éve használatos. A szivattyús tárolást egy normál vízi erőműhöz is hasonlíthatnánk, mert olyan hidroelektromos energia előállításról beszélünk, amely energiát képes tárolni.¹² Egy alacsonyabban fekvő víztározóból a vizet egy magasabban fekvő víztározóba szivattyúzzák csúcsidőn kívül, amikor olcsón hozzá lehet férni az energiához. Amikor azonban magas igény van az elektromos áramra, az elraktározott vízből turbinákon keresztül áramot fejlesztenek. A szivattyúzás ideje alatt az üzem energiafogyasztó, de azáltal, hogy a legmagasabb igények időszakában képes áramot termelni, és azt magasabb áron eladni, bevételre tesz szert.

A szivattyús tárolás jelenleg a legnagyobb kapacitással rendelkező energiatároló megoldás. Napjainkban ez a legköltséghatékonyabb módszer a nagy mennyiségű elektromos áram tárolására, de az új infrastruktúra kiépítésekor rendkívül fontos dolog figyelembe venni a megfelelő földrajzi adottságokat és a befektetési költségeket. Ha figyelembe vesszük a tárolt víz felszíni párolgását és a konverziós veszteségeket, akkor a magasabb szinten lévő tárolóba való szivattyúzásba fektetett energia kb. 70 – 85%-át lehet visszanyerni. Ezt a technológiát már évtizedek óta sikeresen alkalmazzák szerte a világon. Az EU-nak 2007-ben 38,3 GW nettó kapacitása volt a szivattyús tárolásra a 140 GW összes vízenergiából, ami az EU nettó energia kapacitásának

5%-át teszi ki (Eurostat, 2009. augusztusi adat).

Az energiakezeléssel együtt az okos hálózatok és szivattyús-tározós rendszerek segítenek az elektromos hálózat frekvenciáját ellenőrzés alatt tartani, és tartalékot biztosítanak az energiatermeléshez. A hőerőművek sokkal kevésbé képesek reagálni a hirtelen bekövetkező energiaigény-változásra, ezért potenciálisan frekvencia és feszültségi instabilitást okoznak. A szivattyús-tározós rendszerek és más hidroelektromos erőművek másodperceken belül képesek reagálni a terhelési változásokra.

1.3.5 egyéb energiarendszer integrálási szolgáltatások

Black-start (tápfeszültség nélküli indítás) Egy nagyarányú megújuló energiát integráló energiarendszer esetében a központosított áramtermelő egységek nem lesznek képesek tápfeszültség nélkül újraindítani a rendszerüket (a rendszermérnökök ezt az esetet black start-nak nevezik). Ezzel a kérdéssel már foglalkoznak Dániában, ahol rendkívül magas a szélerőenergia aránya az elektromos rendszerben. Erős szél esetében csak kevés hagyományos, központosított erőmű van bekapcsolva a termelésbe, amelyek vészhelyzet esetében nem biztos, hogy képesek lennének tápfeszültség nélkül újraindítani az elektromos rendszert.

Az úgynevezett „Cell projekt” a különböző „black start” lehetőségeket vizsgálja, amit a dán hálózati irányító (TSO) Energinet.dk indítványozott. A projektben az energiarendszer cellákra van felosztva, és minden egyes cella egy 10-60kV-os elosztó hálózattal áll. A dánok esetében nagyszámú szélturbina áll rendelkezésre, és kisebb mennyiségben kapcsolt CHP erőművek vannak szerte az elosztó hálózatban. A Cell Projekt célja, hogy ezeket a helyi áramtermelő erőforrásokat használja arra, hogy:

- a helyi elosztó hálózatot egy ellenőrzött különálló működésbe állítsa a helyi generátorok segítségével, vagy
- egy teljes leállás után helyi generátorok segítségével újra lehessen indítani a rendszert, ellenőrzött különálló működéshez.

Ezen cél elérése érdekében egy ICT alapú kommunikációs rendszert alkalmaztak egy bemutató cella esetében a dán hálózatban. Ezenkívül kifejlesztettek egy ellenőrző szoftvert, amit cella vezérlőnek is neveznek, hogy ellenőrizze és koordinálja a generátorok, a terhelés táplálók és a fő megszakítók működését. Az első sikeres teszteket 2008 novemberében végezték el.¹³ A projektet most egy nagyobb cella területre is kiterjesztették, és további teszteket terveznek 2011-re.

referencia

¹² A JELENTŐS TÁROLÓKAPACITÁSSAL RENDELKEZŐ HIDROELEKTROMOS ERŐMŰVEK IS KÉPESEK HASONLÓ SZEREPET BETÖLTENI AZ ELEKTROMOS HÁLÓZATTAL KAPCSOLATBAN, MINT A SZIVATTYÚS TÁROLÓK, A KIMENETI TELJESÍTMÉNY KÉSLELTETÉSÉVEL.

¹³ [HTTP://WWW.ENERGINET.DK/EN/MENU/NEWS/NEWSARTICLES/ENERGINET.DK+IN+FRO NT+WITH+SMARTGRID+CONCEPT.HTM](http://www.energinet.dk/en/menu/news/newsarticles/energinet.dk+in+fro nt+with+smartgrid+concept.htm)

Új működtetési eszközök Az okos hálózatok kifejlesztésével az energiarendszereket működtető vállalatoknak egy sor új eszköz áll majd rendelkezésére. Az új eszközökkel a kezelők jobban megértik majd az energiarendszer státuszát, és a vezérlés gyorsabb és fejlettebb lesz.

Erre egy példa a spanyol energiarendszer Megújuló Energia Ellenőrző Központja (CECRE), ami 2006 júniusában kezdte meg a működését (lásd még a 13. ábrát). Az ellenőrző központ célja, hogy képes legyen pontosabban felügyelni és ellenőrizni a megújuló forrásból származó elektromos áram termelését, azzal a céllal, hogy több megújuló energiát lehessen a rendszerbe integrálni. A CECRE fő feladata, hogy az elektromos rendszer igényei szerint ellenőrizze és integrálja az energiatermelést.

Spanyolországban minden olyan megújuló energiát termelő üzem, amelynek nagyobb a teljesítménye 10 MW-nál, csatlakoztatni kell egy irányító központhoz, amely közvetlenül a CECRE-hez van kapcsolva. Ezeknek a helyi megújuló energiatermelést irányító központoknak (RESCC-k) megfelelő felügyeletet kell biztosítaniuk az erőművek felett ahhoz, hogy a CECRE utasításainak 15 percen belül minden esetben eleget tudjanak tenni. Ez a fejlett rendszerinformáció-megosztás lehetővé teszi, hogy a megújuló energián alapuló erőműveket gyorsan és megbízhatóan lehessen irányítani.

Ezenkívül a spanyol hálózatiirányító (TSO) speciális számítógépes eszközöket fejlesztett ki, mint például a GEMAS-t, amelyek az irányító központok adatainak a felhasználásával tanulmányozzák a lehetséges üzemi helyzeteket, különös tekintettel a hálózati fennakadásokra, azzal a céllal, hogy kidolgozzák az üzembiztonsághoz szükséges legjobb stratégiákat.

13. ábra: a Megújuló Energia Ellenőrző Központja (CECRE) Spanyolországban



forrás RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. WWW.REE.ES.

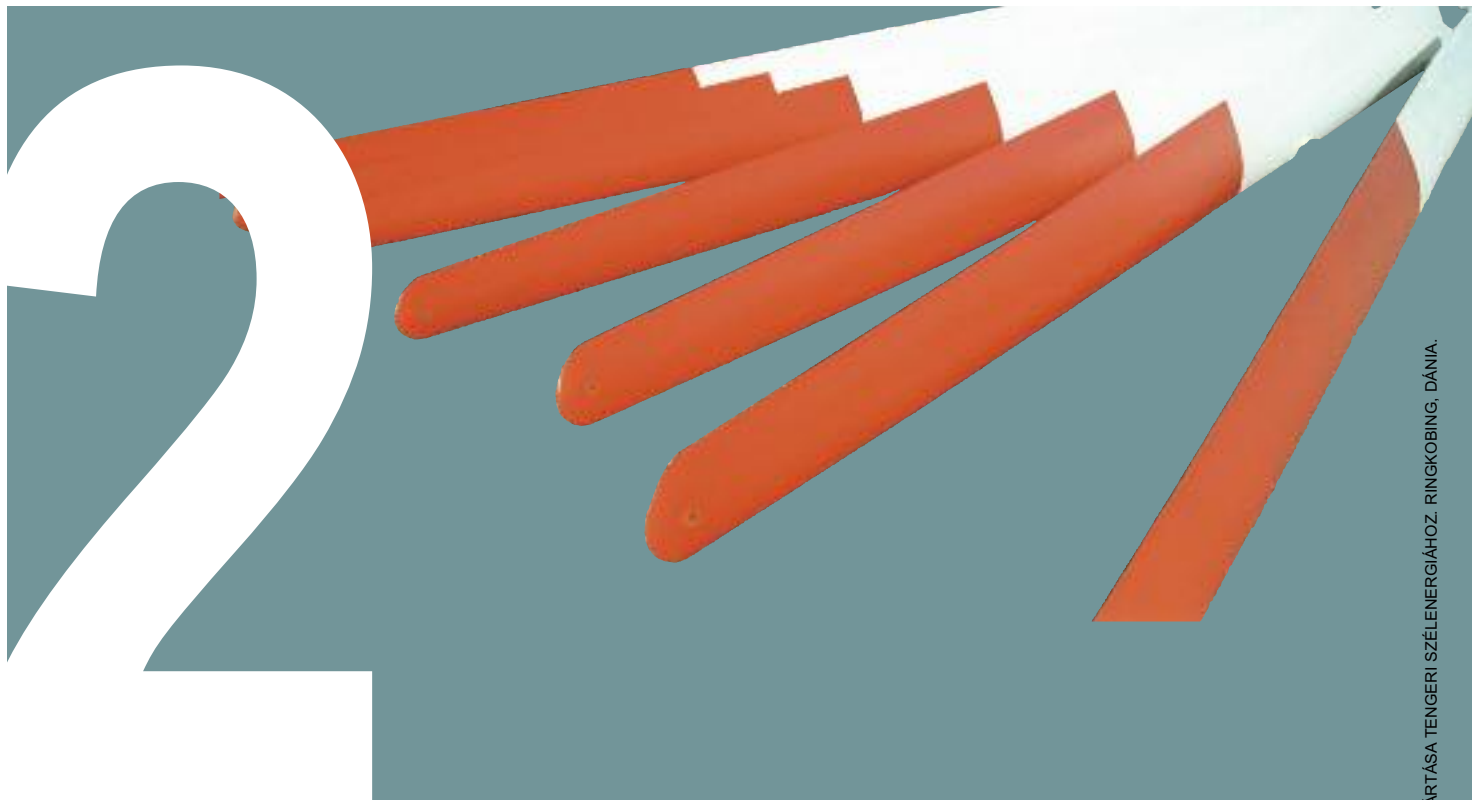
szuperhálózat – az okos hálózatok összekapcsolódása

EURÓPA

A SZUPERHÁLÓZAT ELŐNYEI
SZUPERHÁLÓZATI ÁTVITELI
LEHETŐSÉGEK

AZ ÁTVITELI MEGOLDÁSOK
ÖSSZEHASONLÍTÁSA

SZABÁLYOZÁSI ÉS
ENERGIAPOLITIKAI KÉRDÉSEK,
JAVASLATOK A SZABÁLYOZÁSRA



„a szuperhálózatok
megoldást jelentenek az
energia nagy távolságokra
való eljuttatására”

GREENPEACE INTERNATIONAL
KLÍMA KAMPÁNY

Kép: SZÉLTURBINA ROTOROK GYÁRTÁSA TENGERI SZÉLENERGIÁHOZ, RINGKOBING, DÁNIA.
© PAUL LANGROCK/ZENIT/GP

Az elektromos rendszerek esetében az áram iránti keresletet és kínálatot mindig egyensúlyban kell tartani, hogy a kínálat eljuthasson oda, ahol szükség van rá. Ehhez állandóan megfelelő áramtermelési kapacitásra, valamint megfelelően működő és megfelelő kapacitással rendelkező hálózatra van szükség. Az, hogy nagy mennyiségű – részben változó – megújuló energiát integrálunk az energiarendszerbe, nem változtat ezen az elváráson. A szuperhálózatok terve megoldást kínál arra, hogy miként lehet a gazdag energiaforrásokkal rendelkező területekről elszállítani az energiát a nagy igényrel rendelkező tájegységekbe.

A Greenpeace szimulációs tanulmánya (4. rész) rávilágít arra, hogy egy nagyrészt megújuló energián alapuló energiarendszerben szélsőséges helyzetek állhatnak elő. Ha például két hétig alig süt a nap és alig fúj a szél, akkor az Európának szükséges áram nagy részét más forrásokból kell előállítani. Bár ezek a helyzetek ritkán fordulnak elő, az energiarendszert úgy kell megtervezni, hogy képes legyen megbirkózni az ilyen szélsőséges helyzetekkel is.

Az energiatároló megoldások jelenlegi fejlettségi szintjét alapul véve nehezen képzelhető el, hogy az energiatárolás átfogó megoldást jelenthetne erre a kihívásra. Már ma is rendelkezésre állnak különböző tárolási lehetőségek, mint például az elektrokémiai akkumulátor, ám nem tudjuk, hogy az előző fejezetben bemutatott vízi energia megoldáson kívül más módszer is alkalmazható lesz-e ipari méretekben, figyelembe véve a műszaki és a gazdaságossági szempontokat.

Egy olyan energiarendszer megtervezése, amely képes helytállni az előbb vázolt szélsőséges esetekben, komoly előkészületeket igényel, annak érdekében, hogy a rendelkezésre álló áramtermelési és hálózati kapacitás ki tudja elégíteni a szükségleteket. Ennek elérése érdekében különböző időtávlatokat kell figyelembe venni:

- Hosszú távú rendszertervek, a rendszer megfelelőségének felméréséhez az elkövetkező évekre (általában 2-10 évre terveznek ilyen esetben).
- A következő napra történő tervezés, amely felméri, hogy az előre jelzett szükségleteket ki fogja-e tudni elégíteni a termelés (általában 12 - 36 órával terveznek előre ilyen esetben).
- Rövid távú kiegyensúlyozás, ami az előre jelzett igény/termelési kapacitás arányban bekövetkező változást, vagy egy termelőegység meghibásodásából eredő változást hivatott kiegyensúlyozni (általában másodperctől kezdve pár órával előre terveznek).

Az energiarendszert érintő kis változások – mint például egy kicsivel több nap-, vagy szélergia termelés – nem nagyon befolyásolják a rendszer alapvető működését. A Greenpeace által javasolt Energia[forradalom] energia összetétel azonban jelentősen megváltoztatja az energiatermelési struktúrát, ezért a hálózati felépítést meg kell változtatni annak érdekében, hogy a rendszer képes legyen „égve tartani a lámpákat” extrém helyzetekben is, amikor alig süt a nap, és alig fúj a szél Európa nagy részén. Az új hálózati struktúra egyik fő eleme a szárazföldi és tengeri szuperhálózat lesz, amit az alábbiakban részletezünk.

2.1 a szuperhálózat előnyei

Úgy 1920-tól kezdődően Európa minden egyes terhelési központjának megvolt a saját elzárt energiarendszere. A magasabb feszültséget szállító villamos távvezetékek fejlődésével elérhetővé vált az energia nagy távolságokra történő szállításának lehetősége, így lassan a különböző energiarendszereket összekapcsolták egymással. Eleinte csak az egy régióban lévő erőműveket kapcsolták egymáshoz, ám az évek múlásával a technika tovább fejlődött, és lépésről lépésre egyre nagyobb átviteli feszültséget lehetett elérni.

A hálózati struktúra bővítésének két fő oka volt:

- A nagyobb átviteli rendszerek és magasfeszültségű kábelek azt eredményezték, hogy a szolgáltatók nagyobb számú fogyasztó igényeit voltak képesek kielégíteni az egy adott fogyasztó akár nagyságrendekkel változó energiaszükségletével szemben egyetlen áramtermelő forrás felhasználásával. Könnyebb volt a több fogyasztó áramigényét előre meghatározni, ezért az áramtermelés ütemezése egyszerűbbé vált (lásd 14. ábra).
- A nagyobb átviteli rendszerek méretgazdasági szempontból is előnyösek voltak. Az 1930-as években a hőerőművek legköltséghatékonyabb méretezése 60 MW körüli volt. Az 1950-es években ez a szám 180 MW-re nőtt, a '80-as évekre pedig 1000 MW-ra. Ez a megközelítés csakis gazdasági szempontból volt előnyös, mert az energiarendszer kibővítése olcsóbb volt, mint a helyi áramtermelő kapacitás létrehozása.

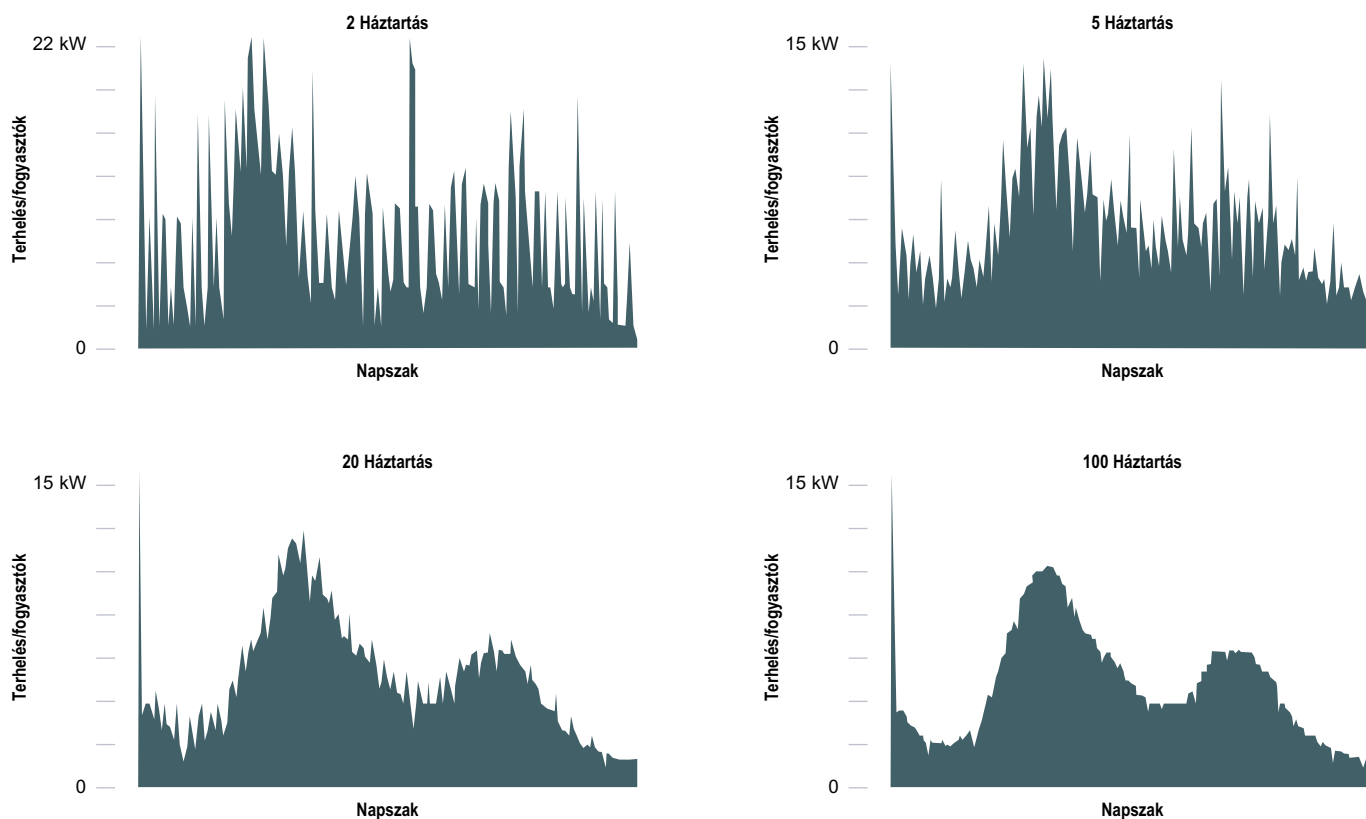
Ez a megközelítés több komoly kockázati tényezőt is magában hordoz: például mi történik, ha egy nagyméretű erőmű lerobban, vagy egy fő átviteli rendszer meghibásodik? Ilyenkor egy nagy földrajzi terület áramellátása kerülne veszélybe. Az ilyen esetre való jobb felkészültség érdekében az európai és Európán kívüli nemzeti hálózatokat összekapcsolták a határokon átvéve. Így vészhelyzet esetén az országok ki tudják segíteni egymást a hálózati tartalékok átszervezésével (spinning reserve), a kapacitás tartalékolásával és a frekvencia ellenőrzésével.

Az átviteli rendszer bővítésének mindig is kulcsszerepe volt a megbízható és gazdaságos energiaellátásban. Most az Energia[forradalom] erőforrásait figyelembe véve, amely az energiaellátás kb. 90%-át megújuló energiából tervezi fedezni, a elosztó hálózat szintén nagymértékű áttervezésére van szükség, hogy az új energiatermelési struktúrát megfelelően tudja kiszolgálni. A megfelelő hálózat gazdaságos, megbízható és fenntartható energiaellátást biztosítana.

Az Energia[forradalom] energia mix esetén a valós szükséglethez közel előállított villamos energia kulcsszerepet játszik (a megtermelt energia mintegy 70%-a a felhasználási központokhoz közel kerül előállításra). A biomassza, a szivattyús-tározós és a nagyméretű, megújuló energián alapuló erőművek, mint az Északi-tenger szélfarmjai vagy az észak-afrikai koncentrált napenergia erőművek kompenzálni tudják a helyi megújuló energián alapuló áramtermelés és energiafelhasználás között fellépő különbségeket. Ezenkívül az Energia[forradalom] feltételezi, hogy a fogyasztók rugalmasabbakká válnak az igényeik terén; mégpedig, hogy a helyi igényeket 3-4 órán keresztül 20%-kal csökkenteni lehet az kereslet oldali kezelés által és/vagy a helyi tárolási lehetőségekkel.



14. ábra: a fogyasztók energiaigényének összeadódása az energiarendszerben



Elméletileg a helyi áramtermelés túlméretezésével csökkenne az igény a más helyen történő nagyméretű megújuló energiatermelésre, valamint az átviteli hálózat fejlesztésére.¹⁴ Mindamellett, ha a helyi üzemek méretét növelnénk (túlméreteznénk őket), az többbe kerülne, mintha nagyméretű, regionális szintű, megújuló energián alapuló erőműveket létesítenénk, és az energiahálózathoz kapcsolnánk őket az átviteli rendszer bővítésével. A 70%-os szétszított megújuló erőforráson alapuló energia és a 30%-os nagyméretű megújuló energiatermelés aránya nem részletes műszaki vagy gazdaságossági optimalizáláson alapul – minden egyes helyszín esetében a helyi jellegzetességeket kell figyelembe venni az optimális megoldás meghatározásához. További regionális szintű tanulmányokat kell végezni annak meghatározásához, hogy milyen arányban jó megosztani a szétszított és a nagyméretű megújuló energiatermelést.

Az átviteli rendszer Energia[forradalom] energia mix szerinti áttervezésének legfőbb célja, hogy az elektromos áram a nap 24 órájában, a hét minden napján rendelkezésre álljon, még szélsőséges körülmények között is. Ilyen extrém körülmények lehetnek például a következők:

- Az átlagos széltermelés alatti érték Európa nagy részén a téli időszakban, amikor a napsugárzás szintje is alacsony;
- Az ellátás nem tervezett zavara, például fennakadás egy nagy tengeri szélfarm által biztosított energiában (n-1 feltétel). Egy ilyen hirtelen fennakadás a másodperc tört része alatt érezteti a hatását.

A fenti két esetre egy jól megtervezett átviteli rendszer a megoldás, mert ennek segítségével a többletet termelő helyekről energiát lehet átvinni olyan területekre, ahol nincs elegendő termelés.

Általánosságban elmondhatjuk, hogy az átviteli rendszert úgy kell megtervezni, hogy az alábbiakkal képes legyen megbirkózni:

1) Hosszú távú kérdések:

- Évről évre szélsőséges ingadozások fordulhatnak elő a természetes erőforrásokban, például a széltermelés teljesítménye bármelyik területen megváltozhat, akár 30%-ban is egyik évről a másikra, vízenergia esetén a különbség pedig még ennél is nagyobb lehet.

2) Közép távú kérdések:

- A természetes erőforrások rendelkezésre állásában bekövetkező szélsőséges helyzetek: például átlagon aluli széltermelés Európa nagy részein téli időszakban, amikor alacsony a napsugárzás értéke.

3) Rövid távú kérdések:

- Számottevő az eltérés az előre jelzett és a valós szél és napenergiát felhasználó termelésben, amelynek jelentős hatása van az energiarendszer működésére a 15 perc és 3 óra közötti időintervallumban.

referencia

¹⁴ EBBEN AZ ESETBEN A HELYI ENERGIARENDSZER HIBRID RENDSZERRÉ ALAKUL, AMELY KÜLSŐ TÁMOGATÁS NÉLKÜL IS MŰKÖDŐKÉPES.

- Jelentős mennyiségű energiatermelési kiesés nem tervezett leállás, vagy hálózati fennakadás miatt, amelynek a hatásai a másodperc tört része alatt jelentkeznek. Az Európa szárazföldi részein lévő energiahálózat jelenleg úgy van tervezve, hogy 3000 MW-nyi hirtelen energia kieséssel tudjon megbirkózni. Hogy ez elegendő lesz-e a jövőt tekintve, az attól függ például, hogy az egyes átviteli vonalaknak milyen lesz a maximális kapacitása. Nagyon valószínű, hogy a jövő nagyfeszültségű egyenáramú (HVDC) vonalainak kapacitása meghaladja majd a 3000 MW-ot, ezért megfelelő tartalék áramtermelő kapacitásról és/vagy hálózati kapacitásról kell gondoskodni a hálózat áttervezése során (a szimulációs jelentésben (4. rész) részletesen foglalkozunk a kérdéssel, ahol a szuperhálózatot maximum 70%-ban terheljük meg).

A 4. rész célja a kulcsfontosságú területek közötti megfelelő átviteli kapacitást meghatározni a természetes erőforrások rendelkezésre állásban bekövetkező extrém változások esetében (közép távú kérdések). A közép távú kérdések a legfontosabbak az átviteli rendszer tervezésénél, vagyis ha az átviteli rendszer jól meg van tervezve, és képes megbirkózni a közép távú kérdésekkel, akkor nagy valószínűséggel megállja majd a helyét a rövid és a hosszú távú kérdések esetében is. A modell az Európa különböző régiói közötti átviteli kapacitás meghatározásával foglalkozik, de az energiarendszer dinamikus kérdéseit nem vizsgáltuk.

2.2 szuperhálózati átviteli lehetőségek

Elméletileg a szárazföldi átviteli hálózatok különböző műszaki megoldásokkal újratervezhetőek. Az alábbiakban röviden bemutatjuk ezeket a műszaki megoldásokat, és közzéteszünk egy általános összehasonlítást is.

- HVAC (nagyfeszültségű váltóáram);
- HVDC LCC (nagyfeszültségű egyenáramú rendszer hálózati kommutációs váltóirányítóval);
- HVDC VSC (nagyfeszültségű egyenáramú rendszer feszültségforrásos váltóirányítóval);
- egyéb műszaki megoldások.

2.2.1 HVAC (nagyfeszültségű váltóáram)

Az elektromos hálózatok esetében gyakran alkalmaznak nagyfeszültségű légvezetéseket váltóáramú átviteli rendszerrel (HVAC). Ez a megoldás sokkal olcsóbb a nagyfeszültségű egyenáramú technológia váltóáram/egyenáram konverter állomásaihoz képest, mert ebben az esetben a generátorok által előállított tipikus alacsony feszültséget magasabb feszültségre erősítik fel transzformátorok segítségével. Alacsony vagy közepes feszültség mellett a veszteség elviselhetetlenül magas költségeket eredményez a nagy távolságok közötti átvitelnél, ezért általában közepes távolságok esetében (pár száz kilométer) a nagyfeszültségű váltóáram (400 kV vagy még nagyobb) alkalmazása a legkifizetődőbb megoldás. A váltóáramú rendszerek fejlődésével egyre nagyobb átviteli feszültséget lehet alkalmazni. Általában a feszültség megkétszerezése négyszeresére emeli az energiaátviteli képességet. Ebből kifolyólag a hálózatok fejlesztése a legtöbb országban az egyre nagyobb feszültségű hálózati rétegek hozzáadásából áll.

Ma a nagyfeszültségű váltóáramú légvezetékek esetében a legnagyobb feszültség 800 kV körül mozog. A kanadai Hydro Quebec nevű vállalat például egy 735 kV-os légvezeték rendszert üzemeltet, amelynek az első

vonala 1965-ben kezdte meg a működését. 1000 – 1200 kV-os váltóáramot is kipróbáltak már több próbaüzem keretében, sőt rövid távú kereskedelmi üzem esetében is, de jelenleg egyetlen kereskedelmi üzemben sem alkalmazzák.¹⁶ Az ilyen rendszerek kiépítése során komoly kihívásokkal kell szembenézni, és új eszközöket, transzformátorokat, megszakítókat és kapcsolókat kell kifejleszteni.¹⁷

A váltóáram alapú rendszerek legnagyobb előnye, hogy az adott gerinc esetében rugalmasan összekapcsolható a terhelés és az áram előállítás. Ez különösen akkor fontos, amikor az adott átviteli vezeték sűrűn lakott környéken vezet keresztül, és az áramtermelő egységek több különböző helyen, elszórtan vannak a vezeték nyomvonalával mellett. A nagyfeszültségű váltóáramú rendszerek hátránya a nagy kapacitás (>1000 MW) nagyon távoli helyre (> 1000 km) való eljuttatásának magas költsége, ami például abból ered, hogy a légvezeték feszültségét állandó szinten kell tartani.

2.2.2 HVDC LCC (nagyfeszültségű egyenáramú rendszer hálózati kommutációs váltóirányítóval)

A nagyfeszültségű egyenáramon (HVDC) alapuló hálózati kommutációs váltóirányító (LCC) csatlakozások előnye egyértelműen a bizonyítottan megbízható működés. Az első kereskedelmi LCC HVDC-t 1954-ben építették ki a Gotland sziget és a svéd szárazföld között. A hálózat 96 km hosszú volt, névlegesen 20 MW teljesítménnyel, és 100 kV-os tengeralatti kábelt használtak fel hozzá. Azóta a világ számos pontján építettek ki hálózati kommutációs váltóirányítón alapuló nagyfeszültségű egyenáramú hálózatokat jellemzően nagy mennyiségű energia átvitelére, nagy távolságokra vagy a különböző energia rendszerek összekapcsolására, például Japán vagy Új-Zéland szigeteinek az összeköttetésére. Más, közismert HVDC technológiát ezenkívül több közismert példa létezik a HVDC technológia alkalmazására vonatkozólag:

- Az 1354 km hosszú Pacific Interie DC vonal 3100 MW névleges teljesítménnyel és +-500 kV egyenáramú feszültséggel;
- A Brazília és Paraguay között lévő Itaipu vonal 6300 MW névleges teljesítménnyel és +- 600 kV egyenáramú feszültséggel (2 dupla pólusú vezeték x 3150 MW).

A váltóáram – egyenáram átalakítás, majd az újbóli váltóárammá alakítás hatékonysága 97-98%-os, és az átalakító állomások kialakításának minőségétől függ. Egy 98%-os hatékonyságú rendszernek magasabbak a befektetési költségei egy alacsonyabb hatékonyságú rendszeréhez képest. Az LCC HVDC megoldás előnye a jelentősen alacsonyabb veszteség – ami 2-3% körül mozog egy 500 MW-os, 100 km-es hálózat esetében, amiben benne vannak az átvitel és az átalakítás során bekövetkező veszteségek is. Ezenkívül a nagy mennyiségű energia átvitele során további előny a nagyobb átviteli kapacitás a HVAC átvitelhez vagy a feszültségforrásos váltóirányítón alapuló átviteli rendszerhez képest. A HVDC LCC megoldás hátránya viszont az, hogy hiányzik az energiarendszer támogató képesség. Általában egy erős HVAC rendszerre van szükség a HVDC LCC kapcsolat mindkét oldalán. Ennélfogva a

referencia

¹⁵ A HVAC FÖLDALATTI KÁBELRENDSZEREK JELENLEG NEM TÚL NÉPSZERŰEK, MERT A KÁBELVESZTESÉGEK ELÉG NAGYOK, ÉS AZ ÁTVITELI KAPACITÁS ALACSONYABB, MINT A HVAC LÉGVEZETÉKEK ESETÉBEN.

¹⁶ 1986-BAN EGY OROSZORSZÁGOT ÉS KAZAHSZTÁNT ÖSSZEKÖTŐ 1200 KV-OS AC ÁTVITELI VEZETÉKET HELYEZTEK ÜZEMBE, A VONALAT AZONBAN 1996-BAN ÜZEMEN KÍVÜL HELYEZTÉK.

¹⁷ STATIKUS SZINKRONIZÁLT KOMPENZÁTOR, MÁS NÉVEN KÉNYSZERÍTETT KOMMUTÁLT KONVERTER.



HVDC gerinc alapú teljes hálózat kiépítése HVDC LCC technológiával - aminek támogatni kell a HVAC hálózatokat is - műszakilag kihívásnak tekinthető, és csak akkor lehetséges, ha további egységeket építünk a rendszerbe, mint például a Statcom-ot.¹⁷

2.2.3 HVDC VSC (nagyfeszültségű egyenáramú rendszer feszültségforrásos váltóirányítóval)

A feszültségforrásos váltóirányító (VSC) alapú HVDC technológiára egyre több figyelem terelődik. Ez a viszonylag új technológia csakis az erősáramú elektronika fejlődése miatt vált megvalósíthatóvá, ami nem más, mint a szigetelt bázisú bipoláris tranzisztor (IGBT). Ezáltal a Pulzus Szélesség Modulációt (PWM) fel lehet használni a VSC váltóirányítóhoz a hagyományos HVDC technológiában alkalmazott tirisztoros vonal kommutációs váltóirányítók helyett.

Az első kereskedelmi VSC alapú HVDC vonalat az ABB építette ki 1999-ben a svéd Gotland-szigeten. A vonal 70 km hosszú, 60 MVA-val ± 80 kV-on. A vonalat elsődlegesen azért építették ki, hogy a Gotland-sziget déli részén lévő nagyméretű szélfarmot feszültséggel lássa el.

Ma mintegy 10 VSC alapú HVDC rendszer működik világszerte. A főbb projektek a következők:

- A Murray-vonalat – amely közel 180 km hosszú - 2000-ben építették ki Ausztráliában. Ez a vonal volt a világ leghosszabb VSC alapú HVDC rendszere egészen 2009-ig. A kapacitása 220 MVA ± 150 kV-os DC feszültségen.
- A német Bard Offshore 1 Projekt BorWind egy 400 MW-os tengeri szélfarmot köt össze egy szárazföldi hálózattal a 203 km hosszú vonal segítségével, amely ± 150 kV-os DC feszültségen működik.
- A leghosszabb HVDC VSC projekt a Caprivi vonal Namíbiában. 970 km

hosszú, és ± 350 kV-on működik, amely eddig a HVDC VSC projektekben felhasznált legmagasabb feszültség a 300 MW kapacitás továbbítására.

A VSC alapú HVDC rendszer teljes hatékonysága némileg alacsonyabb az LCC HVDC rendszerhez képest, de a jövőben a technikai fejlődés miatt nagy valószínűséggel ez javulni fog. Ugyanígy a konverter névleges teljesítménye ma 400-500 MW körül van behatárolva, míg a kábelek teljesítménye ± 150 kV feszültségen 600 MW. Az LCC alapú HVDC rendszerekhez képest a VSC HVDC rendszereknek több kábelre és konverter állomásra van szüksége, ám a gyártók már dolgoznak magasabb teljesítményű konverter állomásokon és kábeleken. A VSC alapú HVDC megoldások legnagyobb előnye az, hogy képesek támogatni az energiarendszereket, például az aktív és reaktív energia független ellenőrzésével. Ezenkívül egy VSC alapú HVDC rendszernek nincs szüksége erős AC hálózatra, egy nem terhelt hálózat esetén is képes beindulni. Egy VSC alapú HVDC gerinchálózatot technikailag könnyebb kiépíteni, mint egy LCC alapú HVDC rendszert. A több terminálos VSC alapú HVDC rendszereket azonban még nem nagyon ismeri az energiaipar, ezért a hálózat kiépítését egy tanulási szakasz fogja megelőzni.

2.2.4 egyéb műszaki megoldások

Elméletileg más technikai megoldások is alkalmazhatóak, például:

- Gázszigetelésű átviteli vonalak (GIL), vagy
- AC átviteli rendszerek, alacsonyabb hálózati frekvenciával, vagy
- 4 vagy 6 fázisú bipoláris HVAC rendszerek.

Ezen átviteli eljárások fejlesztése azonban nincs annyira előrehaladtott állapotban, mint az előző részben vázolt három másik technológia. Hosszú távon azonban a légvezetékek kábelrendszerekre való lecserélése során, amely a kisebb környezeti hatás elérését szolgálja nem kizárt, hogy ezek a technológiák fontos szerepet fognak játszani.

1. táblázat: a három fő átviteli megoldás áttekintése

	HVAC	LCC HVDC	VSC HVDC
A rendszer max. kapacitása	Kábel rendsz.: • 200MW 150 kV-on; • 350MW 245kV-on; Légvezetékek: • 2000MW 800kV-on • 4000MW 1000kV-on (fejlesztés alatt)	Kábel rendsz.: • ~1200MW Légvezetékek: • 3150 MW ± 600 kV-on • 6400MW ± 800 kV-on (fejlesztés alatt)	Kábel/Légvezeték: • 400MW • 500-800MW névleges
Feszültség értéke	Kábel rendsz.: • Max 245kV reális, kábel max 400kV Légvezetékek: • Max 800kV • 1000kV fejlesztés alatt	Kábel rendsz.: • Max ± 500 kV Légvezetékek: • Max ± 600 kV • ± 800 kV fejlesztés alatt	Kábel: Max ± 150 kV, magasabb bejelentett feszültség érték Légvezetékek: Max ± 350 kV
Távolságfüggő az átviteli kapacitás? Teljes rendszer veszteség	Igen Távolság függvényében	Nem 2 - 3%	Nem 5 – 10%
„Black start” képesség	(Igen)	Nem	Igen
Hálózati támogatás lehetséges?	Korlátozottan	Korlátozottan	Sokfajta módon
Állomás területi igénye	Kicsi	Kapacitásfüggő konverter. Nagyobb a VSC-hez viszonyítva.	Kapacitásfüggő. Konverter kisebb az LCC-től, nagyobb a HVAC-től.

forrás ENERGNAUTICS

2.3 az átviteli lehetőségek összehasonlítása

Az 1. táblázat összehasonlítja a három alapvető átviteli megoldást. Az adott rendszerek műszaki képességei valószínűleg javíthatók további rendszereszközök hozzáadásával.

Az energia átvitelének a költségét a hálózatok kiépítéséhez szükséges kezdeti befektetés összege és az energiavesztés határozza meg. Jelenleg a légvezetékek a legelterjedtebbek, mivel az ilyen hálózatok kiépítésének költsége 20%-a a földalatti kábelek kivitelezési költségeinek. Az átviteli veszteségek a HVAC rendszer esetében kb. kétszer nagyobbak, mint a HVDC-nél. Egyrészt a légvezetékek költsége hasonló az alacsonyabb feszültség esetében is, ám a 800kV-os HVDC vonalak sokkal olcsóbbak az AC vonalhoz képest. Másrészt a HVDC vonalak esetében szükséges AC/DC konverter állomások jelentősen drágábbak, mint az AC rendszerek transzformátor állomásai. Emiatt általában rövidebb távok és alacsonyabb feszültség esetében az AC a legolcsóbb megoldás, de az 500 km fölötti vonalak esetében általában a HVDC rendszereket alkalmazzák (lásd 15. ábra).

Általában a legolcsóbb rendszermegoldás a HVAC és HVDC technológiák együttes alkalmazása. A HVAC költséghatékony és rugalmas megoldás közepes távolságok esetén (1000 km-ig), például a vonal mellett lévő különböző terhelési központok felé történő energiatovábbítás céljára, vagy a helyileg szétosztott elektromos áram többletének összegyűjtésére és más területekre történő továbbítására. A HVDC technológia pedig a nagy mennyiségű energia továbbítására használt hálózati megoldás, azaz nagy kapacitású, távoli területekre történő szállítás esetén. A HVDC szuperhálózatnak csak minimális számú csatlakozási pontja lesz, mert a konverter állomás költségei jelentősek.

Ezenkívül a HVAC megoldáshoz sokkal több vonalra van szükség, mint a HVDC esetében. 10 GW átvitelét például meg lehet oldani két 800 kV-os vezetékekkel LCC HVDC technológiával, míg ugyanennyi árammennyiség 800 kV-os AC rendszerrel történő átviteléhez 5 vezetékre lenne szükség.

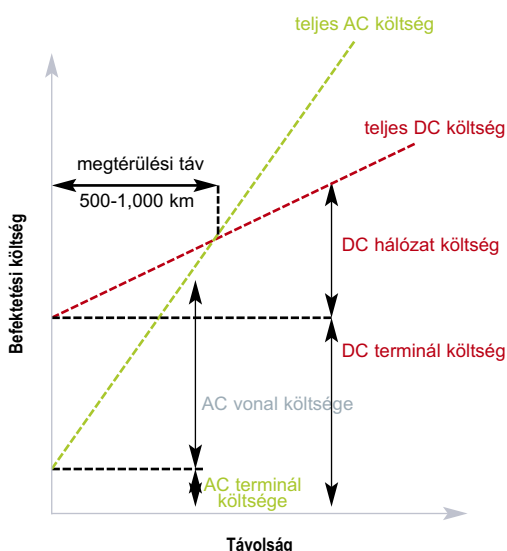
Egy 10 GW-os átviteli mennyiség esetén a HVDC légvezetékek helyigénye 4-szer is kisebb lehet a HVAC vonalak helyigényéhez hasonlítva (16. ábra). Amíg egy 800 kV-os HVAC vonal kiépítéséhez a vonal teljes hosszában egy 425 méter széles sávra van szükség 10 GW esetén, addig egy ugyanilyen kapacitású HVDC vonalnak mindössze egy 100 méter széles sáv szükséges. Ez mindkét technológia esetében jelentős környezeti hatás különbséget jelent.

A HVDC technológia végső előnye pedig az, hogy egy HVDC szuperhálózatot könnyebb föld alá helyezni HVDC kábelekkal. Ez a megoldás költségesebb ugyan, de ha meglévő szállítási útvonalak, például autópályák, vasútvonalak, vagy folyók mellé fektetjük a vonalat, akkor a HVDC szuperhálózati infrastruktúra gyorsan kiépíthető, és a hálózat nem fogja a látképét rontani.

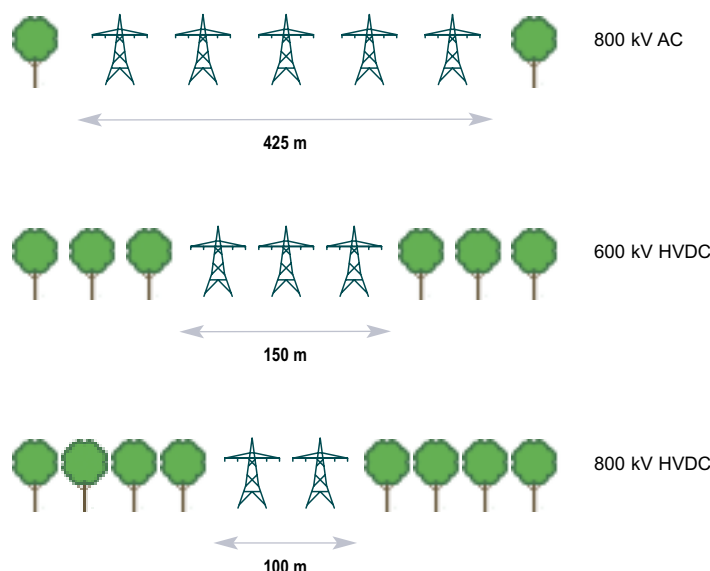
2.4 szabályozási és energiapolitikai kérdések / javaslatok

Egy európai szuperhálózat átgondolásához, megtervezéséhez és kivitelezéséhez egész Európának össze kell fognia, és jól kell összehangolnia a különböző csatlakozó energiarendszereket. Ezenkívül a szárazföldi szuperhálózat kiépítését össze kell hangolni a tengeri szuperhálózat építésével, valamint az észak-afrikai beruházásokkal, és az európai elektromos piac jelenleg is folyamatban lévő harmonizálásával. Az infrastruktúra gyors kifejlesztéséhez és megvalósításához egy európai szintű szabályozó hatóságra van szükség, amelynek a különböző európai hálózati irányítók (TSO-k), a nemzeti kormányok és a különböző elektromos piacok moderálása és koordinálása lenne a feladata. A szabályozó hatóságnak ezenkívül ki kell fejlesztenie gazdasági ösztönző csomagokat, hogy az energiaszektor megvalósítsa a szükséges beruházásokat a HVAC rendszer fejlesztésével és a HVDC szuperhálózat kiépítésével kapcsolatban.

15. ábra: az AC és DC befektetési költségek összehasonlítása. A MEGTÉRÜLÉSI PONT ÁLTALÁBAN 500 ÉS 1000 KM KÖZÖTT VAN.



16. ábra: a szükséges párhuzamos villanyoszlopok számának és az elfoglalt terület nagyságának összehasonlítása 10 GW elektromos kapacitás mellett



az okos hálózatok Magyarországon

MAGYARORSZÁG

AZ OKOS HÁLÓZATOK KITERJEDÉSE
ÉS SZEREPLŐI
AZ OKOS HÁLÓZATOK ALFÁJA –
AZ OKOS MÉRÉSI RENDSZEREK

ÚJ ENERGETIKAI KIHÍVÁSOK A
HÁZTARTÁSOKBAN
A MEGÚJULÓ ENERGIÁK ÉS AZ
OKOS HÁLÓZAT

HATÁROKON ÁTNYÚLÓ
ENERGIAÁRAMLÁSOK

3



“mára egyértelművé vált:
a megújulókra támaszkodó
energiarendszer
megvalósítása kizárólag
elhatározás kérdése”

GREENPEACE MAGYARORSZÁG
KLÍMA KAMPÁNY

icp NAPELEM. © BERND JUERGENSDREAMTIME

3.1 bevezetés

Jogosan merülhet fel a kérdés, egyáltalán időszerű-e ma Magyarországon érdemben foglalkozni az okos hálózatok kérdésével. Kétségtelen, hogy egy kis közép-kelet európai ország önmagában kevés ahhoz, hogy újfajta gondolkodást terjesszen el a közműhálózatok intelligens (együtt)működésével kapcsolatban, de azt a célt jogosan tűzheti ki magának, hogy saját innovációs képességeinek felhasználásával ne passzív szemlélője, hanem aktív formálója legyen az európai folyamatoknak.

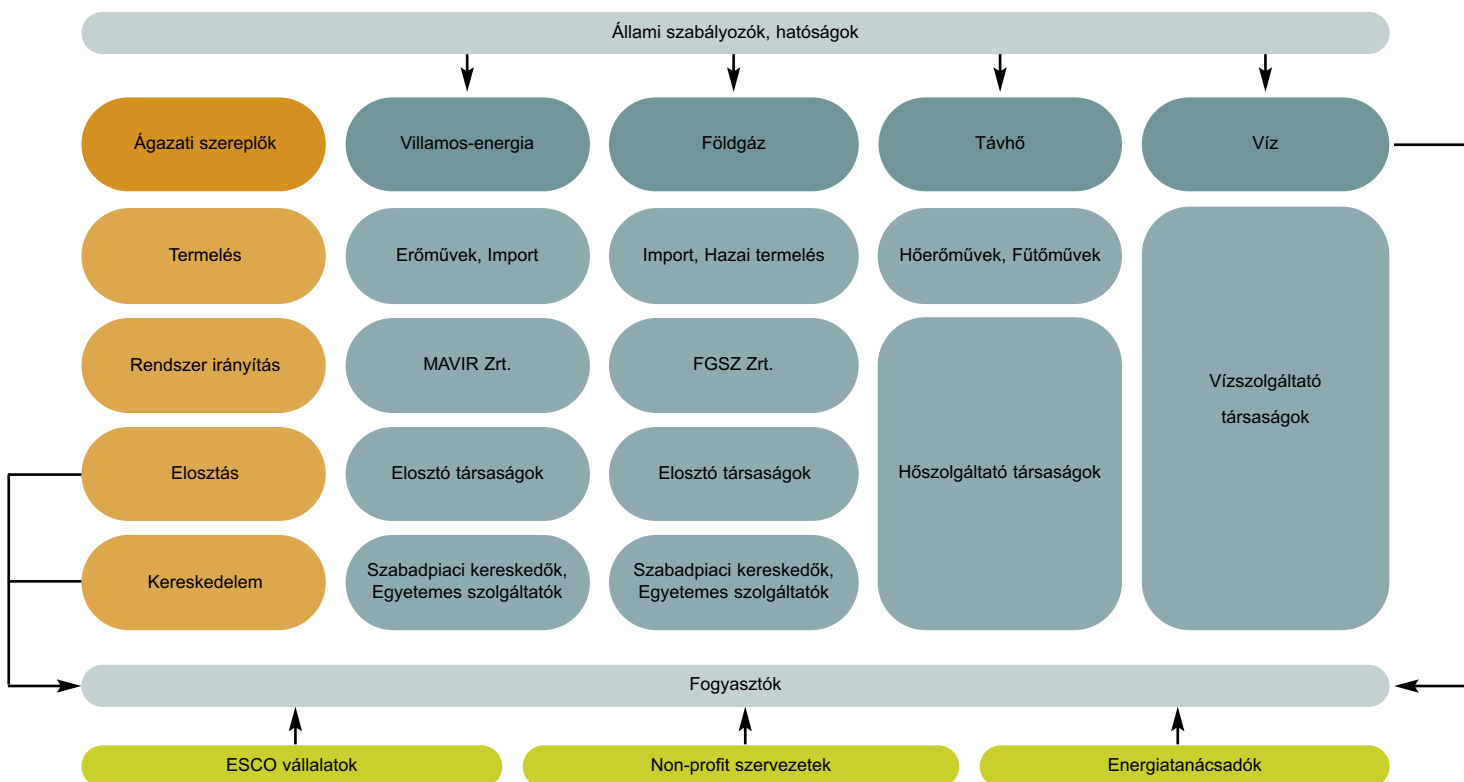
Az infokommunikációs megoldások robbanásszerű terjedésével párhuzamosan mára már nem kérdés, hogy vajon az üzleti intelligenciák terjedése a hagyományos közműszektorok (villamos-energia, gáz, hőszolgáltatás, vízszolgáltatás) működési modelljeit is alapvetően átalakítja-e. A technológiai fejlődés robbanásszerű, az energetikai értéklánc szinte valamennyi elemében a termeléstől az energiaszállításon (átvitelen) és elosztáson keresztül egészen az energiakereskedők ajánlatain át a háztartásokon belül megjelenő energiatakarékosságot szolgáló berendezésekig rengeteg területen találkozhatunk az okos hálózati megoldások térnyerésével. Magyarországon ráadásul a lakosság széles köre számára sem ismeretlenek azok az információtechnológiai megoldások, amelyek végső soron az energiahálózatok hatékonyabb működését támogatják. Valószínűleg nincs olyan honfitársunk, aki ne találkozott volna már „éjszakai árammal” működő villanybojlerrel, de azt már jóval kevesebben tudják, hogy az a műszaki megoldás, ami távvezérlés segítségével be- és lekapcsolhatóvá teszi ezeket a háztartási berendezéseket, valójában növeli a magyar villamosenergia-rendszer üzembiztonságát, hozzájárul a kereslet és a kínálat folyamatos egyensúlyának fenntartásához.

Egyes vállalatok készek arra, hogy energiafelhasználásukat a villamos-energia vagy a gáz rendszer irányítója korlátozza, ha valamilyen előre nem látható esemény (például erőműleállás, a nemzetközi gázvezetékeken érkező import időleges leállása) történik. A korlátozások itt is, hasonlóan a villanybojleres közismert példájához, távoli irányítással, a rendszerirányítók és a fogyasztók közötti aktív információtechnológiai megoldások alkalmazásával történik.

Könnyű belátni azt is, hogy azok az áram- és gázkereskedelmi szerződések, amelyek arra ösztönzik a fogyasztókat, hogy egy előre megtervezett ütemterv szerint fogyasszák az energiát, és az ütemtervtől való eltéréseket felárakkal büntetik, szintén abba az irányba mozdítják el az energia-felhasználókat, hogy saját fogyasztásuk tervezését és szabályozását egyre kifinomultabb energia-menedzsment rendszerekkel támogassák. Ma már természetes, hogy egy újonnan épülő irodaház, bevásárlóközpont vagy ipari üzem létesítésénél a tervezés együtt jár az energiahatékonyságot támogató információtechnológiai rendszerek telepítésével.

Az okos hálózatok valójában ilyen és ehhez hasonló megoldások alkalmazását jelentik. Nem kell tehát megijednünk attól, hogy legyünk bármennyire is energiatudatosak, egyéni hozzájárulásunk nem képes hatni arra, hogy milyen módon és ütemben alakul ki hazánkban az okos közműhálózatok rendszere. Mindannyian képesek vagyunk arra, hogy saját lehetőségeink határain belül hozzájáruljunk az energiarendszerek hatékonyságának javulásához, az energiafelhasználás fenntarthatóbbá tételéhez. Az okos hálózati megoldások ehhez kínálnak eszközöket az ellátási lánc valamennyi szereplője számára.

17. ábra: a közműrendszerek szereplői és kapcsolataik





3.2 az okos hálózatok kiterjedése és szereplői

Az első kérdés, amit meg kell válaszolnunk az, hogy vajon az okos hálózatok okos villamos-energia hálózatokként értendők, vagy indokolt ennél szélesebb körben okos közműhálózatokról beszélnünk? Sokakkal szemben, akik hajlanak arra, hogy a fogalmat leszűkítve csak a villamos-energiára alkalmazzák, meggyőződésünk, hogy az okos közműhálózatok ennél szélesebb körben érdemelnek figyelmet. Kétségtelen, hogy a koncepció leginkább a villamos-energia területén terjedt el, de a hőszolgáltatás, a gázrendszer költséghatékony működtetése vagy az egyre inkább szűk erőforrásnak tekinthető ivóvíz-szolgáltatás is rengeteg alkalmazási lehetőséget kínál az információtechnológiai megoldások terjedésére, amelyek elősegíthetik az energiahatékonyabb és energiatudatosabb közműrendszerek létrejöttét. Értelmezésünkben éppen ezért a bevezetésben megfogalmazott definíció mellett három, a villamos-energia szektoron túlmutató megállapítást tehetünk az okos hálózatok meghatározásával kapcsolatban:

Ezek a megállapítások nem kizárólag a villamos-energia rendszer intelligensebbé tételéről szólhatnak, ugyanígy igazak a gáz- a víz- vagy a távhőszolgáltatás területeire is. Az okos közműhálózatok elterjedése ugyanakkor alapvető szakítás a közműrendszerekről alkotott hagyományos képpel. Ahhoz, hogy az ellátási lánc valamennyi szereplője élvezhesse ezeknek a technológiai megoldásoknak az előnyeit, nyitottságra, a piaci verseny erősítésére, a természetes monopóliumok hatékony szabályozására egyaránt szükség van. Az okos hálózati megoldások elterjedése éppen ezért az ágazati szereplők, a fogyasztók és a szabályozó hatóságok hatékony együttműködése révén valósítható meg.

A közműrendszerek energiahatékonyabbá és ez által fenntarthatóbbá tétele Magyarországon ráadásul több területen is égetően fontos. Nő, és a 2020-ra vállalt kötelezettségeink alapján várhatóan a jövőben még dinamikusabban bővül a megújuló bázisú energiatermelés. A hazai villamos-energia és földgáz-elosztóhálózati veszteségek magasabbak az európai átlagnál. A távhővel fűtött háztartásoknak csak kisebb hányadában biztosított a hőmérés. Jelentősek a közműszolgáltatók illetéktelen

2. táblázat: az okos hálózati megoldások lehetőségei az egyes közműszektorokban

	VILLAMOS- ENERGIA	FÖLDGÁZ	TÁVHŐ	VÍZSZOLGÁLTATÁS
Okos mérési rendszerek	● ● ●	● ●	●	●
Technológiai hálózati veszteségek csökkenése	● ●	● ●	● ●	● ●
Illetéktelen használatból adódó veszteségek csökkenése	● ●	●	●	●
Hálózati energiaminőség, meddőenergia csökkentése	●	—	—	—
Jobb beruházástervezés, hatékonyabb hálózatfejlesztés	● ●	● ●	● ●	● ●
Megújuló energiák és osztott termelés (kiserőművek) integrációja	● ● ●	●	—	—
Fogyasztásvezérlés	● ●	—	—	—
Kereskedelmi innovációk	● ● ●	●	—	—
Energiatárolás	● ●	●	—	—
Szuperhálózatok	● ●	●	—	—
Közlekedési és energiarendszerek összekapcsolása	● ●	●	—	—

forrás FORCE MOTRICE

- Az okos hálózat egy olyan közműhálózat, amely hatékonyan integrálja a hálózatra csatlakozó valamennyi szereplő – fogyasztók, termelők, energiaszállítók – cselekedeteit és magatartását annak érdekében, hogy egy gazdaságos, fenntartható energiarendszer jöjjön létre.
- Az okos hálózat egy olyan technológiai megoldás, amely kihasználja a modern telekommunikációs, és számítástechnikai megoldások nyújtotta lehetőséget azzal a céllal, hogy a jelenlegi hálózatok működését egy új fejlettségi szintre emelje, melynek következtében az hatékonyabban és megbízhatóbban működtethető, miközben a fogyasztók részére hozzáadott értékű szolgáltatások nyújthatóak.
- Hosszú távon az okos hálózatok olyan kétoldalú kommunikációra alapuló, fejlett szenzorokkal ellátott, helyi mérésekre és távvezérlésre alkalmas hálózattá fejlődnek, amelyben az energetikai iparág teljes értéklánca közösen irányíthatóvá válik a termeléstől a fogyasztásig.

vételezés miatti veszteségei. A fogyasztók csak igen nagy késéssel kapnak információt tényleges fogyasztásukról. Nem alakult ki a fogyasztási adatokat elemző és a fogyasztási szokások megváltoztatását aktívan segítő energia-tanácsadói hálózat.

A közműhálózatok megújításának indokai még hosszan sorolhatók lennének, de már ebből a néhány kiragadott példából is világos, hogy a hálózatok okosabbá tétele mindannyiunk közös érdeke.

Az okos hálózat koncepciója természetszerűleg szektoronként és szereplőnként eltérő hatást fejthet ki. A közműrendszerek és piacok fejlődése a villamos-energia és a földgáz-szektorban a legkiterjedtebb. E két szektorban megtörtént a teljes piacnyitás, és – legalábbis elvben – valamennyi áram- és gázfogyasztó élvezheti a verseny előnyeit. Más kérdés, hogy mindez a gyakorlatban mennyire valósult meg. E két közművet ráadásul országosan, sőt nemzetközileg is összekapcsolt integrált hálózatok jellemzik, ahol a hálózatba betáplált energia termelése

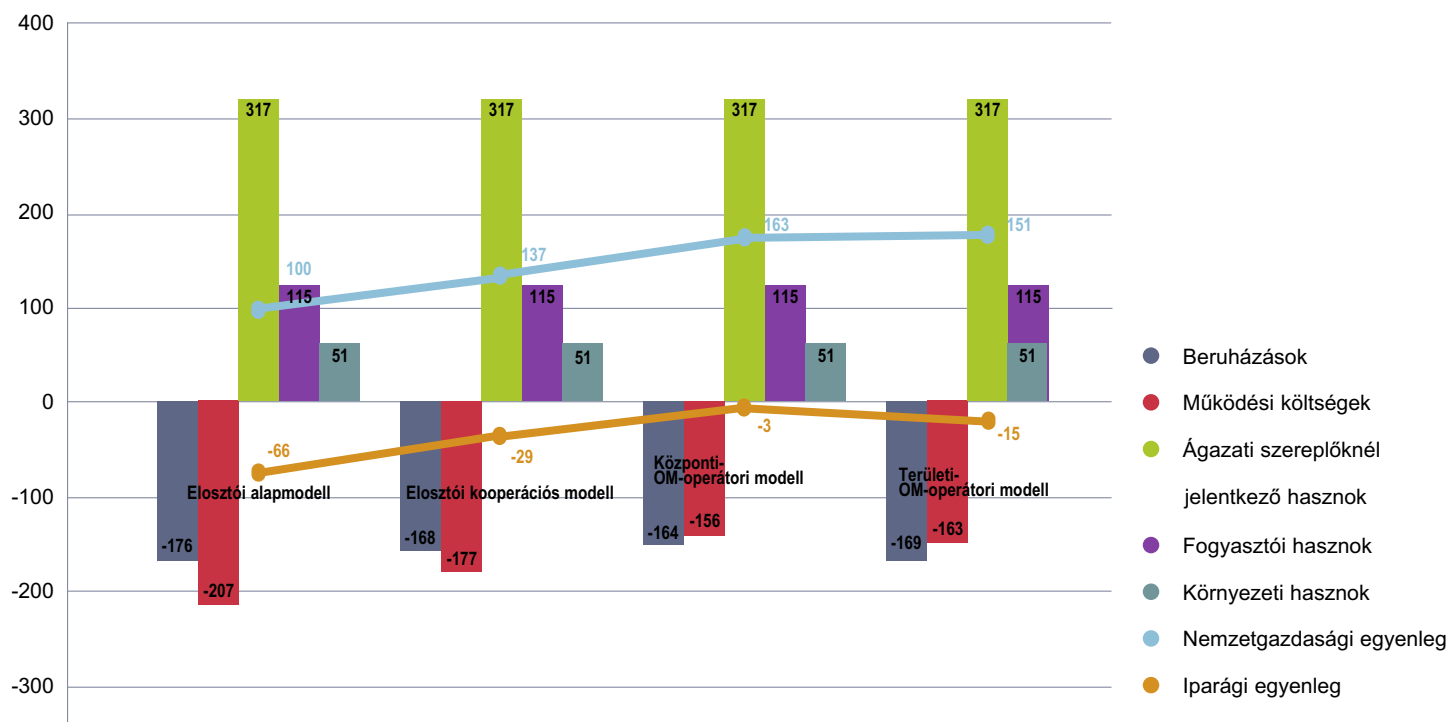
és annak felhasználása földrajzilag igen távol eshet egymástól. Az energia termelését, szállítását, kereskedelmét és a fogyasztókhoz történő eljuttatását elkülönült gazdasági társaságok végzik, szemben a távhő- vagy vízszolgáltatás rendszerével, ahol ezek a funkciók jellemzően egy szereplőhöz köthetők. A hasonlóságok és különbségek éppen ezért szükségessé teszik, hogy az okos hálózatok tekintetében is megkülönböztetéseket tegyünk az egyes szektorok között.

Egyes okos hálózati megoldások – így különösen az okos mérés – lényegében valamennyi közműhálózatra adaptálhatóak, míg mások csak egyik vagy néhány szektor esetében értelmezhetők. Az okos hálózati megoldások egyes közművekre értelmezhető lehetséges alkalmazási területeit mutatja be az előbbi táblázat.

3.3 az okos hálózatok alfája – az okos mérési rendszerek

Az okos hálózatok leginkább kézzelfogható elemei az okos mérés jellegű fejlesztések, amelyek fókuszában elsődlegesen az energia hatékonyabb elosztása és pontosabban nyomon követhető fogyasztása áll. Az okos mérési megoldások központi eleme az olyan mérőóra, amelynél nincsen szükség fizikai leolvasásra, mivel a mérő a fogyasztási adatokat valamilyen informatikai megoldáson keresztül juttatja el a szolgáltatóknak. Alapvetően változtathatja meg az iparágak működését, és csökkentheti az energiafogyasztást, amennyiben megvalósulnak az okos mérés kiépítéséhez szükséges műszaki-informatikai fejlesztések, amelyek kiegészülnek a szükséges szabályozási intézkedésekkel.

18. ábra: a MEH okos mérés tanulmányban vizsgált modellek megtérülésének összehasonlítása (milliárd Ft)



forrás: FORCE MOTRICE

Az 2. táblázatból is jól látható, hogy az okos hálózati megoldások leginkább a villamos-energia szektor működésére lehetnek kihatással, ezért a továbbiakban mi is elsősorban az okos villamos-energia hálózatok hazai fejlesztésére vonatkozóan foglalkozunk meg ajánlásokkal. Ugyanakkor fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy egyes, az energiatudatosság és takarékoság szempontjából kulcsfontosságú területeken, így különösen a jelenleginél fogyasztóorientáltabb mérési rendszerek bevezetése terén a gondolkodás kereteit indokoltnak látjuk kiterjeszteni más közművekre is, így ajánlásainkat is ebben a szellemben foglalkozunk meg.

A 2010 nyarán a Magyar Energia Hivatal és a Világbank közös finanszírozásában készült tanulmány¹⁸ is egyértelműen állást foglalt az okos mérés mielőbbi hazai bevezetése mellett. A tanulmány készítői szerint a bevezetést célszerű több közműre is kiterjeszteni, így különösen a villamos-energiára és gázra, de később érdemes megfontolni annak további bővítését a vízszolgáltatásra is. Számításai szerint az okos mérőrendszerek bevezetése az áram- és a gázszolgáltatásra nemzetgazdasági szinten jelentős, 100-160 milliárd forintos hasznot eredményezhet, már kismértékű (1-1,5%-os) fogyasztói energiatudatosság növekedés mellett is.

referencia

¹⁸ AT KEARNEY-FORCE MOTRICE (2010): TANULMÁNY KÉSZÍTÉSE AZ „OKOS MÉRÉS” ELEKTRONIKUS MÉRŐ RENDSZERNEK A VILLAMOS ENERGIA, FÖLDGÁZ -, ÉS TÁVHŐFELHASZNÁLÁS TERÜLETÉN TÖRTÉNŐ BEVEZETÉSÉRE. A TANULMÁNY TELJES SZÖVEGE A MAGYAR ENERGIA HIVATAL HONLAPJÁN HOZZÁFÉRHETŐ: [HTTP://WWW.EH.GOV.HU/GCPDOCS/201006/SMARTMETERING_FINALREPORT_20100622_HUN.PDF](http://www.eh.gov.hu/GCPDOCS/201006/SMARTMETERING_FINALREPORT_20100622_HUN.PDF)



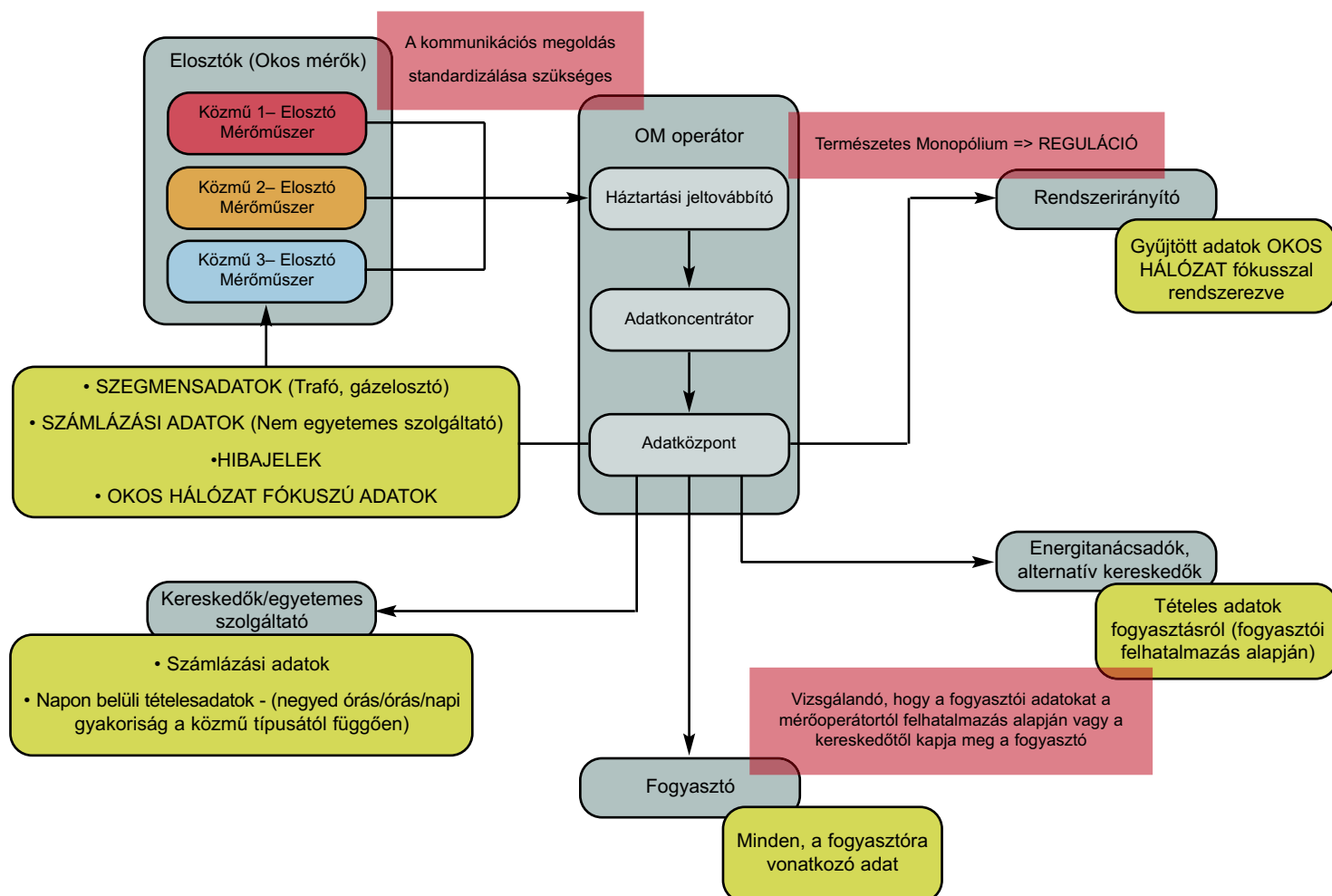
A tanulmány is felhívja ugyanakkor a figyelmet arra, hogy az okos mérési rendszerek bevezetése önmagában szükséges, de nem elégséges feltételei egy valóban hatékonyan együttműködő okos hálózatnak. „Az okos mérés, bár önmagában számos többlet funkciót és szolgáltatást ad, valójában alap infrastruktúrájává válik a hálózatnak, lehetővé téve azt, hogy az üzemeltetés, a beruházások, az energiatermelés optimalizálása magasabb hatékonyságon történjen. Ezért az okos mérés bevezetése során a szabályozási környezetben nem csupán a mérést, a mérést végző szereplőt és az adatok kezelését kell szabályozni, hanem egyben az erre az adathalmazra épülő többlet szolgáltatások kialakulásának is teret kell engedni. Ilyen terület például a fogyasztásszabályozási képesség kialakulása következtében a visszaszabályozási volumen piacának megteremtése, a gáz vs. elektromos energia közötti váltást lehetővé tévő kereskedelmi ajánlatok kialakításának lehetősége, vagy a háztartások tárolókapacitásának rendelkezésre bocsátása.”

A mérési rendszerek tehát csak abban az esetben segíthetnek hozzá egy fenntarthatóbb villamos-energia (és gáz) szolgáltatási rendszer kialakulásához, ha segítségükkel csökken az energiateljesítmény, nagyobb tere nyílik a versenynek, jobb lehetőségek kínálóznak a

fogyasztás szabályozására vagy a hatékony hálózati kapacitások biztosítására. Éppen ezért célszerű külön-külön végigmennünk azon, hogy az egyes érintettek milyen hasznokat remélhetnek egy ilyen rendszer mielőbbi bevezetésétől. Természetesen, ahogyan arra már korábban is utaltunk, az okos mérési rendszerek önmagukban nem biztosítják az okos hálózatok létrejöttét, de annak egyik nagyon fontos előfeltételét jelentik. Így az okos mérés kialakításához kapcsolódóan az érintettek széles körénél is szükséges a szemléletváltás. Az okos mérés alapvetően azokat az előnyöket hozná el a lakossági (egyetemes szolgáltatás) szegmens számára, amelyet a nagyobb fogyasztású üzleti fogyasztók már korábban is élvezhettek a távmérési rendszerek segítségével.

Az okos mérési (OM) rendszer középpontjában az intelligens mérési infrastruktúrát működtető mérőoperátor áll. Ez lehet a megszokott villamos-energia vagy gáz-elosztó társaság, de ugyanígy elképzelhető, hogy a mérés lebonyolítását új, független szereplő végzi majd egyszerre a háztartásban jelenlévő valamennyi közüzemszolgáltatásra. A nagy gyakorisággal (akár negyedóránként) megmért fogyasztási adatok azután felhasználhatók a hatékonyság javítása, jobb kereskedelmi ajánlatok kidolgozása, és a háztartások energiatudatosságának növelése érdekében.

19. ábra: feladatkörök és adatjogosultságok az okos mérés kialakítandó rendszerében



elosztói hasznok

Amennyiben az okos mérés nagy országos lefedettséggel valósul meg, úgy az elosztói oldalon az alábbi előnyök realizálhatóak:

- **A kifesztültségű hálózatok hatékonyabb ellenőrzése és irányítása**, ami elsősorban a kapacitások pontosabb meghatározásában és a veszteségek – legyen az lopás vagy fizikai veszteség – csökkenésében jelenik meg. (Olaszországban a jelentős hálózati veszteségekről kapott többletinformáció és a veszteségek csökkentése volt a fő mozgatórugója az okos mérés bevezetésének.). Emellett javulhat a szolgáltatás minősége és az áramkimaradások azonosítása és elhárítása.
- **Hatékony mérőleolvasás**. Egyértelmű működési költségmegtakarítást eredményez, hiszen gyakorlatilag nem szükséges emberi erőforrás a leolvasás elvégzéséhez. Ráadásul a leolvasás is nagyobb gyakorisággal végezhető el.
- **Fogyasztásvezérlés**. Lehetőség van a fogyasztás leszállítására, amellyel befolyásolható a nem megfelelő fogyasztási magatartás, vagy túlterheltség szüntethető meg. (Ennek jelenleg nemcsak technológiai, hanem jogszabályi akadályai is vannak)
- **Távoli aktiválás, deaktiválás, karbantartás**. Költségmegtakarítás érhető el azzal, hogy nem szükséges a helyszínen beavatkozni a ki/bekapcsolás és bizonyos karbantartási folyamatok esetében.

A fentiek miatti hatékonyabb hálózatüzemeltetésből fakadó megtakarítások a már idézett tanulmány alapján az alábbiak szerint számszerűsíthetők:

- Országos szinten az elosztói hálózaton a technikai veszteség mértéke jelenleg közel 3 000 GWh-t, 74 milliárd Forintot tesz ki évente (csak az energia díja). Vitathatatlan, hogy a jelenlegi szállítási technológiák mellett egy bizonyos mértékű hálózati veszteség természetes, azonban feltételezhető, hogy jelentős mértékű árammennyiség, amelyet az elosztók fizikai/hálózati veszteségként számolnak el, valójában felderítetlen áramlopást takar. Az ezzel foglalkozó tanulmány ennek a megtakarításnak a mértékét 20%-ra becsülte, ami mai értékben 84 milliárd forint jelenértékű megtakarítást jelent a bevezetés első tíz évében.
- A kifejezetten jogtalan vételezés miatti veszteség az elosztói rendszeren mintegy 5 milliárd forintot tesz ki évente. Amennyiben ezt 70%-kal sikerülne mérsékelni, az mai forintértéken számolva közel 20 milliárd forintos megtakarítást jelentene a bevezetés első tíz évére számítva.
- A leolvasási költségek csökkentéséből 17, a megnövekvő fizetési fegyelemből pedig 11 milliárd forintos megtakarítás lenne elérhető mai pénzértéken 10 év alatt.

kép NAPELEMEK FELSZERELÉSE EGY LAKÓHÁZRA.





3.3.1 tudatos fogyasztók

Amint arra már fentebb utaltunk, az okos hálózathoz az okos mérésen keresztül vezet az út. Ráadásul az okos mérési rendszer kialakításában már lemaradásba került Magyarország a kontinens jó néhány országához képest: Svédországban és Olaszországban már szinte a teljes lakossági piacot lefedték okos mérőórákkal, de Spanyol-, Görög-, és Finnországban, valamint az Egyesült Királyságban is elkészült már a bevezetési terv. Noha az okos mérési megoldások elsődlegesen nem a megújuló energiák térnyerését célozzák, azonban közvetlenül lehetőséget adnak a fogyasztóknak ahhoz, hogy anyagi ösztönzőkön keresztül racionalizálják fogyasztásukat. Így az okos mérési technológiák, amennyiben megfelelő piaci/szabályozási folyamatok is kísérik, közvetlenül elősegítik a lakossági tudatos fogyasztóvá válását. Bár az energia-megtakarítás legvégül a fogyasztói szegmensben áll vagy bukik, azonban ennek a feltételeit a szabályozóknak illetve a szolgáltatóknak kell megteremteniük. Ennek oka, hogy a jelen piaci helyzetben, a lakossági szegmensben (egyetemes szolgáltatásban) a fogyasztók:

- lényegében nincsenek anyagilag ösztönözve arra, hogy a fogyasztásukat csúcsidőszakból völgyidőszakba tereljék át, és
- nem szembesülnek versengő ajánlatokkal. Érdemi verseny nincsen a villamos energia piacon az egyetemes szegmensben, így a lakossági fogyasztók nem tekintik tudatos fogyasztású „termék”-nek villamos energiát úgy, mint például a mobiltelefon szolgáltatásokat.

Az okos mérés előfeltétele annak, hogy ezen a helyzeten változtatni lehessen annak érdekében, hogy tudatos, és ezen keresztül energiatakarékos fogyasztókká váljon a lakosság. A továbbiakban bemutatjuk, hogy az okos mérés a lakosság számára milyen előnyöket képes nyújtani, és vázoljuk azokat a teendőket, amelyeket egy sikeres bevezetéshez fontosnak tartunk.

3.3.2 fogyasztói hasznok

A fogyasztók számára az okos mérési megoldások az alábbi előnyöket képesek kínálni:

- **Fogyasztói tudatosság és ebből eredő energia-megtakarítás.** Az okos mérők segítségével a fogyasztók az energiafelhasználást rövid időközönként lebontva vagy folyamatosan képesek mérni. Ezáltal a fogyasztók nem csak a havi/évi energia számla megérkezésekor jutnak egy megkésett, nehezen értelmezhető és a hosszú mérési időszak egészére vonatkozó összevont információhoz, hanem közvetlenül képet kaphatnak háztartásukban használt egyes berendezések fogyasztásáról, így képesek befolyásolni azt. Eszköz kerül a kezükbe, hogy csökkentsék a fogyasztási szintjüket nagy fogyasztású berendezések cseréjével vagy használatuk mérséklésével. (További tudatosságot vihetnek a rendszerbe azok az okos mérők, amelyek képesek az aktuális fogyasztást nem csupán fizikai értékekben (kWh) hanem aktuális költségben vagy CO₂ emisszióban is kifejezni.)

- **Nagyobb tarifaválaszték és rugalmasság.** Az okos mérők alkalmazása szükséges feltétele a többtarifás fogyasztói csomagok általános elterjedésének. Az okos mérőkkel a lakosság teljes körére kiterjeszthetők a B-tarifás (éjszakai) mérők használatának előnyei és így lehetőség nyílik, hogy a fogyasztók fogyasztásuk egyes elemeit átrendezzék a drágább nappali órákból az olcsóbb késő esti vagy éjszakai időszakokba. Például bizonyos eszközök használatának elhalasztásával (mosogatógép, mosógép stb.) kedvezőbb energiaköltség mellett tudják üzemeltetni azokat. Ezáltal a teljes hazai villamosenergia-rendszer fogyasztási struktúrájában kisimulhatnak a terhelési csúcsok. A fogyasztási szint általános csökkenése mellett várhatóan ez lehet az okos mérés másik jelentős, az energiahatékonytágot érintő előnye.
 - **Pontosabb mérőleolvasás és számlázás.** Okos mérési technológiákkal - amelyek lehetővé teszik a pontos energia elszámolást, és jobb átláthatóságot biztosítanak a fogyasztóknak - felváltható a mai, sok esetben közelítő becslésen alapuló számlázás. Így nőhet az ügyfél-elégedettség, csökkenhet az ügyfélpanaszok száma és felgyorsulhatnak az ügyfélszolgálati folyamatok. A fogyasztó számára új szerződési lehetőség keletkezne, például a havi számlázást felválthatja a fogyasztó számára megfelelőbb, más időközönkénti számlázás is.
 - **Jobb feltételek a védett fogyasztók számára.** Az okos mérés segítségével a szolgáltatók jobban tudnak kommunikálni a védett fogyasztókkal. A szolgáltatók előzetes figyelmeztetéseket tudnak küldeni a fogyasztóknak, amivel elkerülhető a szolgáltatás kikapcsolása.
 - **Szolgáltatói ajánlatok jobban összemérhetők.** Az egyedi fogyasztási szokások jobb ismeretével a fogyasztók könnyebben képesek választani a szolgáltatók ajánlatai között, előzetes költség-összehasonlításokat tudnak végezni és/vagy végeztetni. Ismerve a fogyasztási szokásokat, a szolgáltatók jobb ajánlatokkal tudják megkeresni a fogyasztókat.
 - **Egyszerűsített kereskedő váltás és növekvő verseny.** Az okos mérők állása bármikor leolvasható, ami felgyorsítja az ügyfél átadását a kereskedők között. Jelenleg a manuális mérő leolvasási folyamat Európában átlagosan 2 hetet vesz igénybe. Továbbá, a kereskedők speciális csomagokkal versenyezhetnek a fogyasztási szokásoknak megfelelően, új értéknövelő termékek jelenhetnek meg a piacon. A verseny a jelenlegi, csupán árverseny helyett a szolgáltatási minőség szintjén is lehetséges.
- A már rövidtávon is biztosítható előnyökön felül az okos mérési rendszerek hosszútávon további lehetőségeket biztosíthatnak az energiarendszerek hatékonyságának javítására:
- **Háztartási méretű kiserőművek.** Távlati cél a háztartási méretű kiserőművek menedzselésének képessége. Fejlett okos mérés segítségével a háztartások által termelt energia vissza is táplálható a rendszerbe, így például az otthoni nap- vagy kis szélerőművek által megtermelt, de fel nem használt kapacitás is értékesíthető.
 - **Intelligens otthonok.** További eszközök csatlakoztathatók az okos mérőre, és így „okos otthonok” hozhatók létre. Több közmű és egyedi készülékek összekapcsolásával a fogyasztók otthona minden paraméterében tudatosan menedzselhetővé válik. Ez az előny természetesen már jóval túlmutat a villamosenergia-piac határain.

Végezetül ne feledkezzünk el a környezeti hasznokról sem. Ha csupán 1%-kal sikerül csökkenteni a fogyasztást az okos mérési rendszerek bevezetésével a villamos-energia és a gázszektorban, akkor is 10 év alatt 7 millió tonnával kevesebb széndioxiddal szennyezzük környezetünket!

Az okos mérési rendszerekkel kapcsolatban üdvözljük, hogy a villamos-energia és a földgáztörvény tervezett módosítása tartalmazza az okos mérés meghatározását. A kerettörvényeken túl azonban egyértelmű ajánlásokat fogalmaztunk meg a kormányzat felé:

- A kormányzat mielőbb dolgozza ki az okos mérési rendszer bevezetésének részletes szabályozását! Javasoljuk, hogy a szabályozás biztosítsa, hogy a mérési rendszerek kialakítása a lehető leginkább támogassa az energia-megtakarítást és a versenysemlegességet. Ennek jó eszköze lehet, ha a mérési rendszereket független szereplők egyszerre több közműre kiterjedően működtetik.
- 2011-től kormányzati kezdeményezéssel induljanak az ország több pontján pilot projektek. Javasoljuk, hogy ezek nagysága minimum 10 000 fogyasztó / pilot legyen, lehetőleg több közműves kialakításban.

A pilot projektek tapasztalatainak figyelembevételével 2014-től kezdődjön meg az okos mérési rendszer országos kiépítése.

Ennek érdekében javasoljuk továbbá

az **elosztó-társaságoknak**, hogy:

- Járjanak élen hazai pilot megoldások kialakításában és azok eredményeit tárják a nyilvánosság elé.
- Az egyes elosztói alállomásokhoz telepített szegmensmérők felszerelésével járuljanak hozzá az okos mérési rendszer alkalmazhatóságának javításához a hálózati hibafelderítés, az illetéktelen használat megakadályozása és a hatékonyabb hálózati beruházás tervezés területén.
- Készüljenek fel arra, hogy a jelenlegi hang- és rádiófrekvenciás vezérlőrendszerrel működő fogyasztói körök („éjszakai áram”) előnyei hogyan vihetők át az okos mérési rendszerekbe.

az **áram- és gázkereskedőknek**, hogy:

- Dolgozzanak ki olyan rugalmas tarifarendszereket, amelyek arra ösztönzik a fogyasztókat, hogy tudatos tervezéssel átalakítsák saját energiafogyasztási szokásaikat.

az **energia-tanácsadóknak**, hogy:

- Információátadással, szemléletformálással, képzésekkel és technikai segítségnyújtással támogassák a lakosság okos mérési rendszerekkel kapcsolatos információs háttérének bővítését.

a **fogyasztóknak**, hogy:

- Háztartási gépvásárláskor, otthonuk tervezésekor vegyék figyelembe az okos mérési rendszerek révén elérhető előnyöket.

3.4 új energetikai kihívások a háztartásokban

Az épületenergetikai korszerűsítések, fejlesztések kiemelt szerepet kapnak az európai és a hazai energiahatékonysági programokban. Érthető módon, hiszen az épületállomány a különböző tanulmányok szerint 40-45 százalékot képvisel a hatékonysági potenciálban. A programok elsődlegesen az épületek hőtechnikai jellemzőinek javítását célozzák, de több helyütt megjelennek az elektromos rendszerek fejlesztésével kapcsolatos ösztönzők is. Az okos mérőrendszerek elterjesztésének kiemelt fontosságát már korábban ecseteltük. Ugyanígy röviden említettük, hogy a magyar háztartások – elsősorban a nagyszámú elektromos vízmelegítő berendezés révén – jelenleg is érdemi részt vállalnak az energiarendszer szabályozási képességének javításában. Egymilliónál is több ún. B tarifás mérő van a hazai háztartásokban, ami lehetővé teszi, hogy a fogyasztásuk mintegy 10-15%-a ma is távolról vezérelhető, így támogatni tudja a rendszerszabályozási célokat.

A villamos-energia területén szintén fontos megemlíteni a világítástechnológia korszerűsítését. A 2009 szeptemberétől alkalmazandó „izzólámpa rendelettől”, amely a hagyományos fényforrások forgalmazásának fokozatos megszüntetését célozza, az EU 2020-ig közösségi szinten éves 39 TWh – közel egy éves, teljes magyarországi fogyasztásnak megfelelő – megtakarítást remél. Azonban míg a világítástechnika korszerűsítése egyértelműen az épületek villamosenergia-fogyasztásának csökkenésével jár együtt, addig egyes új hatások inkább az háztartások villamosenergia-igényének növekedésének irányába hatnak. Magyarország esetében ezt tovább fokozza a háztartások „gépesítetttségének” elmaradása az EU átlagtól, ami a magyar gazdaság és társadalom felzárkózásával párhuzamosan további háztartási villamos energia igényt indukál. Ráadásul az épületek villamos energia fogyasztását egyes megújuló technológiák (így különösen a hőszivattyús rendszerek) működéséhez szükséges technológiai villamos energia biztosítása is befolyásolja.

Az olajkorszak utáni időszak várható közlekedési, járműtechnológia tendenciái – a villamos hajtás elterjedése – felértékeli a háztartások szerepét a villamos energia tárolásában (akkumulátorok töltése), és egyben új kihívásokat támaszt az épületek villamos energetikai hálózati tervezése és működtetése során. Egy közelmúltban megjelent tanulmány alapján 2020-ra már mintegy 100 GWh, 2030-ra akár 500 GWh lehet a hazai forgalomban résztvevő villamos meghajtású gépjárművek éves energiaigénye¹⁹. A járművek töltése mind a hálózatok tervezése, mind az akkumulátorok rendszerszabályozási célú felhasználása szempontjából új lehetőségeket és feladatokat jelent.

Összefoglalva, a háztartások egyre komplexebb energiafogyasztókká válnak. A széles körben terjedő új technológiai megoldások elérhetővé és egyben szükségessé teszik, hogy a lakosság fokozott aktivitással kapcsolódjon be az okos hálózatok kialakításába. Ehhez kulcsfontosságú az energia-tanácsadói szolgáltatások bővítése, az ismeretátadás és a képzések.

referencia

¹⁹ DR. STRÓBL ALAJOS (2010): GONDOLATOK A KÖZÜTI KÖZLEKEDÉS ELEKTRIFIKÁCIÓJÁRÓL. MŰHELYTANULMÁNY, ETV-ERŐTERV –P24

kép A FALUHÁZ NÉVEN ISMERTTÉ VÁLT BUDAPESTI PANEL LAKÓÉPÜLETTÖMB, AMELY TELJES ENERGETIKAI FELÚJÍTÁSON MENT KERESZTÜL, ÉS MA RÉSZBEN MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKAT IS HASZNÁL.



3.5 a megújuló energiák és az okos hálózat

Az okos mérés és a háztartási energiafelhasználás fókuszja elsősorban **energiahatékonyság**, de az okos hálózatoknál legalább ennyire fontos a **megújuló energia** programok támogatása is. Ne feledjük el, hogy Magyarország kötelezettséget vállalt arra, hogy 2020-ra 13%-ra növeli a megújuló energia részarányát az energiamérlegen belül. A jellemzően szilárd biomassza (fa) nagyerművi együtt égetésére alapozott korábbi magyar megújuló programok azonban mára elérték alkalmazhatóságuk felső határát, ráadásul a biomassza alacsony hatásfokú szénesező erőművekben történő elégetése energetikai szempontból sem fenntartható.

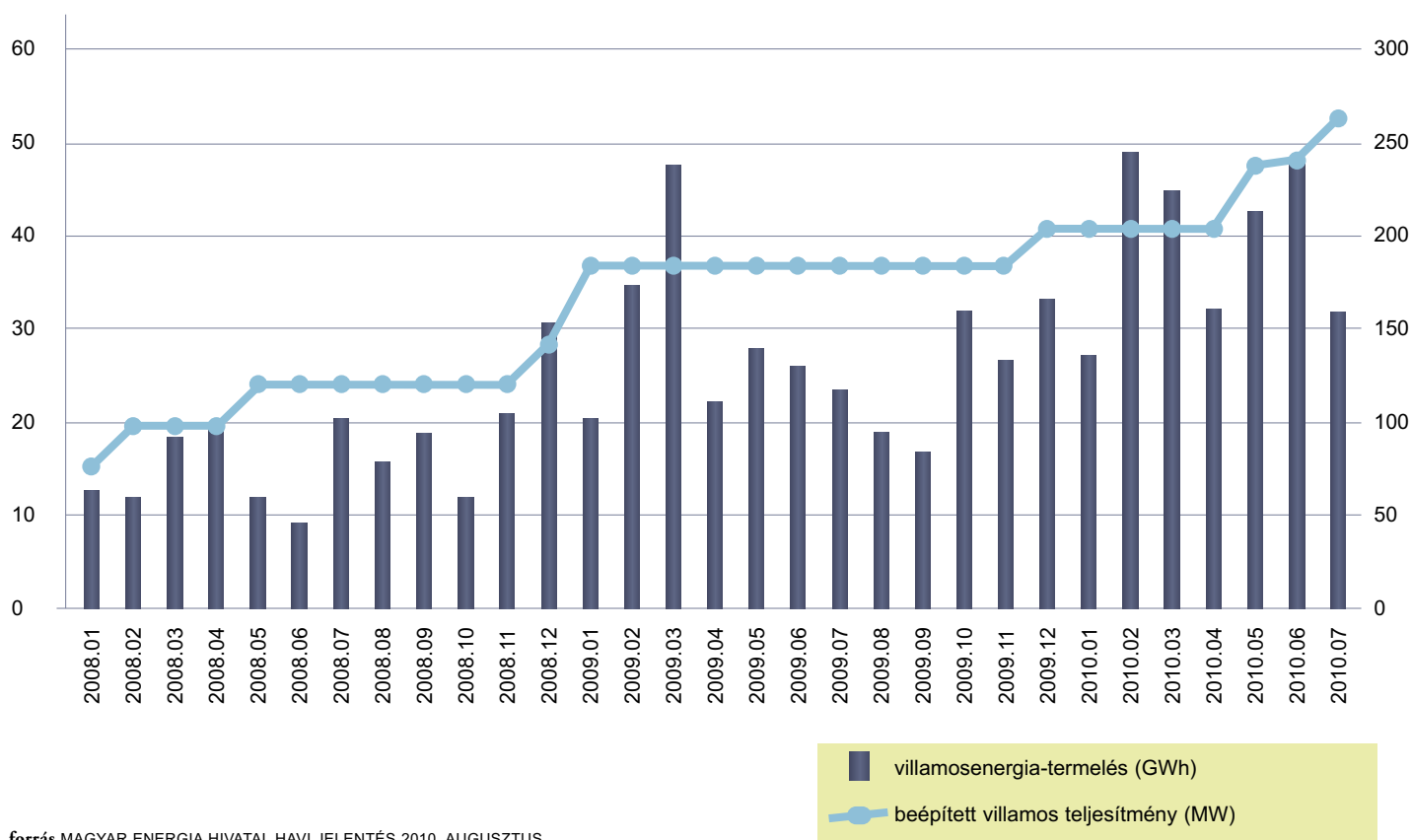
A szél- és a fotovoltaiikus (napenergiára alapozott) energia terjedése más típusú problémákat vet fel. Ezek az úgynevezett időjárásfüggő technológiák ugyanis nem akkor állnak rendelkezésre, amikor azt a pillanatnyi fogyasztás indokolná, hanem amikor az energiatermelésre felhasznált természetes energiaforrások rendelkezésre állnak. Bár a fotovoltaiikus energiatermelés hazánkban ma még nem jellemző, a szélerőművekre vonatkozó historikus adatok jól illusztrálják, hogy az időjárásfüggő technológiáknál jelentős különbségre kell felkészülni a beépített (névleges) kapacitások és a ténylegesen megtermelt villamos energia között.

A villamosenergia-szektor kínálati oldalának átrendeződése (részben a megújuló energiaforrások terjedése, részben a közelmúltban bekövetkezett gazdasági válság hatásai miatt) új kihívások elé állítja a hazai energiarendszer egészét, ezen belül különösen a rendszerirányítót és a villamos-energia elosztó társaságokat. A kihívások a következő területek köré csoportosíthatók:

- meg kell felelni Magyarország uniós vállalásainak a megújuló energia arányának növelése tekintetében;
- meg kell találni a megoldást az egyre növekvő nem szabályozható termelőkapacitás tervezhetőbbé tételére (előrejelzésére) és energetikai kezelésére az elvárt rendszeregyensúly fenntarthatósága érdekében;
- szükséges kezelni azt a helyzetet, hogy a gazdasági dekonjunktúra hatására a gáztüzelésű erőművek termelése olyan mértékben visszaesett az elmúlt időszakban, ami érdemben csökkenti a rendszerirányító szabályozási mozgásterét.

A fenti három ponton túlmenően, azokat nagyrészt magában foglaló jelenséggé tekintettel kell lenni arra, hogy a villamos-energia termelési – kereskedelmi/elosztási – fogyasztási értékláncon belül világszerte paradigmaváltás zajlik. A korábbi időszakra jellemző hierarchia felbomlóban van, a termelés decentralizációja figyelhető meg. A folyamatot új innovációk támogatják mind műszaki-technológiai, mind infokommunikációs területen, amelyek következtében a villamos-energia termelési és fogyasztási oldalának elkülönülése részben megszűnik, vagy legalábbis átalakul.

20. ábra: szélerőművek beépített teljesítménye és tényleges áramtermelése



forrás MAGYAR ENERGIA HIVATAL HAVI JELENTÉS 2010. AUGUSZTUS

3.5.1 időjárásfüggő technológiák termelés-előrejelzése

A nap- és a szélenergia termelése függ az időjárástól, viszont a termelés-terhelés egyensúlyát minden pillanatban biztosítani szükséges. Ezért az időjárásfüggő technológiák termelésének előrejelzése kulcsfontosságú a teljes villamosenergia-rendszer hatékonyságának szempontjából; így a termelés-átviteli oldalon minden szereplőnek közös érdeke. Ezen a területen jelenleg a szélelőrejelző rendszerek kialakítása a legsürgetőbb feladat.

A rendszeregyensúly biztosítása már jelenleg is effektív korlátját jelenti a magyar villamosenergia-rendszerbe kapcsolható szélenergia kapacitásnak, és így fékezi az ágazat zöldülését. 2005-ben 330 MW-ban korlátozták a magyar villamosenergia-rendszerbe kapcsolható szélenergia mennyiségét. Noha egyetértünk azzal a hivatalos állásponttal, hogy nagy mennyiségű megújuló áramtermelő kapacitást csak akkor lehet bekapcsolni a rendszerbe, ha megoldódik az időjárásfüggő technológiából eredő szabályozási probléma (pontosabb előrejelzéssel, energiatárolással vagy más módon), erősen eltűzöttnek tartjuk azokat az állításokat, hogy a mai magyar villamosenergia-rendszer szabályozási problémáit az eddig beépített szélenergia-erőművek okozzák. Az eddig összesen megvalósult alig több mint 200 MW-nyi termőegység ugyanis nem éri el a villamos energia rendszer beépített kapacitásainak 3%-át sem.

Bízunk benne, hogy a közeli jövőben a szélerőművek jóval nagyobb arányban vesz majd részt a hazai energiarendszerben. Ugyan nem gyorsítja a szektor zöldülését, hogy a Magyar Energia Hivatal 2010 tavaszán lejárát előtt visszavonta a 2009 őszén, újabb 410 megawatt szélenergia-kapacitásra kiírt pályázatát, de remélhetőleg ezek a kapacitások hamarosan újra meghirdetésre kerülnek.

Közép távon, ahogyan nő a szél- és későbbiekben a napenergia részvétele a villamosenergia-termelésben, a hatékony előrejelzési rendszerek üzembe állítása elsődleges prioritássá fog válni. Az időjárástól függő termelésű erőművek esetében az időjárás előrejelzése azért fontos, hogy a rendszerirányító képes legyen műszaki és gazdaságossági szempontból optimalizálni (felhasználni vagy tehermentesíteni) a szükséges szabályozási energiát illetve a lekötött tartalékokat. A termelés becslésének a feladata természetesen az erőmű-üzemeltetőé, hiszen neki kell menetrendet adnia a MAVIR felé, azonban az előrejelzés, az előzetes becslés minőségétől függetlenül, a rendszerirányító dolga marad. A MAVIR által jelenleg használt előrejelző rendszer az Országos Meteorológiai Szolgálattól (OMSZ) aznapra és a következő napra kapott órás szélerősség adatokon alapul. A szélenergia-erőműves termelésbecslések bevétele 30 %-os szinten mozog; amelynek kettős oka van:

- egyrészt csupán néhány pontra vonatkozóan érkeznek szélerősség-előrejelzés értékek;
- másrészt az előre jelzett adatok órás felbontásúak, noha a rendszerirányító 15 perces menetrendekkel dolgozik.

Annak ellenére, hogy az OMSZ folyamatosan elemzi az előrejelzések pontosságát és vizsgálja azok pontosításának a lehetőségét, az elmúlt évek tapasztalatai alapján megállapítható, hogy ez idáig a rendelkezésre álló erőforrások nem tették lehetővé az energetikai célú szélerősség megfelelő kialakítását. Az egyedi szélerősség-előrejelzések alapján készített menetrendek összegzése csak erősen korlátozottan eredményez jól felhasználható termelési prognózist, így nem tudja érdemben segíteni a MAVIR forrás-előkészítő tevékenységét. Ezért a szélenergia-erőművek integrálásával összefüggésben kulcskérdés, hogy sikerül-e olyan országos termelésbecslő rendszert kiépíteni, amely összegzett termelési becslést képes készíteni a rendszerirányító és a piaci szereplők számára. Ezzel összefüggésben javasoljuk, hogy:

- a rendszerirányító vezetésével kezdődjön meg egy hatékony, az egyedi termelési adatokat és várható értékeket jobban modellező előrejelző rendszer kialakítása, amely alapjául szolgálhat a jelenleginél jobban tervezhető villamosenergia-rendszer létrejöttének.

3.5.2 az energiatárolás lehetőségei

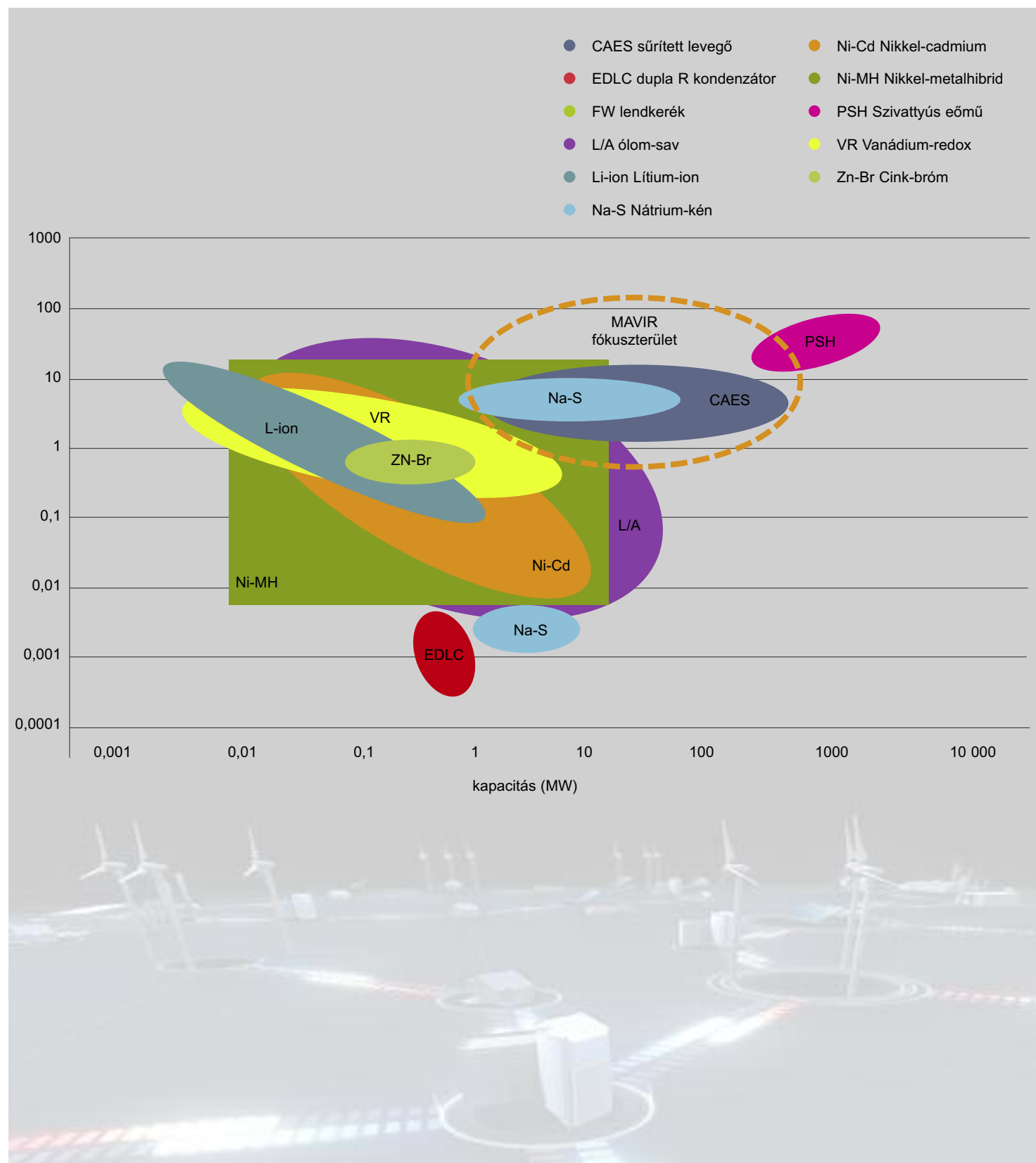
Hiába a fejlődő termelés-előrejelző rendszer, az időjárásfüggő technológiák terjedésének tartósan is korlátot szab a villamosenergia-rendszer szabályozhatóságának szüksége, ezért ezek a technológiák jelenleg csak kisebb részét képezhetik a rendszer beépített erőművi kapacitásainak. A bizonytalan termelésű megújuló erőművek által okozott hatás ellensúlyozásáért a rendszerirányítónak szabályozható kapacitásokat kell lekötnie, amely jelentős anyagi többletterheket jelentenek valamennyi fogyasztó számára.

Erre a problémára megoldást jelenthetnek olyan – az okos hálózati megoldásokat alkalmazó – energiatároló rendszerek, amelyek képesek a megtermelt villamos energiát időszakosan tárolni, és amikor arra szükség van, visszatáplálni.

Az alábbi ábra illusztratív jelleggel bemutatja a jelenleg elérhető energiatárolási technológiákat aszerint, hogy mekkora mennyiségű energiát milyen időtávon képesek raktározni.



21. ábra: egyes energiatárolási technológiák alkalmazhatósága a rendszerszabályozási lehetőségek szempontjából



Rendszerirányítási céllal is használható energiatárolási technológiát a szivattyús-tározós erőművek, a különböző kémiai akkumulátorok (nátrium-kén, vanádium-redox), a sűrített levegős és a hidrogénes megoldások képviselnek jelen tudásunk szerint. Ehelyütt nem kívánunk az egyes technológiák részletes bemutatásába bocsátkozni, csupán rövid ismertetést nyújtunk azokról, amelyeknek alkalmazása akár Magyarországon is elképzelhető:

- Bár sokak szerint a szivattyús-tározós erőmű létesítése lehet a megoldás az ingadozó megújuló villamos-energia átmeneti tárolásának, meggyőződésünk, hogy ez az állítás több tekintetben sem helytálló. A szivattyús-tározós erőművek ugyanis gazdaságos méretüket tekintve sokkal inkább az éjszakai órákban már ma is fölös kapacitásban rendelkezésre álló villamos energia tárolását és nappali hasznosítását szolgálhatná, aminek nincs köze az időjárásfüggő technológiák elterjedéséhez! Egy ilyen tározós erőmű elsődlegesen a hagyományos erőművek – így elsődlegesen a Paksi Atomerőmű és Mátrai Erőmű érdekeit szolgálhatja, nem a szél- és későbbiekben a napenergia elterjedésének támogatását. További probléma, hogy hazánk domborzati lehetőségeinek figyelembevételével indokolatlan tájképi beavatkozást okozhat kisszámú hegyeink egyikének átalakítása mesterséges épített környezetté. Ezt a technológiát mindezek miatt nem tartjuk támogathatónak a megújuló források elterjesztését szolgáló és az okos hálózati megoldásokat alkalmazó új energiahálózati modellben.
- A sűrített levegős energiatároló-rendszer működésének alapja, hogy a fölösleges energiával kompresszorokat működtet, amelyek levegőt sűrítnek be földalatti, arra megfelelő közterületekbe. A sűrített levegő azután kiegészítő meghajtást képes biztosítani magas hatásfokú gáztüzelésű erőművek számára. Tehát ez a rendszer földgázzal működő áramfejlesztőkkel együtt alkalmazható, amennyiben rendelkezésre állnak a megfelelő földrajzi (geológiai) adottságok. A technológia kiválóan alkalmas a hálózatoptimalizálásra, főként a csúcs/völgy energia oda-vissza konverziója terén. Németországban és az USA-ban összesen több mint 3 000 MW ilyen kapacitás épült már.
- Léteznek akkumulátoros elven működő tárolási technológiák is. Moduláris telepítési lehetőségeik, magas hatásfokuk, jó skálázhatóságuk és rövid válaszütemük alkalmassá teszi őket rendszerirányítási és szabályozási célokra. A NAS technológia esetében ráadásul a működő referenciák is a megújuló energiák elterjedésének támogatási céljával épültek: Japánban például egy 34 MW teljesítményű NAS telepet helyeztek üzembe egy szélpark termelési ingadozásának kisimítására.
- A hidrogénes technológiáknak is széles tárháza létezik. A hidrogén, mint szekunder energiahordozó bármely elsődleges energiahordozó átalakításával előállítható, míg alkalmazási köre is széles spektrumú, azonban az alkalmazások szinte kivétel nélkül a mesterségesen előállított hidrogén kiváló energiatároló funkciójára építenek. Az okos hálózatok szempontjából elsődlegesen az időszakos többlet villamos energia hidrogénné alakítása érdemel figyelmet vízbontás (elektrolízis) segítségével. Az így előállított hidrogént, mint másodlagos energiahordozót ezután tüzelőanyag-cellákban, gázturbinákban és gázmotorokban lehet ismételt energiatermelésre felhasználni. A hidrogén távlatilag elsődlegesen a közlekedési célú alkalmazásokban játszhat komoly szerepet.

A jogszabályi keretrendszer elemzésekor megállapítható, hogy érdemi akadálya nincsen az energiatározós rendszerek piaci alapon történő kialakításának.

Véleményünk szerint az, hogy eddig ilyen megoldások nem kerültek alkalmazásra hazánkban, nagyrészt piaci/szabályozási, kisebb részt technológiai okokra vezethető vissza. Piaci alapon eddig nem volt sem érdemes, sem szükséges az időjárásfüggő megújuló technológiák által termelt áramot tárolni, hiszen azt gyakorlatilag korlátlan mennyiségben és a piacinál jóval magasabb áron átveszi a rendszerirányító a megújuló és a hővel kapcsoltan termelt villamos-energia kötelező átvételre épülő aktuális szabályozási rendszerben. Ugyanakkor a tárolás költséghatékony technológiai megoldásai is sokat fejlődtek az utóbbi években, nem kis részben az időjárásfüggő technológiák térnyerésének köszönhetően. Ezek alapján az alábbi javaslatokat fogalmazzuk meg:

- Meggyőződésünk, hogy a tározós rendszerek alkalmazásában a MAVIR-nak, mint a rendszeregyensúly szempontjából legkompetensebb szereplőnek élen kell járnia. Nem gondoljuk, hogy a MAVIR-nak a jövőben tárolós rendszereket kellene üzemeltetnie, azonban már rövidtávon is a részt kellene vállalnia az ezzel kapcsolatos gyakorlati kutatásokban.
- Nem kívánjuk letenni a voksunkat egyik technológia mellett sem, már csak azért sem, mert az egyes tárolási technológiák különböző rendszerszabályozási esetekben lehetnek hasznosak: a sűrített levegős technológia az energia hosszú távú tárolásában hasznos, így ideális lehet az éjjel megtermelt zöldáram nappali felhasználására. A hidrogénes és az akkumulátor-jellegű megoldások pedig a szekunder/perces tartalékok piacán lehetnek versenyképesek.
- Amennyiben célunk, hogy hosszútávon megújuló energia alapon történjen a magyar energiafogyasztás kielégítése, úgy elengedhetlenné válik az időjárásfüggő technológiák kivételes helyzetének fokozatos megszüntetése vagy legalábbis átalakítása. Hosszú távon olyan struktúra lehet csak fenntartható, amelyben a bizonytalanabb termelésű megújuló erőművek a működési sajátosságaikból származó költségek viselésében maguk is részt vállalnak. Erre leginkább gazdasági ösztönzőkön keresztül lehet hatni: például a pontos menetrendtartásra ösztönzéssel. A fenti tárolási technológiák várhatóan ideális eszközt jelenthetnek majd arra, hogy segítségükkel a megújuló termelők „házon belül” megszüntessék a más áramtermelési módokkal szemben fennálló kiszámíthatósági versenyhátrányukat.

3.5.3 virtuális erőművek

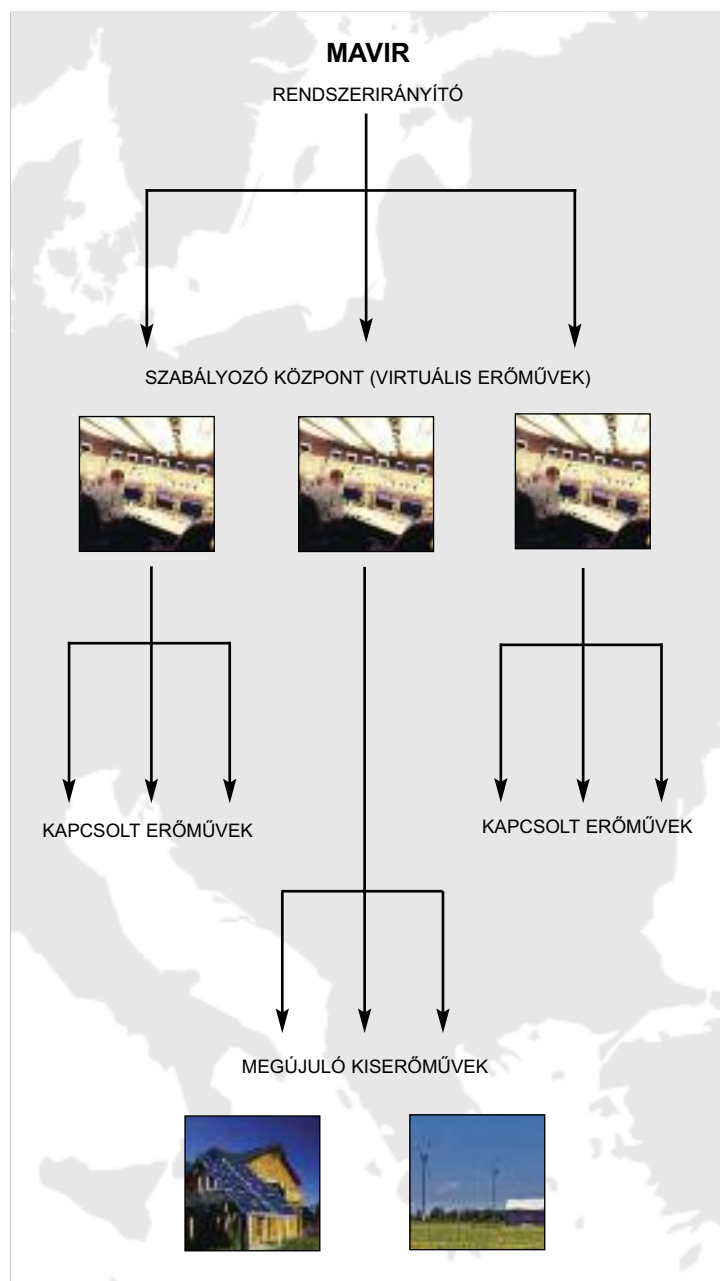
A jelenlegi szabályozási rendszer alapján a villamos energiát és hőt kapcsoltan előállító erőművek támogatást élveznek a kötelező átvételi tarifa (KÁT) keretében. A piaci áraknál jóval magasabb garantált átvételi áron értékesíthetik a megtermelt villamos energiát, amelyet a rendszerirányító kötelezően átvesz tőlük, majd az áramkereskedőknek továbbad. A KÁT-rendszer a megújuló energiák (ideértve a hulladék-alapú energiatermelést) és a kapcsolt termelés támogatását tűzi ki célul, viszont a kifizetett – és a lakosság pénztárcáját közvetlenül is terhelő – pénzek kétharmada a kapcsolt termelésnek jut. Ma ezek nagy részét földgáz-alapú kis- és közepes méretű erőművek jelentik, amelyek így jelentős konjunktúrát élveztek az elmúlt években. 2011-től várhatóan a kapcsoltan termelő erőművek egyre nagyobb része kikerül a KÁT támogatási rendszeréből, és úgy alakul át a támogatási struktúra, hogy a valóban megújuló villamosenergia-termelési módok kapjanak támogatást. Azonban



a meglévő kapcsolt erőművek komoly problémával szembesülhetnek a KÁT megvonásától kezdve, mivel a termelt áramot a szabadpiacon lesznek kénytelenek értékesíteni, ahol jóval alacsonyabb értékesítési árakat kell elszenvedniük. A jelenlegi üzleti feltételek mellett féltő, hogy ezen termelők jelentős része leáll, ami energetikai és fenntarthatósági szempontból egyaránt negatív lenne. Az okos hálózati eszközök azonban ezen erőművek számára is új lehetőségeket kínálnak. A kapcsolt erőművek éppen kisebb méretük miatt jól beilleszthetők egy kialakuló diverzifikált villamos energia rendszerbe.

Amennyiben ezek a jellemzően néhány megawatt teljesítményű erőművek

22. ábra: a virtuális erőművek modellje



szabályozási és elszámolási szempontból képesek és hajlandók együttesen fellépni (nevezzük az ilyen szövetséget virtuális erőműnek) akkor bekapcsolódhatnak mind a kiegyenlítő energia piacára, mind a szervezett villamos energia piacra.

A virtuális erőművek kifejezetten olyan céllal jöhetnek létre, hogy a kiserőműveket okos hálózati eszközök segítségével integrálják. A villamosenergia-rendszerben ezek a virtuális erőművek nem egyenként, hanem kötegelve, szabályozó központ formájában, egyetlen entitásként jelennének meg. Kezelésük és a velük folytatandó kommunikáció alapvetően nem különbözne azoktól a módszerektől, amelyekkel a rendszerirányító a többi szabályozóenergia-piacon résztvevő erőművet kezeli. A szabályozási központok olyan szabályozhatósági képességekkel rendelkeznek, amelyekkel egyenként az egyes erőművek nem – így hosszútávon az időjárásfüggő megújuló technológiák számára is reális alternatívát jelent majd.

Az összehangolt csoporttagok a közös piaci és rendszerszabályozási képességeiket felhasználva képesek belépni:

- A rendszerszintű szabályozó energia piacára. A primer, szekunder, perces és órás tartalékok piacán 2009-ben 21 milliárd, 2010-ben pedig 37 milliárd forintot fizetett ki a rendszerirányító – így közvetve valamennyi villamosenergia-fogyasztó – a szabályozó energiát biztosító fosszilis erőműveknek csupán a rendelkezésre állás ellenértékéért. Ez az összeg annak a díja volt, hogy az erőművek lehetővé tették a rendszerirányítónak teljesítményük befolyásolását azzal a céllal, hogy azon keresztül biztosítva legyen a termelés-terhelés egyensúlya. A technikai akadályok lebontásával erre a piacra várhatóan bekapcsolódhatnak a modern kiserőművek is.
- Szervezett villamos energia piacra. Nyilvánvaló, hogy egy olyan kiserőmű számára, amely nem része egy nagyobb vállalatcsoportnak, a szervezett villamos energia piacon való megjelenés tranzakciós költségei kizárólagos hatásúak. Ezt kezelhető szintre tudná csökkenteni az ilyen termelők szabályozó központokba/virtuális erőművekbe való tömörülése. A kiserőműveknek a szervezett árampiacon történő megjelenése nemcsak a szereplők számát növelheti meg, hanem érdemi likviditást is jelenthet mivel a teljes hazai beépített erőművi kapacitás közel 15%-át ezek az erőművek teszik ki.

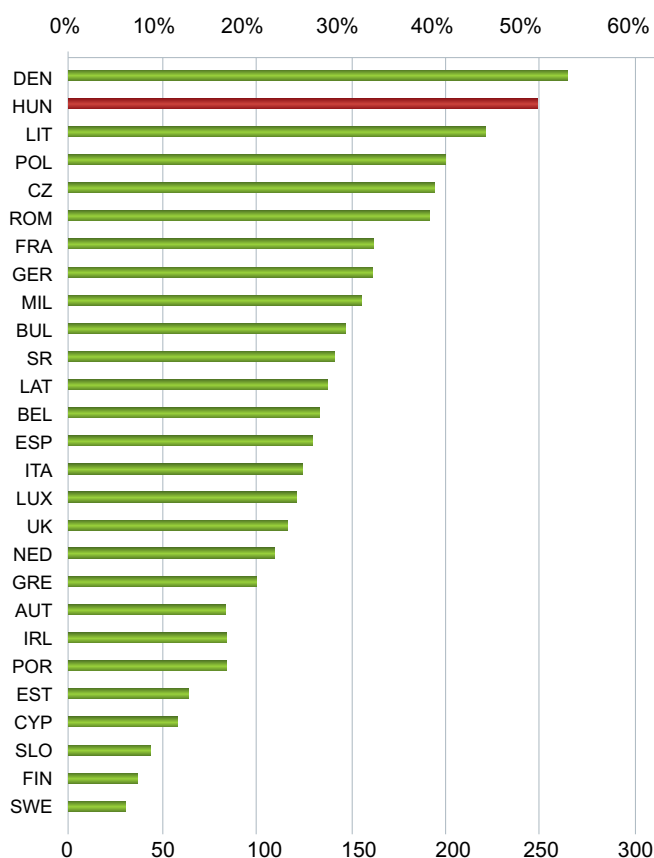
A virtuális erőművek kialakulásához szükséges feltételek alapvetően már ma is adottak, néhány, viszonylag kisebb összegű informatikai fejlesztésre van csupán szükség a technológiai megvalósításhoz. A piaci körülmények változásával – egyes kogenerációs erőművek KÁT-ból való kiesésével – várhatóan már ezévből a gyakorlatban is elemezni lehet, hogy ez mekkora változásokat okoz a kiserőművek számára. A jelenlegi villamosenergia-szabályzatok alapvetően támogatóan állnak hozzá az ilyen virtuális erőmű-csoportok kialakításához: a virtuális erőmű definíciója már most is szerepel a MAVIR Üzemi szabályzatában. A kiserőművek piaci integrációjában a rendszerirányító elsődleges feladata a szükséges feltételek biztosítása, amely a gyakorlatban a MAVIR és a szabályozási központok közötti műszaki-kommunikációs rendszer olyan irányú továbbfejlesztését jelenti, hogy arra a jelenlegi szabályozásban résztvevő erőműveken kívül a kiserőművek, illetve az őket összefogó szabályozó központok is kapcsolódhassanak.

3.6 határokon átnyúló energiaáramlások

Az előző fejezetekben olyan okos hálózati fejlesztéseket mutattunk be, amelyeket Magyarország önállóan is végre tud hajtani villamosenergia-rendszerén. A superhálózat-koncepció azonban olyan országhatárokon túlnyúló fejlesztéseket foglal magában, amelyek megvalósítása csak széleskörű európai/nemzetközi összefogással képzelhető el, megvalósításának időhorizontja pedig több évtized, szemben a bemutatott többi, rövidtávon is megvalósítható fejlesztéssel.

A supergrid-koncepció szerint egész Európa energiaellátása megoldható egyetlen integrált rendszer keretében: Európa különböző pontjain kiterjedt megújuló energia telepek létrehozásával és ezek robusztus hálózati összeköttetésével. A koncepció szerint Európa egyes régióiban az ottani természeti adottságoknak megfelelően lehetne erőműparkokat kialakítani. Északnyugat-Európa sekély part menti vizei ideális terepet jelenthetnek szélfarmok számára, Észak-Afrika napsütötte részein pedig napenergiát hasznosító erőműveket lehetne építeni. A megújuló energiarendszer harmadik nagy elemét jelenthetik a kontinens belsejében kiaknázandó biomassza kapacitások, amelyek tekintetében Magyarország is igen kedvező adottságokkal rendelkezik.

20. ábra: biomassza előállítására alkalmas terület az EU országok teljes területéhez viszonyítva (%)



forrás FAOSTAT

referencia

^{20a} SZÉLESKÖRŰ IPARÁGI ÖSSZEFOGÁS AZ ÉSZAK-EURÓPAI SUPERGRID

MEGVALÓSÍTÁSÁRA: [HTTP://WWW.FRIENDSOFTHEUPERGRID.EU/](http://www.FRIENDSOFTHEUPERGRID.EU/),

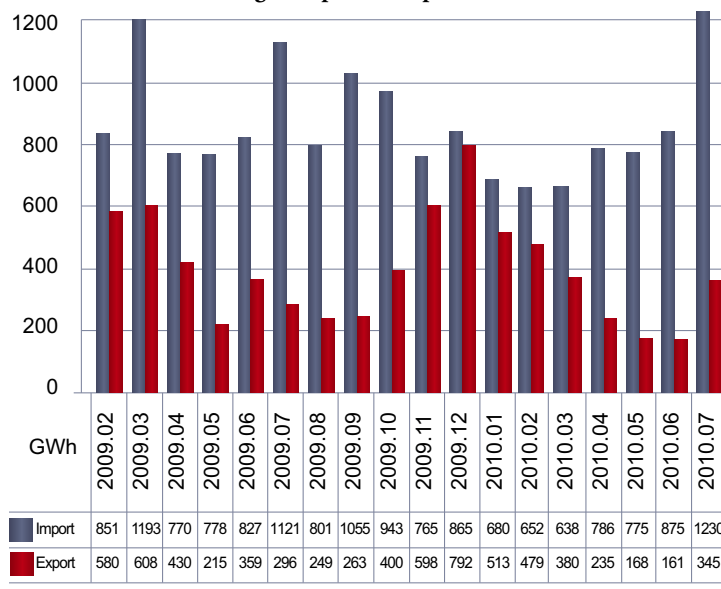
^{20b} AZ ENTSO-E HÁLÓZATFEJLESZTÉSI KONCEPCIÓJÁBAN A LEGHOSSZABB TÁVÚ FEJLESZTÉSI IRÁNY A SUPERGRID: [HTTPS://WWW.ENTSOE.EU/INDEX.PHP?ID=109](https://www.ENTSOE.EU/INDEX.PHP?ID=109)

A magyarországi biomassza potenciál energiatermelési célú kihasználásával hazánk nem csupán tranzit országgént, de a megújuló európai energiarendszer aktív szereplőjeként is nagy eséllyel kapcsolódhat be a nemzetközi együttműködésbe. Ráadásul a biomassza alapú energiatermelés tényleges rendelkezésre állása jóval inkább tervezhető, mint a szél- vagy napenergia rendelkezésre állása.

Az energia nagy távolságra történő gazdaságos szállításához szükséges nagyfeszültségű vezetékrendszerekhez hasonlóak még csak elvétve léteznek a gyakorlatban. Az ezzel foglalkozó szervezetek egy ilyen supergrid megvalósulására 2050-es céldátumot képzelnek el; ami jól jelzi a megvalósításhoz szükséges erőfeszítések mértékét.²⁰

A magyar energiahálózatok már ma is nagymértékben import energia szállítására épültek ki. Oka ennek egyfelől, hogy hazánk eleve importra szorul, mind villamos-energia, mind földgáz tekintetében, de legalább ennyire fontos tranzit szerepünk, ami földrajzi helyzetünkéből adódik.

24. ábra: a villamosenergia-import és export alakulása



forrás MAGYAR ENERGIA HIVATAL HAVI JELENTÉS (2010. AUGUSZTUS)

Bár a hazai átviteli hálózatok rendelkezésre álló kapacitása regionális összehasonlításban kifejezetten jónak mondható, az európai supergrid kialakításával azokat tovább kell bővíteni. A határokon átnyúló energiahálózatok egyszerre szolgálhatják a kontinens különböző részein megtermelt zöldenergia áramlását, de ugyanígy hozzájárulnak az egységes regionális, majd későbbiekben európai versenypiac létrejöttéhez is.

Összefoglalásul azzal szeretnénk zárni ezt a rövid elemzést, hogy ismét hangsúlyozzuk a bevezetőben már említett gondolatokat. Az okos hálózatok kialakítása kis lépések egymásutánjából jöhet létre. A végcél egyértelmű, egy döntően megújuló energiahordozókra épülő, fenntartható energiarendszer létrejötte. Legyünk akár fogyasztók, az energiaszektor szereplői vagy az energiatudatosságért elkötelezett non-profit szervezetek, mindannyian tehetünk ennek elősegítése érdekében, és szükséges is, hogy mielőbb cselekedjünk! Tegyük közösen az okos hálózati megoldások támogatásával az energiarendszerek fogyasztóbarát és a jövő nemzedékek érdekeit előtérbe helyező átalakítása érdekében!

szuperhálózat: az energia[forradalom] szimulációja Európa számára

EURÓPA

HÁLÓZATI MODELL MEGKÖZELÍTÉS

SZÉLSŐSÉGES ESEMÉNYEK
TOVÁBBI SZIMULÁCIÓK
CSÖKKENTETT NAPENERGIÁVAL

SZUPERHÁLÓZATI AJÁNLÁS
BECSÜLT KÖLTSÉGEK
FELHASZNÁLT IRODALOM

4

„tudjuk, hogy elegendő
erőforrás áll rendelkezésre
ahhoz, hogy az egész
kontinenst el tudjuk
láttni megújulókkal”

GREENPEACE INTERNATIONAL
KLÍMA KAMPÁNY

kép: A SCHRÄDEN BIOGÁZ ÜZEM GROEDENBEN, DREZDA MELLETT, NÉMETORSZÁGBAN.
© LANGROCK/ZENIT/GP



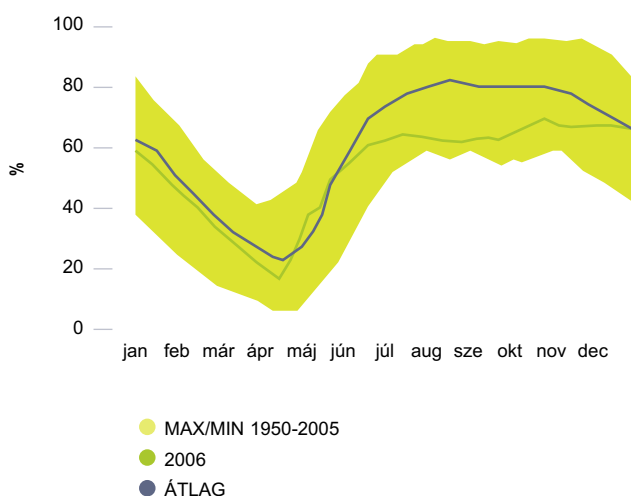
A következő esettanulmány a szélsőséges időjárási körülményeket vizsgálja azzal a céllal, hogy kidolgozható legyen egy megfelelő hálózati megoldás az Energia[forradalom] európai megvalósításához. Tudjuk, hogy technikailag elegendő erőforrásunk van ahhoz, hogy az egész kontinenst megújuló energiával lássuk el. Elegendő napenergia van a déli országokban, elegendő szélenergia van északon, van geotermikus energiánk, biomasszánk, és kapcsoltan hőt és áramot termelő erőműveink, amelyek a szükséges energia nagy részét biztosítani képesek. Az okos hálózatok össze tudják kapcsolni a szétszórta energiaforrásokat a fogyasztókkal az infokommunikációs technológia, valamint a virtuális erőművek alkalmazásával, és a távvezérlő technológiák segítségével, a rendszer képes követni a terhelést. A technikai tervezéskor biztosítani kell, hogy az igényelt energiamennyiség akkor is rendelkezésre álljon, amikor a természeti erőforrások nem tudnak elegendő mennyiségű energiát termelni. Az okos hálózati rendszerek összekapcsolása által szuperhálózatok jönnek létre, amelyek nagyobb átviteli kapacitást biztosítanak a nagyarányú megújuló energia esetében, amilyen például a tengeri szél- és a koncentrált napenergia.

4.1 bevezetés

Az energiarendszert különböző okok miatt szélsőséges helyzetek érinthetik az aktuális energiatermelő forrásoktól vagy az energiarendszer felépítésétől függetlenül.

A svéd elektromos rendszer például víz-, és nukleáris energián alapul. A vízenergián alapuló áramtermelés mennyisége főleg a víztározókba befolyó víz mennyiségétől függ. Egy száraz évben a víz mennyisége akár 40%-kal is kevesebb lehet, mint egy nedves évben, ezért jelentős különbségek alakulnak ki a vízi energiatermelésben egyik évről a másikra (lásd 25. ábra).

25. ábra: tárolási szintek a szabályozó tározókban



forrás [HTTP://WWW.SVENSKENERGI.SE/UPLOAD/OM%20EL/EL%C3%A5RET/FILER/ELARET%202006_ENGLISH.PDF](http://www.svenskenergi.se/upload/OM%20EL/EL%C3%A5RET/FILER/ELARET%202006_ENGLISH.PDF), PAGE 18.

2006-ban meglehetősen alacsonyan volt a vízszint a tározókban (lásd 25. ábra). Ráadásul 2006 augusztusában 10 svéd atomreaktorból 3 biztonsági okok miatt le lett állítva a Forsmark Nukleáris Erőműben bekövetkező incidens után. A Forsmark erőmű egy másik reaktorát, valamint egy 5. reaktor is leállítottak a Ringhals erőműben a szokásos karbantartás miatt. Ennél fogva a 10 svéd atomreaktor fele hirtelen kiesett az üzemből (kb. a 8961 MW nukleáris áramtermelésből 5100 MW), ezért a svéd energiatermelő kapacitás nagyságrendekkel lecsökkent (a svéd szükségletek 45-50%-át nukleáris forrásból fedezik). Mivel a víztározók szintje is nagyon alacsony volt, a svéd energiabiztonság nagymértékben függött a külföldi importtól, és ez a helyzet közel két hónapig fennállt, mire sikerült a biztonsági kérdéseket rendezni az atomerőművekben.

A gyorsan változó igények ugyanígy kihívást jelenthetnek az energiahálózatoknak. Például a 2006-os FIFA világbajnokságon a brazil csapat első játéka során hirtelen lecsökkent az energiaigény, mivel gyakorlatilag az összes termelőegység leállt. A meccs után azonban a nemzeti szintű igény gyorsan növekedni kezdett, 43,5 GW-ról 15 percen belül felment 55 GW-ra (11,5 GW különbség 15 percen belül). Bár ezek nagyon ritkán előforduló helyzetek, az elektromos hálózatnak képesnek kell lennie kezelni az ilyen eseteket is. Ez a fejezet vázolja, hogy milyen rendszer képes megfelelni ilyen követelményeknek, és hogy a különböző forrásokból beszerzett információk alapján milyen feltételezett adatokkal lehet számolni. Az eredmények felvázolják a szükséges lépéseket a meglévő összekapcsolódások megerősítéséhez.

4.1.1 az eredmények összefoglalása

Az extrém időjárási helyzetek gyakoriságának felméréséhez a tanulmány megvizsgálta Európa összes térségének az időjárását 30 évre visszamenőleg. A szimulációk azt mutatták, hogy a szélsőséges eseményekre téli időben lehet számítani, amikor magas az elektromos igény és alacsony a napsugárzás.

Az elmúlt 30 évben a szélenergia mennyisége a téli energiatermelés során – az Energia[forradalom] forgatókönyve szerint –, az eltelt idő mindössze 0,4%-ban csökkent volna 50GW alá Európában, ami évi egyszeri alkalmat jelentene, ha az esemény átlagos időtartama 12 óra.

A tanulmány kulcsfontosságú „extrém eseményeket” választott ki: egyrészt a szél- és napenergia általi áramtermelés egyensúlyi potenciálját, másrészt pedig a kimagaslóan nagy igényeket, és az Energia[forradalom] által használt energiatermelés módszereit figyelembe véve az alábbi eredményeket kapta:

- Egy szélsőséges nyári esetben, amikor nagy energiaigény áll fenn, és alig fúj a szél (ilyen volt a helyzet 2003 augusztusában), a helyileg szétszórta napelemek által termelt energia kompenzálni tudja a szélenergia általi áramtermelés kiesését, ezért egy megújuló energián alapuló rendszer esetében nem kell semmilyen változtatást tenni a meglévő hálózattal.
- Egy olyan szélsőséges téli esetben, amikor nagy energiaigény van, és kevés a napsugárzás Európa nagy részén, és ugyanígy alacsony a szélenergia termelés is Európa középső és északi részein (mint ahogy 1997 januárjában volt), Közép-Európában és Nagy-Britanniában nagyobb a kereslet, mint amit ki lehet elégíteni, míg Észak- és Dél-



Európában nagyobb a kínálat, mint a kereslet. Ilyen esetben az energiát Észak-Európából (főleg vízi energia) és Dél-Európából (főleg napenergia) Közép-Európába kell szállítani. Ahhoz, hogy ezt megújuló energiából lehessen megoldani, meg kell erősíteni a Spanyolország és Franciaország, Olaszország és Franciaország, Románia és Lengyelország, Svédország és Lengyelország, valamint az Írország és Nagy-Britannia között lévő hálózatokat (lásd 45. ábra), és ki kell építeni egy szuperhálózatot (lásd 48. ábra).

- Egy szélsőséges őszi esetben (mint 1998 novembere volt) nagyon kevés napsugárzás és nagyon gyenge szél esetében is képes lenne megbirkózni a rendszer a helyzettel, ha a HVAC rendszer meg lenne erősítve és létrejönne a szuperhálózat.

4.1.2 javaslatok a hálózat fejlesztésére

A jelen tanulmány az alábbi javaslatokat teszi annak érdekében, hogy megbízhatóan és biztonságosan lehessen Európát energiával ellátni szélsőséges időjárás és magas igények esetében is:

- 34 HVAC összeköttetés megerősítése az európai szomszédos országok között: 5.347 km hálózat felújítása kb. 3 milliárd € költségen.
- 17 új, vagy megerősített HVDC összeköttetés megvalósítása Európán belül: 5.125 km vonal felújítása kb. 16 milliárd € költségen (lásd 45. ábra).
- Legfeljebb 15 új HVDC „szuperhálózati” kapcsolat,
 - Európán belül: 11 kapcsolat összesen legfeljebb 6.000 km vonallal, kb. 100 milliárd € költségen.
 - Európa és Afrika között: Az összeköttetések kapacitása nagymértékben függ attól, hogy mennyi CSP energia kerül importálásra, és mennyi tárolókapacitás áll rendelkezésre Európán belül. További optimalizálás és tárolókapacitások építése nélkül 4 HVDC kapcsolatra van szükség 5.500 – 6.000 km hosszúságban kb. 90 milliárd € költségen.

A javaslat összesen kb. 209 milliárd Euróba kerülne, vagy 5225 milliárd Euróba évente 2050-ig. A Greenpeace Energia[forradalomban] feltételezett elektromos fogyasztást figyelembe véve, ez a beruházás 0,15 eurocenttel növelné meg a villamos energia árát 40 éven keresztül. Ám a szükséges hálózat valós kialakítási költségeinek megállapításához további kutatások szükségesek, különös tekintettel az Európában rendelkezésre álló tárolókapacitásokra. Az energiatermelés további optimalizálási lehetőségeinek feltárása jelentősen csökkentheti a hálózat fejlesztési költségeit, és csökkentheti az Európa és Afrika között szükséges kapcsolat kapacitását.

4.1.3 feltételezések

A tanulmány a Greenpeace Energia[forradalmában] bemutatott energiatípusokon alapul, és nem vizsgálja a gazdaságossági optimalizálás kérdését a helyi és a nagyüzemi energiatermelés között. Feltételeztük, hogy nagyfeszültségű egyenáramú (HVDC) technológia kerül felhasználásra a nagy távolságú energiaszállítás esetében, és HVAC technológia a közepes távolságoknál (lásd 2. rész).

A szimuláció a szükséges átviteli hálózat lehetséges kialakításának és költségének első tervezete, további tanulmányokra van szükség annak eldöntéséhez, hogy gazdasági szempontból melyik megoldás optimális. Nem végeztünk átfogó gazdasági optimalizálást a meglévő HVAC rendszer felújítása és az új HVDC rendszer kiépítése között.

A Greenpeace és az Energynautics további kutatások véghezvitelét javasolja a koncepció gazdasági és műszaki optimalizálásához, fejlett tárolási technológiák, vagy a tervezett energiatípusok minimális megváltoztatása mellett.

A szimulációs tanulmány a szárazföldi elektromos hálózat újratervelésére összpontosít. A tengeri szuperhálózat, amely HVDC technológiával kapcsolja össze az északi-tengeri szélfarmokat, a Greenpeace 'A-North-Sea-electricity-grid-(r)evolution' tanulmány eredményein alapul.²¹

4.2 hálózati modell

A terhelésáramlási számítások során alkalmazott modell a DIgSILENT PowerFactory-ben készült. Ez a modell az európai energiahálózat egyszerűsített változata, és Közép-, Kelet-, és Dél-Európát (UCTE), Skandináviát (Nordel), Nagy-Britanniát (UKTSOA) és Írországot (ATSOI) mutatja be. A következő ábra az európai hálózati modell térképét ábrázolja, a mai helyzetet figyelembe véve.

referencia

²¹ FORRÁS: [HTTP://WWW.GREENPEACE.ORG/RAW/CONTENT/EU-UNIT/PRESS-CENTRE/REPORTS/A-NORTH-SEA-ELECTRICITY-GRID-%28R%29EVOLUTION.PDF](http://www.greenpeace.org/raw/content/eu-unit/press-centre/reports/a-north-sea-electricity-grid-%28r%29evolution.pdf), A SUMMARY OF DIFFERENT PROPOSALS FOR THE OFFSHORE SUPER GRID IS GIVEN IN THE EWEA REPORT: "OCEANS OF OPPORTUNITIES" AVAILABLE AT: [HTTP://WWW.EWEA.ORG/FILEADMIN/EWEA_DOCUMENTS/DOCUMENTS/PUBLICATIONS/REPORTS/OFFSHORE_REPORT_2009.PDF](http://www.ewea.org/fileadmin/EWEA_DOCUMENTS/DOCUMENTS/PUBLICATIONS/REPORTS/OFFSHORE_REPORT_2009.PDF)

26. ábra: az európai nagyfeszültségű hálózat térképe az elektromos áramhálózat leegyszerűsítésével



forrás UCTE, NORDEL & ENERGYNAUTICS



4.2.1 az áramtermelés modellezése

Az áramtermelési forgatókönyv a Greenpeace Energia[forradalom] tanulmányában²² felsorolt energiaforrások felhasználását mutatja be, ez a beszámoló azonban nem részletezi, hogy a különböző energiaforrások Európa melyik területéhez vagy országához vannak hozzárendelve. Az Energia[forradalom] jelentések egyénileg néhány ország számára elérhetőek voltak. Ezt figyelembe vettük a megújuló energiaforrások Európán belüli kiosztásakor.

Az Európában előforduló különböző megújuló energiaforrások megtalálhatóak a német Aerospace Centre (DLR) által készített MED-CSP tanulmányban.²³ Ez a tanulmány azonban sokkal több hangsúlyt fektet a koncentrált napenergiára

(CSP), ellentétben az Energia[forradalom] tanulmánnyal, ami a napeleres energiatermelést helyezi előtérbe. Ezért a MED-CSP helyzetképet módosítottuk, hogy egyezzen az Energia[forradalom] tanulmánnyal. További változtatásokat vittünk véghez, és beültettük a TradeWind tanulmány²⁴ eredményeit is, valamint egy ésszerűségi ellenőrzést is elvégeztünk (például Skandináviában csökkentettük a napenergia mennyiségét, a Mediterrán-térségben pedig növeltük).

A következő táblázat áttekintést ad az adott országokban rendelkezésre álló erőforrásokról, abban a formában, ahogyan ehhez a tanulmányhoz felhasználtuk az adatokat.

A következő részekben részletesen jellemzünk minden egyes erőforrást.

3. táblázat: beépített kapacitás és maximális igények (mindkét érték GW-ban) az Energia[forradalom] 2050-re vonatkozó forgatókönyve alapján

ORSZÁG	SZÉL	NAP	GEOTERMIKUS	BIOMASSZA	CSP ÜZEM	HULLÁM	VÍZ	GÁZ	SZÉN	ÖSSZ.	MAX. IGÉNY
Európa	378,1	383,3	38,5	115,7	31,0	27,3	190,8	113,8	3,6	1282,2	545,1
Szlovénia	0,9	4,0	0,1	0,7	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	7,2	2,2
Irország	6,2	10,0	0,0	1,4	0,0	0,8	0,5	1,8	0,0	20,8	4,8
Görögország	12,5	16,1	1,7	0,8	2,3	0,8	2,8	1,0	0,0	38,0	9,8
Finnország	6,5	3,0	0,0	4,0	0,0	0,4	3,4	3,3	0,0	20,6	13,8
Hollandia	8,5	6,5	0,4	2,9	0,0	0,2	0,0	6,6	0,1	25,2	17,8
Egyesült Királyság	53,6	36,3	0,1	7,1	0,0	12,5	3,9	22,0	0,3	135,8	59,2
Dánia	6,3	5,5	0,0	1,4	0,0	0,5	0,0	3,8	0,1	17,5	6,4
Szlovákia	0,6	7,0	0,9	1,2	0,0	0,0	2,6	0,9	0,0	13,2	4,4
Csehország	1,9	7,0	0,0	2,1	0,0	0,0	2,2	1,2	0,1	14,5	10,0
Portugália	9,0	12,0	1,6	2,6	2,9	1,5	5,6	1,7	0,0	36,9	9,1
Magyarország	2,4	7,3	5,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	17,0	6,5
Bulgária	1,6	11,0	0,2	1,0	0,0	0,0	2,9	1,5	0,0	18,2	6,8
Belgium	5,7	5,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,1	1,4	0,1	14,5	13,8
Lengyelország	40,8	29,0	0,5	10,4	0,0	0,2	1,0	2,3	0,2	84,4	22,6
Románia	4,0	11,0	0,2	5,5	0,0	0,0	5,3	5,9	0,0	31,9	8,7
Ausztria	2,3	10,9	1,1	2,8	0,0	0,0	11,7	0,7	0,0	29,4	9,3
Olaszország	18,0	40,0	6,8	11,0	13,0	2,0	21,0	11,0	0,0	122,9	55,9
Németország	62,1	50,0	8,2	21,8	0,0	1,5	6,5	15,1	0,7	165,9	82,8
Franciaország	49,7	40,0	4,1	6,3	0,0	2,5	29,4	15,6	0,3	147,9	87,9
Spanyolország	45,3	49,5	6,6	12,0	12,8	2,7	19,0	5,7	0,1	153,6	43,4
Svédország	21,0	7,0	0,4	11,5	0,0	0,4	16,4	2,8	0,0	59,4	24,5
Macedonia	0,0	2,1	0,0	0,3	0,0	0,0	1,0	0,7	0,6	4,8	1,6
Szerbia és Montenegró	0,5	3,2	0,4	1,4	0,0	0,3	5,0	4,6	1,0	16,4	7,2
Bosznia-Hercegovina	0,0	2,1	0,0	0,9	0,0	0,0	3,9	0,3	0,0	7,2	2,0
Horvátország	5,6	2,9	0,1	1,0	0,0	0,4	2,5	0,8	0,0	13,2	3,0
Svájc	1,1	3,7	0,0	0,8	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	18,8	10,0
Norvégia	12,0	1,3	0,0	1,4	0,0	0,6	29,3	2,4	0,0	47,1	21,6

forrás GREENPEACE

referencia

²² [HTTP://WWW.ENERGYBLUEPRINT.INFO/](http://www.energyblueprint.info/)

²³ [HTTP://WWW.DLR.DE/TT/MED-CSP](http://www.dlr.de/TT/MED-CSP)

²⁴ [HTTP://WWW.TRADE-WIND.EU/](http://www.trade-wind.eu/)

szélenergia

Jelen tanulmányban a napelemek mellett a szélenergiának van a legnagyobb részesedése a beépített kapacitásból, és a megtermelt energia döntő többsége is szélenergiából származik.

A vizsgált helyzetképek esetében megtermelt szélenergia mennyiségének kiszámításához a TradeWind tanulmányban szereplő módszert alkalmaztuk. A különböző régiókban előforduló szélesség megállapításához a Nemzeti Környezeti Előrejelző Központ (NCEP) által biztosított adatokat vizsgáltuk.²⁵

A 27. ábra bemutatja a valós, helyszínen mért szélességi adatokat, összehasonlítva a rendelkezésre álló forrásból vett adatokkal, és kiderül, hogy a két adat között nincs nagy eltérés.

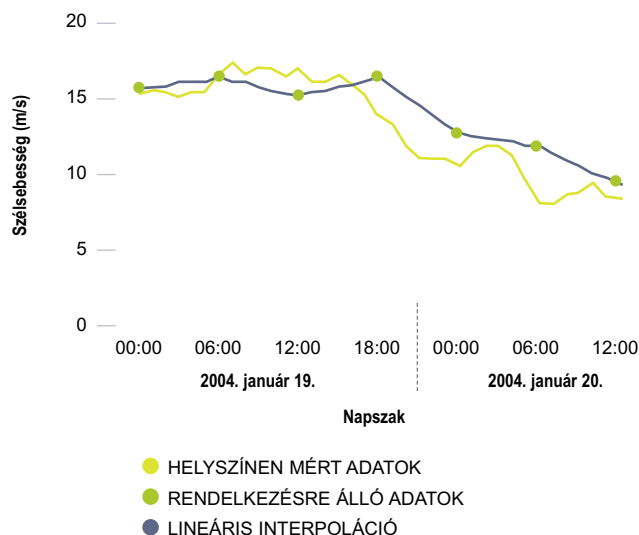
A szélességi adatokat tovább kell számolni, és így kapjuk meg az adott térség összes szél turbinája által termelt áram mennyiségét. Ezt a 28. ábra szerinti területi ekvivalens energiagörbe segítségével tehetjük meg.

napenergia (PV)

A szélenergia mellett a napenergiát felhasználó erőművek is széles körben elterjedtek Európában. Azonban a termelés jellegzetességei miatt – például éjszaka nincs termelés, valamint reggel és este csak részleges termelés van –, a napenergia által előállított elektromos áram mennyisége csak 1/3-a a szél által előállított áram mennyiségének.

A napenergia erősen ingadozó jellegzetessége miatt pontosabb adatokkal kell dolgozni. Az NCEP-2 által biztosított adatok között szerepel ugyan napsütésre vonatkozó információ is, de mivel csak 6 óránként mért adatok állnak rendelkezésre, ez nem elégséges. Ettől pontosabb adatokat nyújt a S@tel-Light.²⁶ Ebből a forrásból 30 percenként mért adatok hozzáférhetők Európa egész területéről, azonban az adatok csakis az 1996-2000-ig terjedő időszakra állnak rendelkezésre.

27. ábra: az NCEP-2 által biztosított adatok összehasonlítása a helyszínen mért adatokkal 2004. január 19-én és 20-án.



forrás TRADEWIND

geotermikus energia

A geotermikus energiának nincs túl nagy részesedése az energiatermelésben a korlátozott európai erőforrások miatt. A geotermikus erőművek általában folyamatosan teljes kapacitással működnek, mivel nincs hőtároló kapacitás beépítve (a CSP-től eltérően), és nem lehet az üzemanyagot elraktározni (a biomasszától eltérően). A geotermikus erőművek teljesítményét a néveleges teljesítmény 90%-ában határozzuk meg a karbantartási munkákat és a meghibásodási javításokat figyelembe véve.

koncentrált napenergia (CSP)

A CSP fontos részét képezi ennek a tanulmánynak, mert bizonyos mértékig kontrollálható a hőtároló képessége miatt. A rendelkezésre álló energiát a fotovoltaikus (PV) napenergia esetében bemutatott módszerrel számoltuk ki, de csak a közvetlen napsugárzást vettük figyelembe. Az Európában megépített kapacitás mellett egy további 60GW-os erőmű lesz Észak-Afrikában felépítve, hogy a HVDC hálózat segítségével elérje az európai piacot.

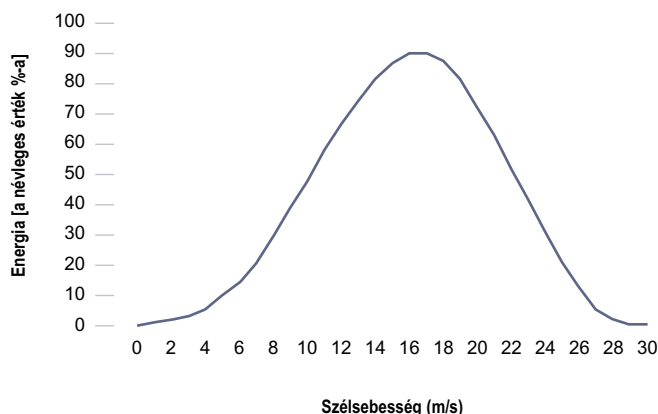
az óceán energiája

Az Energia[forradalom] helyzetképnek csak kis részét képezi a hullám, valamint az árapály által termelt energia, ezért ezzel kapcsolatban még nem végeztünk részletekbe menő kutatásokat. Ehelyett a már megépített termelőegységek kapacitásának 30%-át vettük figyelembe.

vízenergia

A vízerőműveket tárolókapacitással felszerelt és tárolókapacitással nem felszerelt csoportra kell osztanunk. A folyóvíz mellé épített erőműveknek általában nincs tárolókapacitásuk, ezért nem vezérelhetők; ezzel szemben a tárolókapacitással rendelkező erőművek vezérelhetők. A folyóvíz mellett lévő vízerőművek teljesítménye változhat; a helyszíntől függően lehet, hogy a folyó nyáron magasabb vízállású a hó olvadása miatt (például az Alpokban), vagy éppen alacsonyabb, mert nem esik az eső (például Spanyolországban).

28. ábra: ekvivalens regionális energiagörbe



forrás TRADEWIND

referencia

²⁵ NCEP-2 REANALYSIS DATA PROVIDED BY NOAA/OAR/ESRL PSD, BOULDER, COLORADO, USA, [HTTP://WWW.CDC.NOAA.GOV](http://www.cdc.noaa.gov)

²⁶ [HTTP://WWW.SATELLIGHT.COM](http://www.satellight.com)

kép MUNKÁSOK VIZSGÁLJÁK A PARABOLIKUS NAPKOLLEKTOROKAT A PS10 KONCENTRÁLT NAPENERGIA ERŐMŰBEN. MINDEN EGYES KOLLEKTOR 150 MÉTER HOSSZÚ, ÉS EGY HŐELNYELŐ CSŐBE ÖSSZPONTOSÍTJA A NAPSUGÁRZÁST, AMELYBEN EGY HÓÁLLÓ FOLYADÉK VAN, AMIT KÉSŐBB GŐZ ELŐÁLLÍTÁSÁRA HASZNÁLNAK, AMELLYEL HAGYOMÁNYOS GŐZTURBINÁT TÁPLÁLNAK.



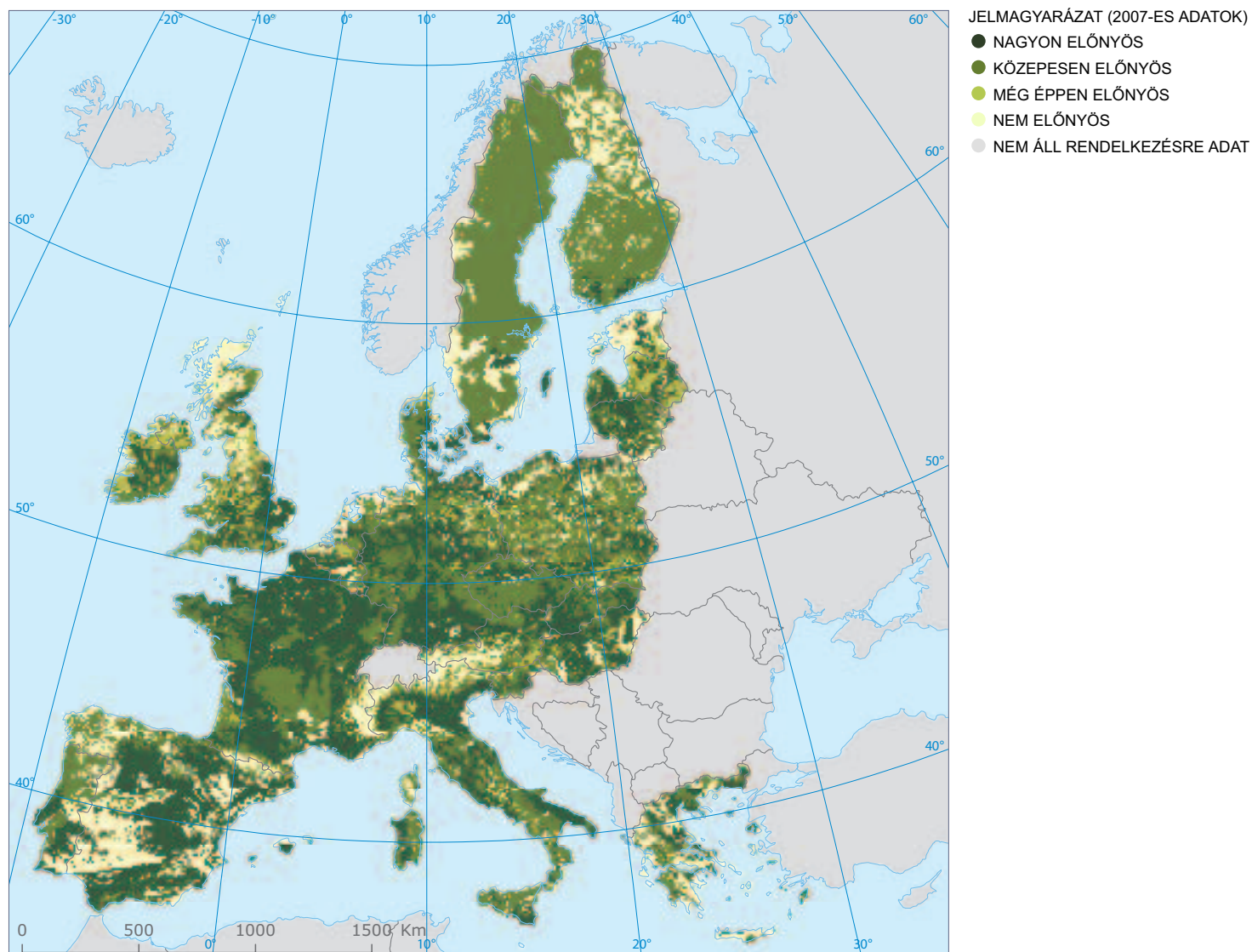
biomassza

A biomassza igény szerint felhasználható energiaforrás, ezért fontos szerepet játszik a tanulmányban. Ezek az erőművek gyakorlatilag Európa bármely pontján létesíthetőek, ahogy ezt a következő térkép is mutatja. A biomassza alapú erőművek rendelkezésre állását 95%-ban állapítottuk meg.

földgáz

A gázalapú erőműveket szabályozási célra lehet felhasználni. A tanulmányban a nem megújuló erőforrást felhasználó üzemeket stratégiaileg olyan területekre helyeztük, ahol nagy igények vannak, de kevés megújuló energia áll rendelkezésre. Ezek az üzemek csak tartalék rendszerek olyan időre, amikor alacsony a megújuló energiatermelés.

29. ábra: biomassza potenciál Európában



forrás EURÓPAI KÖRNYEZETI HIVATAL (EEA) - 2008²⁷

4.2.2 a kereslet modellezése

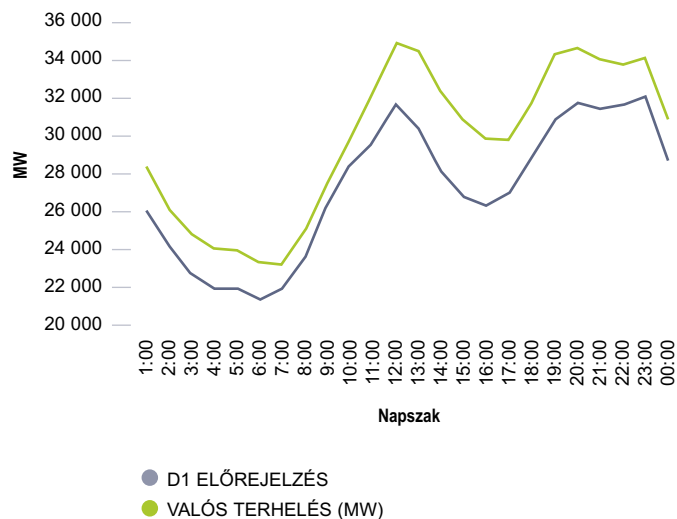
Az Energia[forradalom] tanulmány szerint 2050-re az energiaigény nem fog a mai igények ütemében növekedni, mert az energiát hatékonyabban fogjuk felhasználni az üvegházhatású gázok kibocsátásának stabilizálása érdekében. A modellben a mai energiaigények értéke kerül felhasználásra inputként. Az egyes országok energiaigényének meghatározásához az úgynevezett „vertikális terhelést” vesszük alapul. A Villamosenergia-Rendszerirányítók Európai Hálózata (ENTSO-E)²⁸ órás bontásban biztosít adatokat az egyes országok vertikális terhelésével kapcsolatban (30. ábra).

A modell további pontosításához alapul vettük az adott régió népsűrűségét. Zhou és Bialek²⁹ véleménye szerint szoros összefüggés van a népsűrűség és az energiaigény között, mivel sok esetben a sűrűn lakott területen több munkalehetőség van, így ott erősebb az ipar.

A népsűrűségi adatokat az Európai Bizottság statisztikai adatbázisából vettük (Eurostat). Az alábbi kép Európa népsűrűségét mutatja be.

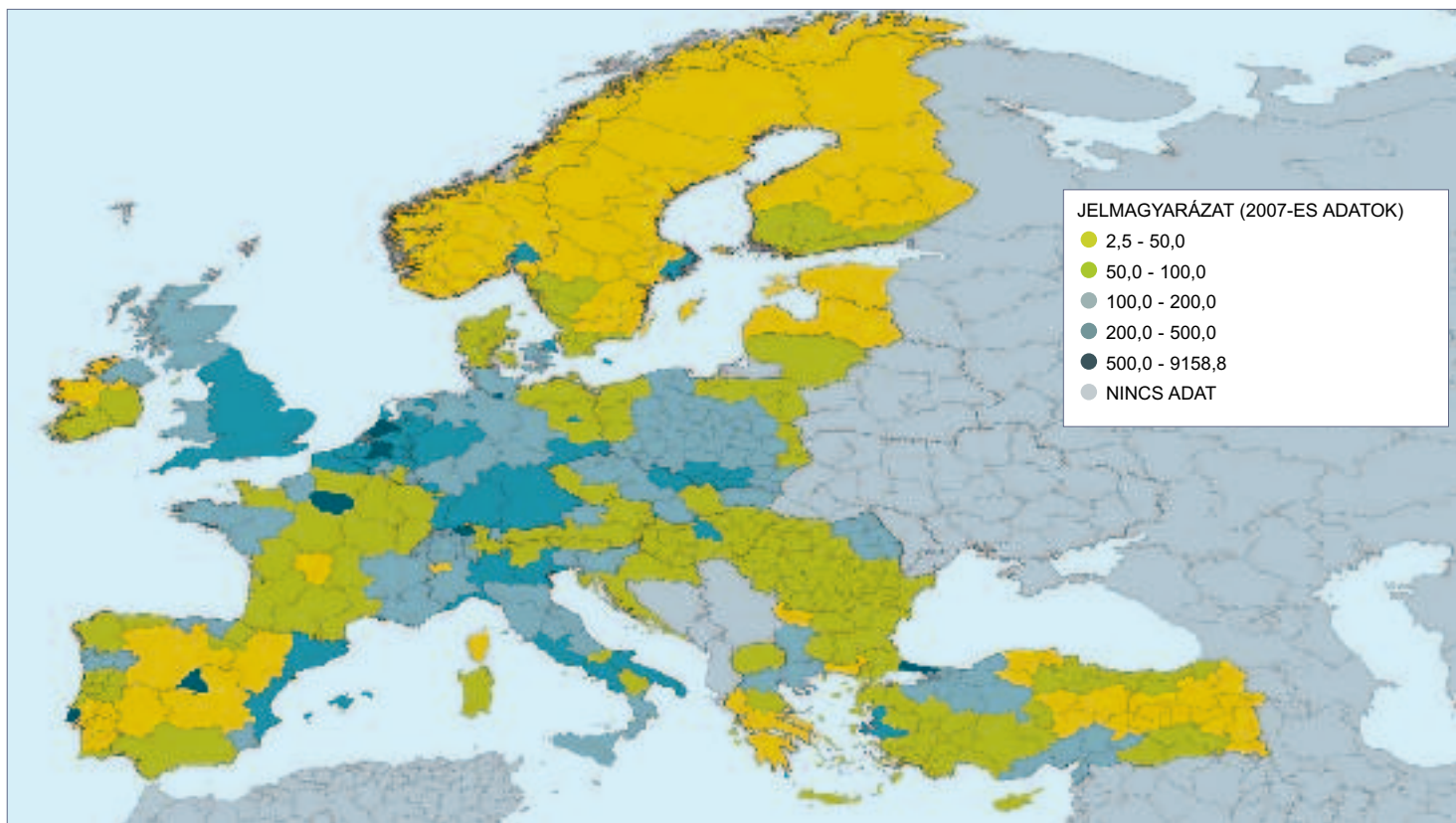
Ahogy az várható, nagyobb hangsúlyt fog kapni a kereslet oldali kezelés és a helyi tárolás a jövő energiarendszerei esetében (lásd okos hálózati jelentés), ahol nagy arányú ingadozó energiaforrás kerül felhasználásra, ezért egy bizonyos mértékig a terhelést kell majd a rendelkezésre álló energiatermeléshez igazítani.

30. ábra: vertikális terhelés Németországban 2009. június 7-én



forrás ENTSO-E

31. ábra: régiónkénti népsűrűség fő/négyzetkilométerben kifejezve (2007)



forrás EUROSTAT

referencia

²⁸ [HTTPS://WWW.ETSOVISTA.ORG/](https://www.etsovista.org/)

²⁹ ZHOU, BIALEK "APPROXIMATION MODEL OF EUROPEAN INTERCONNECTED SYSTEM AS A BENCHMARK SYSTEM TO STUDY EFFECTS OF CROSS-BORDER TRADES", IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, MAI 2005

³⁰ [HTTP://EPP.EUROSTAT.EC.EUROPA.EU/PORTAL/PAGE/PORTAL/POPULATION/INTRODUCTION](http://EPP.EUROSTAT.EC.EUROPA.EU/PORTAL/PAGE/PORTAL/POPULATION/INTRODUCTION)

kép AZ OCEANLINX A HULLÁMENERGIÁT HASZNÁLJA FEL KERESKEDELMI SZINTEN, Ahol a TURBINÁT EGY VÍZOSZLOP HAJTJA MEG, KÁROS GÁZOK KIBOCSÁTÁSA NÉLKÜL.



4.3 megközelítés

A következő megközelítés alkalmazásával határoztuk meg a jövőbeli elektromos hálózat igényeit, amelyben nagy arányú megújuló energia szerepel.

4.3.1 nem szabályozható megújuló energiaforrás

A modellben elsőbbséget kap az elektromos áram, amely olyan forrásból keletkezik, amit csakis úgy lehet szabályozni, hogy a rendelkezésre álló energiát nem hasznosítjuk teljes mértékben (például a szél turbinák leszabályozásával). Ezeket a forrásokat „lefelé” lehet szabályozni, ellentétben a fosszilis üzemanyagokkal, ahol a termelést lehet erősíteni az igények kielégítéséhez. Olyan erőforrások ezek, amelyek ingadoznak, mint a szél, a napsütés, és az óceán energiája, de még a folyóvizek vagy a geotermikus energia is ide tartozik. Az ilyen erőforrások által termelt energiát elsőként az igények kielégítésére használjuk fel.

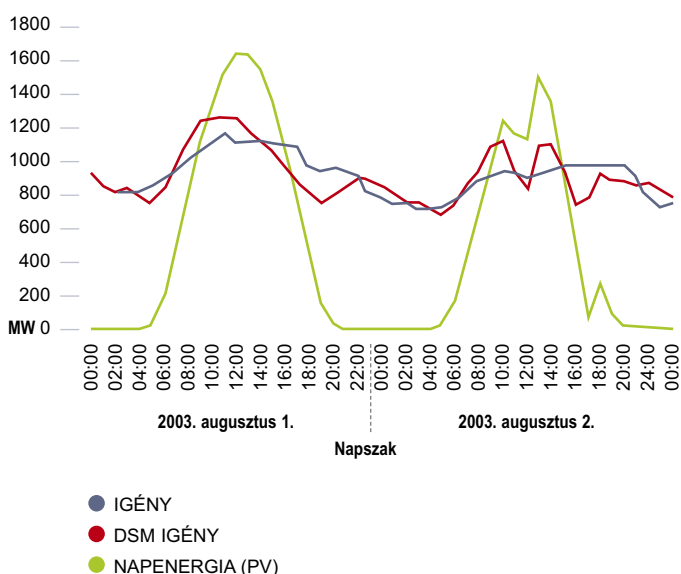
4.3.2 kereslet oldali szabályozás (DSM)

Az kereslet oldali szabályozás és a helyi tárolás előnyei által az igények és az áramtermelés közötti különbséget idővel ki lehet egyensúlyozni. A következő ábra az ilyen kereslet oldali szabályozást mutatja be: a helyi energiatermelés mennyiségétől függően, ami jelen esetben napenergia, az igény vagy növekszik, vagy csökken.

4.3.3 optimális energiaáramlás

A következő lépés az, hogy elvégezzünk egy egyenáramú terhelésáramlási számítást, és optimalizáljuk az energiaáramlást. A számítás eredményeként megkapjuk, hogy az egyes órákra milyen

32. ábra: az kereslet oldali szabályozás és a helyi tárolás működése



forrás ENERGYNAUTICS

mennyiségű további energiára (az adott korlátokon belül) van szükség ahhoz, hogy a magasfeszültségű hálózatot a megengedett üzemi határokon belül tartsuk. Ezt a további energiát ellenőrizhető forrásokból biztosítjuk, mint például:

- CSP
- Vízenenergia (tárolás)
- Biomassza
- Földgáz

A megújuló energiaforrások elsőbbséget élveznek.

Ha energiatöbblet keletkezik, akkor azt a magasfeszültségű rendszerbe tápláljuk, ha pedig nincs elegendő energia, akkor a hálózatról vesszük le.

Az N-1 biztonság meghatározása: Egy rendszer akkor N-1 biztonságos, ha a rendszer bármelyik eleme elromolhat anélkül, hogy a rendszer bármelyik másik eleme túl lenne terhelve.³¹ Mivel a modell nem tüntet fel minden egyes HVAC vonalat a hálózatban, hanem inkább csoportosítja a vonalakat, az N-1 biztonságot nem lehet garantálni minden egyes vonal esetében. Másrésztől a HVDC vonalak, így a szuperhálózat is, fizikai vonalakkal van feltüntetve, ezért minden egyes HVDC vonal felmérhető az N-1 biztonságot tekintve.

4.3.4 kiértékelés

Az előző részben vázolt terhelésáramlási számításokkal meg lehet határozni, hogy a hálózat hol lesz túlterhelve többlettermeléssel, és a hálózat mely másik pontján fog többletigény felmerülni. Az ilyen pontok közötti távolságtól függően ésszerű dolog a pontok közötti HVAC vonalat megerősíteni, vagy ha a távolság túl nagy, akkor építeni lehet egy HVDC vonalat vagy akár egy szuperhálózatot is, amely több HVDC vonalból áll.

Amennyiben nincs további igény, de még mindig többletenergia képződik, akkor két megoldás van: vagy tárolni a rendelkezésre álló energiát és a későbbiekben felhasználni, vagy visszaszabályozni. Gazdaságossági szempontból lehet, hogy kifizetődőbb túlméretezni a termelést, és időnként leszabályozni a rendszert, mint drága elektromos tárolókapacitásokat kiépíteni.

A jelen tanulmányt azért készítettük, hogy kiderítsük, milyen módon kell az elektromos hálózatot megerősíteni ahhoz, hogy nagy arányú megújuló energia mellett szünet nélkül lehessen biztosítani az energiaellátást, még olyan szélsőséges időjárási viszonyok mellett is, amelyekről a következő fejezetben beszélünk. A szuperhálózatokról bővebb információ a tanulmány 2. fejezetében található.

referencia

³¹ [HTTP://WWW.ENTSOE.EU/_LIBRARY/PUBLICATIONS/CE/OH/POLICY3_FINAL.PDF](http://www.entsoe.eu/_library/publications/ce/oh/policy3_final.pdf)

4.4 szélsőséges helyzetek

A rövid, közép, és hosszú távon fennálló szélsőséges helyzeteket azért vizsgáltuk meg, hogy meghatározzuk, hogy a jövő elektromos rendszerét milyen módon kell megtervezni ahhoz, hogy nagy arányú megújuló energiával működhessen.

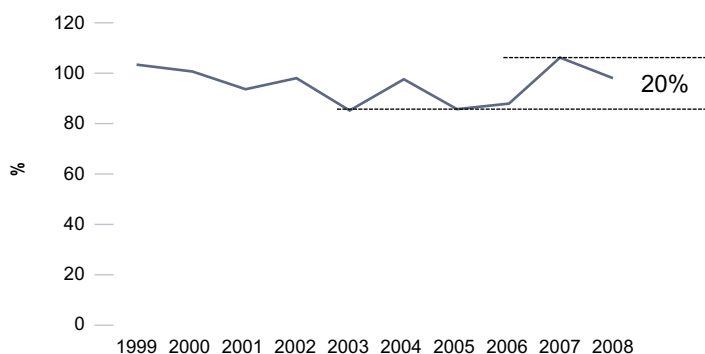
4.4.1 hosszú távú kérdések

Mivel a megújuló energiaforrások évről évre változhatnak, a jelen tanulmány a hosszú távon fennálló szélsőséges helyzetekkel foglalkozik. Ez a tanulmány gyakorlatilag az Energia[forradalom] bemutatott forgatókönyvet értékeli ki, vajon az hatással lenne-e az ellátás biztonságára.

A különböző energiaforrások évről évre történő rendelkezésre állásában bekövetkező változásokat vizsgáljuk. Mivel az Energia[forradalom] szerint az energiatermelésben a szélenergia biztosítja messze a legnagyobb részt, ezért ezt az energiaforrást tesszük górcső alá.

A meghatározott legalacsonyabb értékek 20%-kal a hosszú távú átlag alatt voltak (a 33. ábra egy ilyen példát mutat be Németországban). Ez egy olyan érték, amellyel az Energia[forradalom] forgatókönyv képes megbirkózni, és nem fogja megváltoztatni a jövő energiarendszerének felépítését.

33. ábra: éves szélenergia-teljesítmény a hosszú távú átlaggal összehasonlítva, Németország példájával



forrás WINDMONITOR / ISET

4.4.2 közép távú kérdések

Az olyan megújuló energiaforrások rendelkezésre állása, mint a szél és a nap, valamint az igények is percek vagy órák alatt változhatnak, a keresletet és a kínálatot pedig minden időben ki kell egyensúlyozni, miközben az elektromos tárolókapacitások kiépítése korlátozott és drága. Ezen okok miatt az energiarendszert tekintve a közép távú kérdések a legfontosabbak és a leginkább meghatározóak.

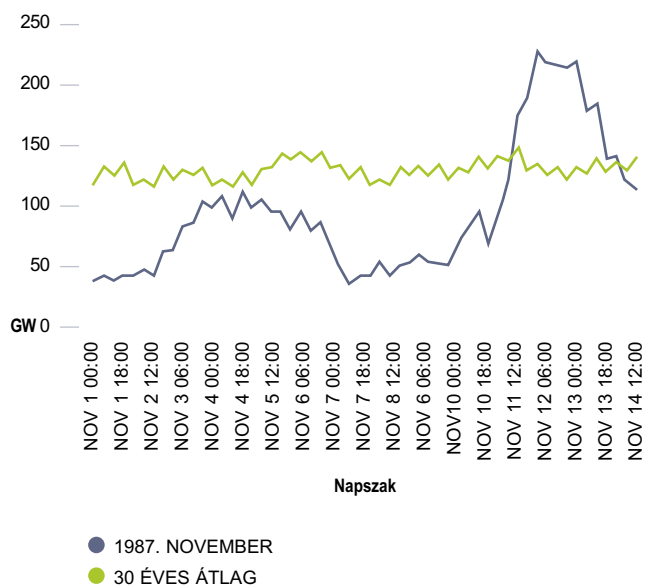
Ebből kifolyólag három extrém helyzetet azonosítottunk és vizsgáltunk meg:

- Szélsőséges nyári esemény 2003 augusztusában.
- Szélsőséges téli esemény 1997 januárjában.
- Szélsőséges őszi esemény 1987 novemberében.

4.4.3 a szélsőséges helyzetek előfordulásának felmérése

Megújuló energia a nap 24 órájában: a különböző megújuló energiaforrások, mint például a nap, a szél, a biomassa, a geotermikus és vízenergia – illetve a jövőben az óceán energiája – garantálni tudják, hogy az energia a nap 24 órájában, a hét minden napján rendelkezésre álljon, még akkor is, ha időnként nem fúj a szél, és nem süt a nap! Az alábbiakban részletezett szélsőséges időjárás nagyon ritkán fordul elő és csak rövid ideig tart.

34. ábra: rendelkezésre álló szélenergia (GW-ban) az Energia[forradalom] forgatókönyve alapján 1987 novemberében, összehasonlítva 30 év átlagával (6 órás értékek)



forrás ENERGYNAUTICS

kép NAPENERGIÁVAL MŰKÖDŐ
NYILVÁNOS FÜRDŐHÁZ, AMELY EGY
FARM MELLETT TALÁLHATÓ. DEZHOU
VÁROSA AZ ÉLEN JÁR A NAPENERGIA
HASZNOSÍTÁSABAN, ÉS KÍNA
NAPVÖLGYEKÉNT VÁLT ISMERTTÉ.



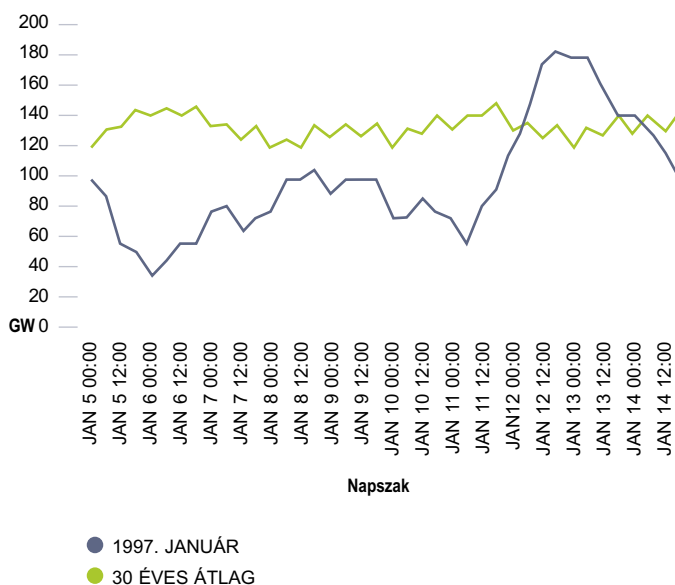
A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoriságának felméréséhez figyelembe vettük az elmúlt 30 év szélre vonatkozó adatait. A szimuláció azt mutatta, hogy a szélsőséges eseményekre elsősorban télidőben lehet számítani, amikor nagy az elektromos igény és a nap által termelt energia kis mennyiségű.

Az elmúlt 30 év során télidőben a szélenergia által megtermelt elektromos áram mennyisége Európán belül csak az idő 0,4%-ában csökkent volna 50GW alá az Energia[forradalom] forgatókönyve alapján. Ha feltételezzük, hogy a szélsőséges időjárás átlagosan 12 óráig tart, akkor ez évi egy alkalmat jelent.

A következő két adat az európai széltermelést mutatja be a szimulált szélsőséges téli esemény idején: 1987 novemberében és 1997 januárjában.

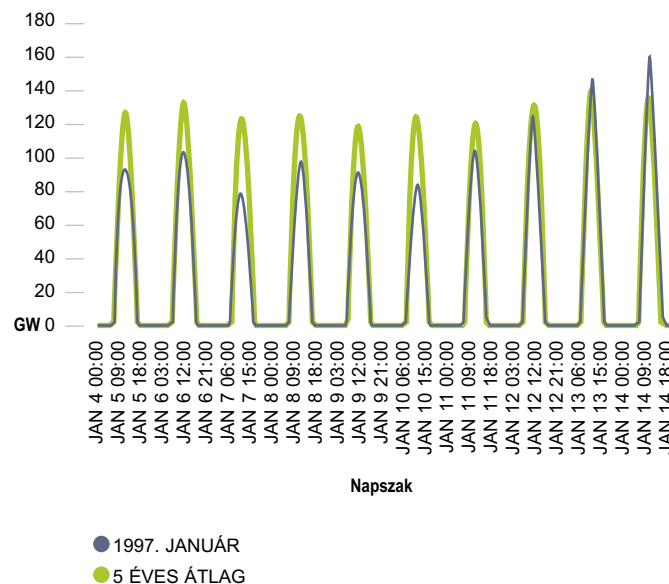
A következő ábra a napenergia által termelt áramot mutatja be egy szélsőséges januári helyzetben. 1997 januárjában volt egy pár nap (január 5-től 10-ig), amikor a termelés sokkal alacsonyabb volt a hosszú távú átlagnál. A nagyfokú igényeket (37. ábra) és a kis mennyiségű szélenergiát (35. ábra) figyelembe véve ez kritikus helyzetet jelent az európai áramtermelésre nézve (lásd még 38. ábra).

35. ábra: a rendelkezésre álló szélenergia (GW-ban) az Energia[forradalom] forgatókönyvének megfelelően 1997 januárjában, a 30 éves átlaggal összehasonlítva (6 órás értékek)



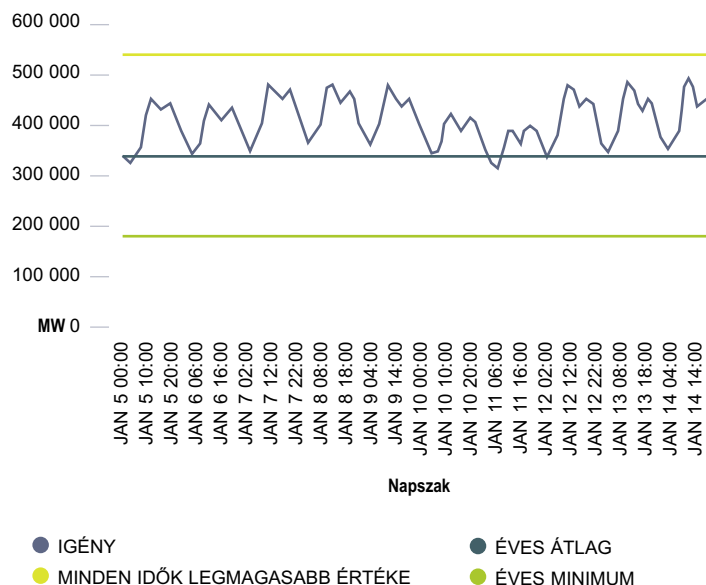
forrás ENERGYNAUTICS

36. ábra: a rendelkezésre álló napenergia (GW-ban) az Energia[forradalom] forgatókönyvének megfelelően 1997 januárjában, az 5 éves átlaggal összehasonlítva (1 órás értékek)



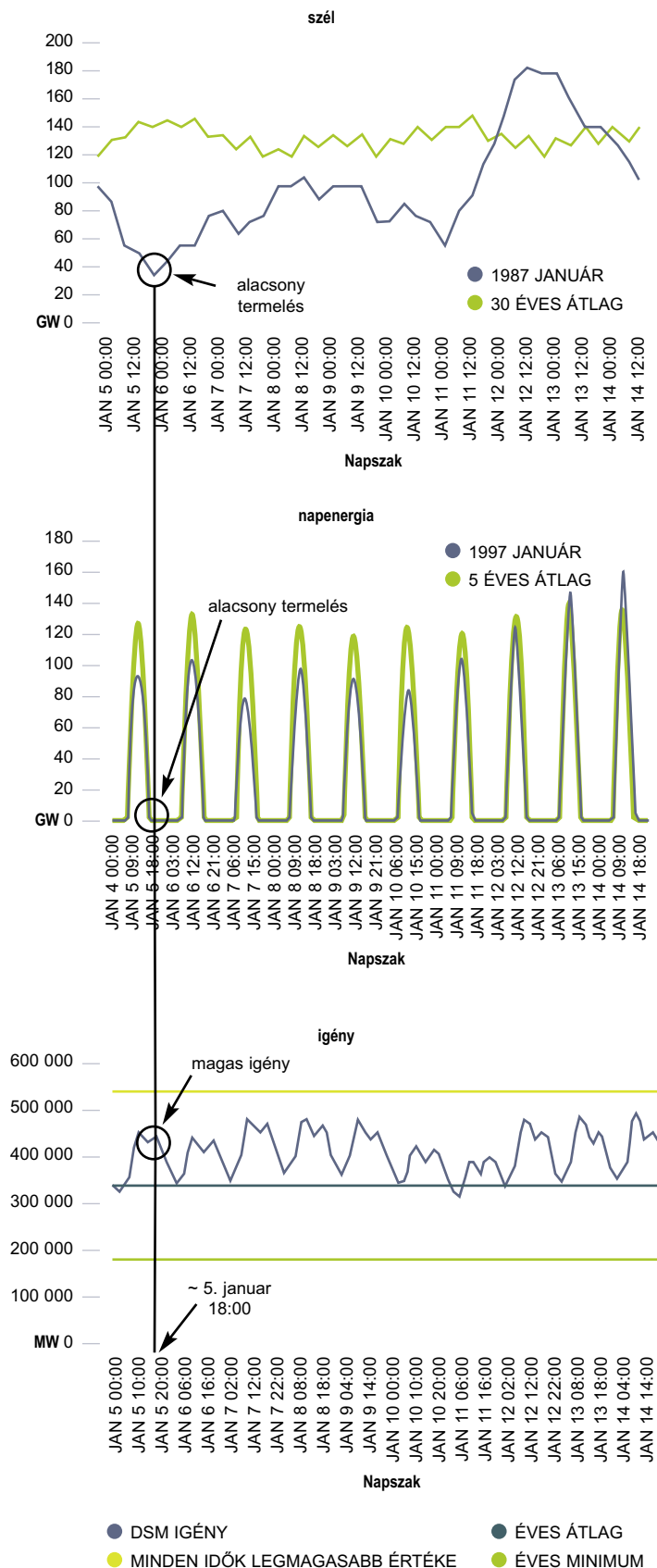
forrás ENERGYNAUTICS

37. ábra: a kereslet (MW-ban) az 1997. januári helyzetben, minden idők legmagasabb értékével, az éves átlaggal és a minimummal összehasonlítva (1 órás értékek)



forrás ENERGYNAUTICS

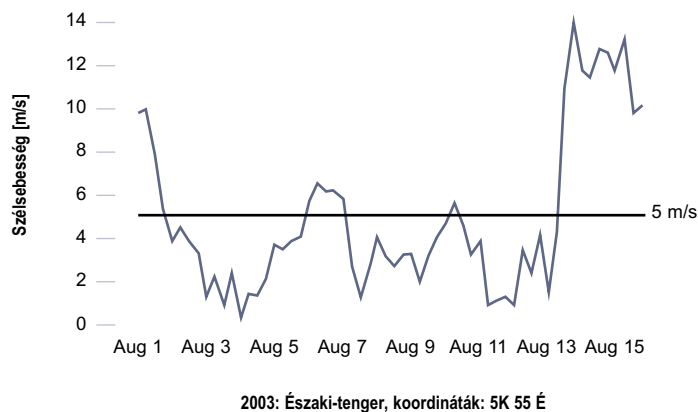
38. ábra: a szélsőséges januári helyzet áttekintése: szél- és napenergia termelés összehasonlító a kereslettel (MW-ban) januárban



a szélsőséges nyári esemény (2003 augusztusa)

Ennek a szélsőséges helyzetnek a jellegzetessége, hogy az Északi-tengeren két hétig egyáltalán nem, vagy csak alig fújt a szél (39. ábra).

39. ábra: szélsőséges az Északi-tengeren 2003 augusztusában (szélsőséges nyári esemény)



forrás NCEP-2

Ahogy a következő táblázat mutatja, a maximális igény az átlagos igénynél 68%-kal volt magasabb, ami gyakori a nyári terhelés esetén. A napenergia áltelt termelt áram aránya rendkívül magas, hiszen augusztusban sokat süt a nap. A következő táblázatban további jellemző adatok találhatóak.

4. táblázat: a szélsőséges nyári helyzet jellemző adatai (rendelkezésre álló energia MW-ban)

	CSÚCS	ÁTLAG	ALACSONY
Igény	366 959	287 666	203 092
Legmagasabb érték %-a	68%	53%	38%
Egyéb megújuló energia	408 570	193 881	82 743
Meglévő kapacitás %-a	45%	21%	9%
Szélenergia	119 603	43 661	17 538
Meglévő kapacitás %-a	31%	11%	5%
Napenergia	296 661	91 130	0
Meglévő kapacitás %-a	77%	24%	0%

forrás ENERGYNAUTICS

kép A DABANCHENG SZÉLFARMON EGY MUNKÁS A SZÉLTURBINA TORNYÁBA LÉP, HOGY KARBANTARTÁSI MUNKÁT VÉGEZZEN. KÍNÁNAK ÓRIÁSI SZÉLERŐFORRÁSAI VANNAK, AMELYET KÖNNYEN ÉS GAZDASÁGOSAN KI LEHETNE HASZNÁLNI, HA A KLÍMAROMBOLÓ FOSSZILIS ÜZEMANYAGOKRÓL ÁTTÉRNE ERRE A TISZTA, ÉS BŐVEN RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ ENERGIÁRA.



eredmények

A terhelésáramlási számítások eredménye azt mutatja, hogy egy szélsőséges nyári helyzetben a rendelkezésre álló napenergia elegendő ahhoz, hogy kiegyenlítse a szélenergiában fellépő hiányt. Ezért nem szükséges az európai elektromos hálózat jelenlegi kialakítását fejleszteni, vagy további HVDC vonalakat kiépíteni. A szükséges energiát főleg a szétszóró naperőművek biztosítják, amely energiaforrás bőségesen rendelkezésre áll augusztusban.

A következő táblázatban áttekintést kaphatunk arról, hogy milyen erőforrások milyen mértékben lettek bevonva az adott helyzetben. A szél- és a folyóvíz energiaaránya nyilván elég alacsony, míg a napenergia és a biomassa aránya meglehetősen magas. A hagyományos erőműveknek mindössze 10%-ot kellett termelniük.

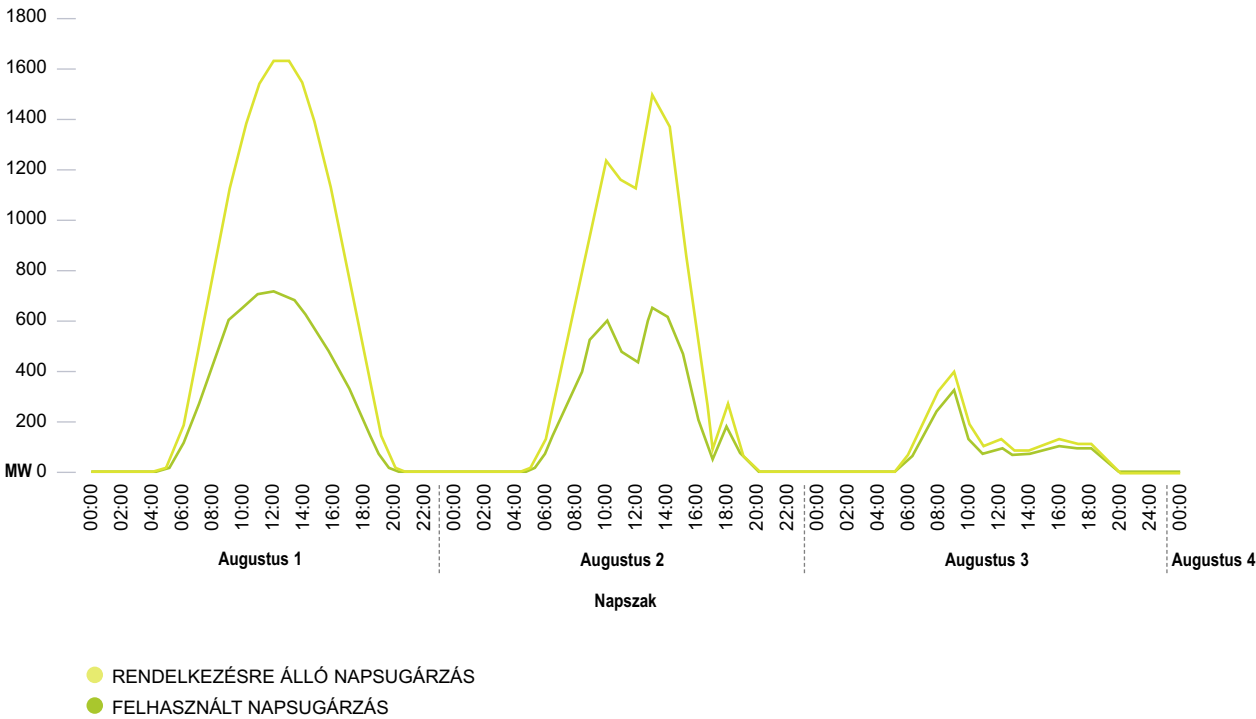
A tanulmányban szinte alig szerepelt tárolókapacitás, és a számítási eredmények vizsgálata során kiderül, hogy a megújuló energiatermelés nagy részét le kell csökkenteni – vagy jobb esetben – tárolni például elektromos járművekben. Erre az esetre használjuk a „többletenergia” kifejezést, amelyet „meg kell csapolni”, ha nincs elegendő tárolókapacitás. A 40. ábra a felhasznált, illetve a rendelkezésre álló napenergiát mutatja be.

5. táblázat: (közepes szinten) előállított energia MW-ban, és a különböző erőforrások aránya egy extrém nyári helyzetben

Szárazföldi szél	14 558	5%
Tengeri szél	14 232	5%
Napenergia (PV)	65 914	23%
Geotermikus energia	32 208	11%
Biomassza	60 561	21%
CSP erőművek	17 549	6%
Hullám/árapály	6 604	2%
Folyóvíz-energia	11 425	4%
Szivattyús-tározós vízerőmű	36 976	13%
Hagyományos	30 299	10%
Összesen	290 327	100%

forrás ENERGYNAUTICS

40. ábra: tárolható napenergia-többlet (egy osztrák régió mintája, 2003 augusztusából)



forrás ENERGYNAUTICS

6. táblázat: a többletenergia maximuma (MW-ban) a szélsőséges helyzet különböző óráiban, 2003 augusztusában

Maximális szárazföldi szél	19 469
Maximális tengeri szél	44 866
Maximális napenergia	117 474
Összesen	161 749

forrás ENERGNAUTICS

szélsőséges téli eset (1997 januárja)

Ezt az esetet egyrészt rendkívül magas igények, másrészt alacsony rendelkezésre álló napenergia, valamint alacsony-közepes szélerősség jellemezte (7. táblázat).

Európában általában télen a legmagasabb az energiaigény. Ilyenkor napközben keveset süt a nap, és a napsugarak beesési szöge is kicsi, ezért télen kevés napenergia áll rendelkezésre. Ezen két tényező mellett volt egy olyan időszak 1997 januárjában, amikor a szél is alig fújt, és ezzel egy kritikus helyzet teremtdött a tervezett jövőbeli energiaellátás számára.

7. táblázat: az 1997-es extrém téli helyzet jellemzői (rendelkezésre álló energia MW-ban)

	CSÚCS	ÁTLAG	ALACSONY
Igény	491 064	406 098	311 837
Legmagasabb érték %-a	91%	75%	58%
Egyéb megújuló energia	378 419	195 426	108 067
Meglévő kapacitás %-a	42%	22%	12%
Szélerősség	200 795	96 818	32 533
Meglévő kapacitás %-a	53%	25%	9%
Napenergia	197 032	33 313	0
Meglévő kapacitás %-a	51%	9%	0%

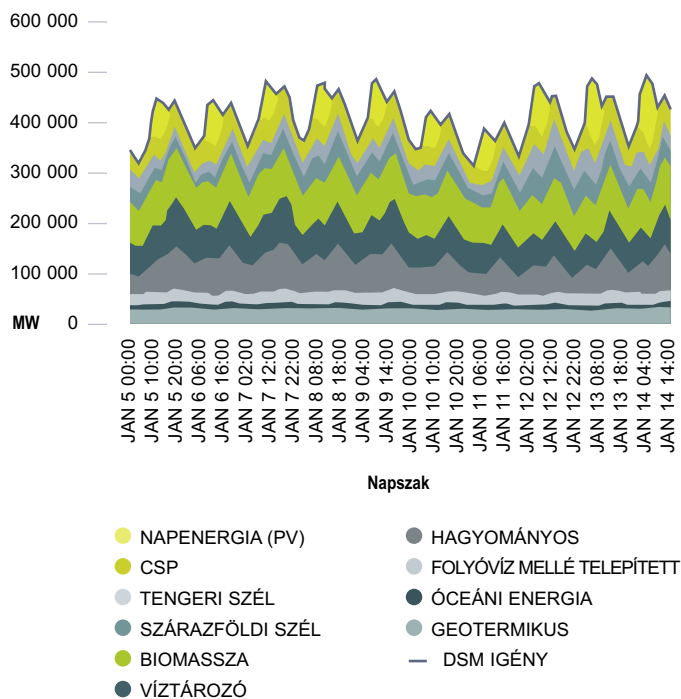
forrás ENERGNAUTICS

energiatermelés a szélsőséges januári helyzetben

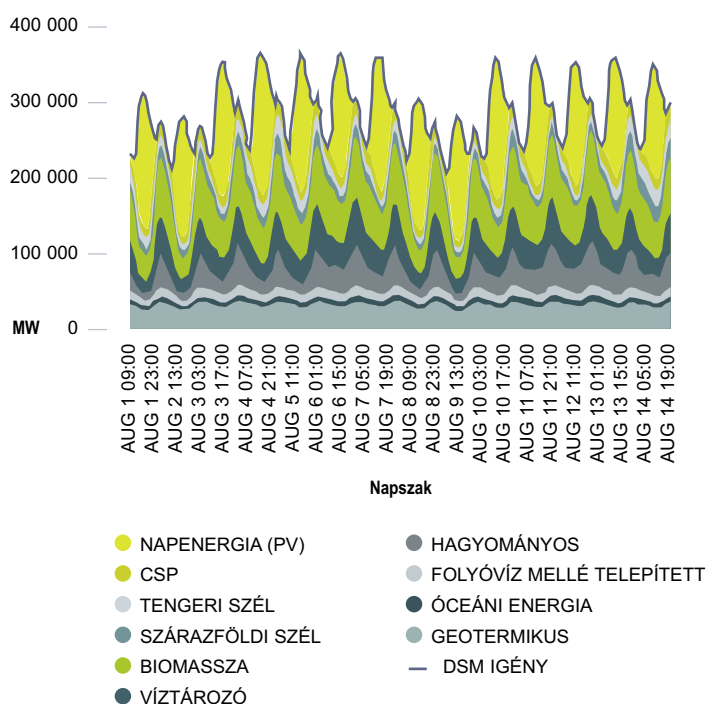
A 41. ábra áttekintést nyújt a szélsőséges januári helyzetben felhasznált energiaforrásokról. Az igényeket minden időben ki kell elégíteni ahhoz, hogy a lámpák „mindig égve maradjanak”.

Összehasonlításként a 42. ábrával bemutatjuk a 2003. augusztusi áramtermelést. Nyáron alacsonyabb igény van, mint télen, és sokkal több a napenergia.

41. ábra: az energiatermelés (MW-ban) különböző energiaforrásokból, és az európai összesített igény az 1997. januári szélsőséges helyzet alatt



42. ábra: az energiatermelés (MW-ban) különböző energiaforrásokból, és az európai összesített igény a 2003. augusztusi szélsőséges helyzet alatt



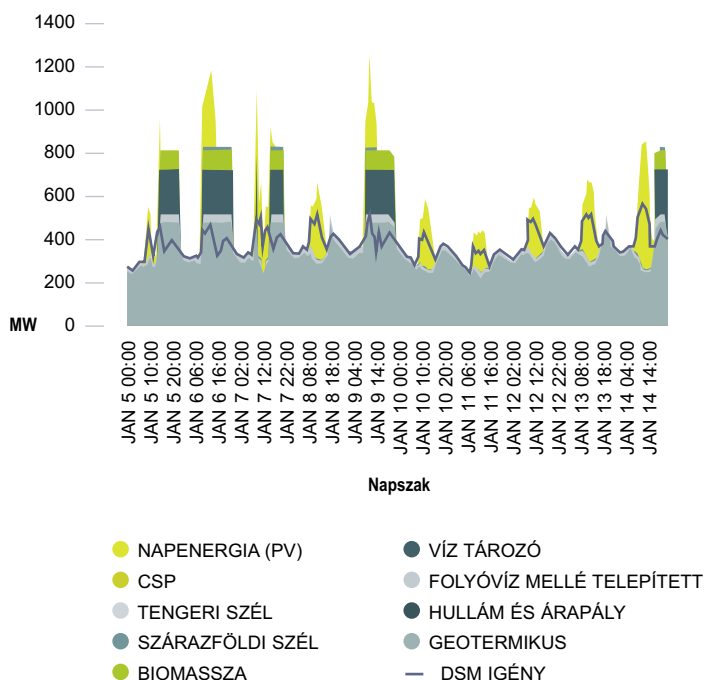
kép THAIFÖLDI MUNKÁSOK SZÉLTURBINÁT RAKNAK ÖSSZE A HELYI KÖZÖSSÉGÜK SZÁMÁRA. AZ ELŐREJELZÉSEK SZERINT A KLÍMAVÁLTOZÁS EREDMÉNYEKÉPPEN LÉTREJÖVŐ TENGERSZINT-EMELKEDÉS KOMOLY GONDOKAT FOG OKOZNI AZ ÁZSIAI PARTVIDÉKEN FEKVŐ ORSZÁGOKNAK, AMIRE A MEGOLDÁS A TISZTA, MEGÚJULÓ ENERGIA.



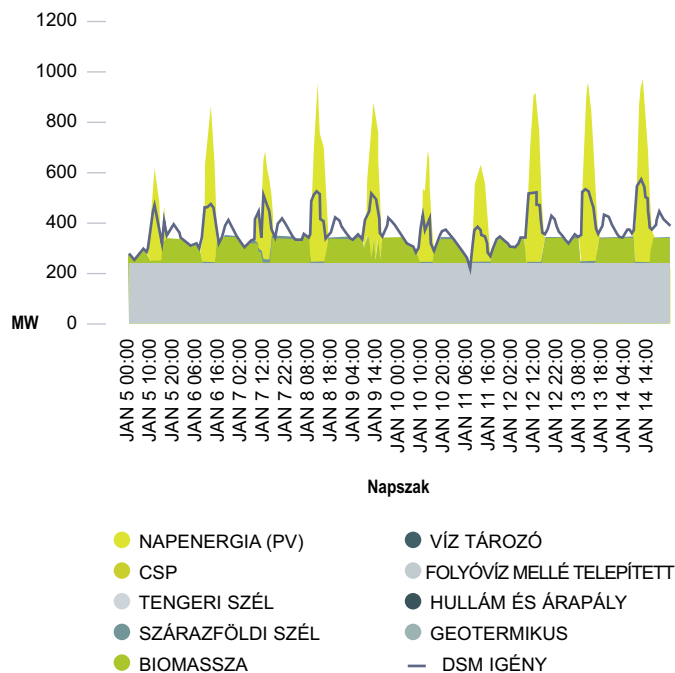
Mivel az energiaigény és az energiatermelés nincs mindig egyensúlyban egy adott helyen, az elektromos hálózatnak kell az energiát egyik helyről a másikra szállítania.

A következő ábrák a különböző energiaforrásokon alapuló áramtermelést mutatják be a szélsőséges januári helyzetben, három különböző helyszínt alapul véve. A rendelkezésre álló megújuló energiaforrások alapján az energiát lehet exportálni, és a hálózaton keresztül más helyszínekre szállítani, vagy lehet importálni is (lásd 46. ábra).

43. ábra: az energiatermelés (MW-ban) különböző energiaforrások felhasználásával, és a helyi igény az 1997. januári szélsőséges helyzetben, Németország déli részén. energiatermelési többlet keletkezik, így az áram exportálható

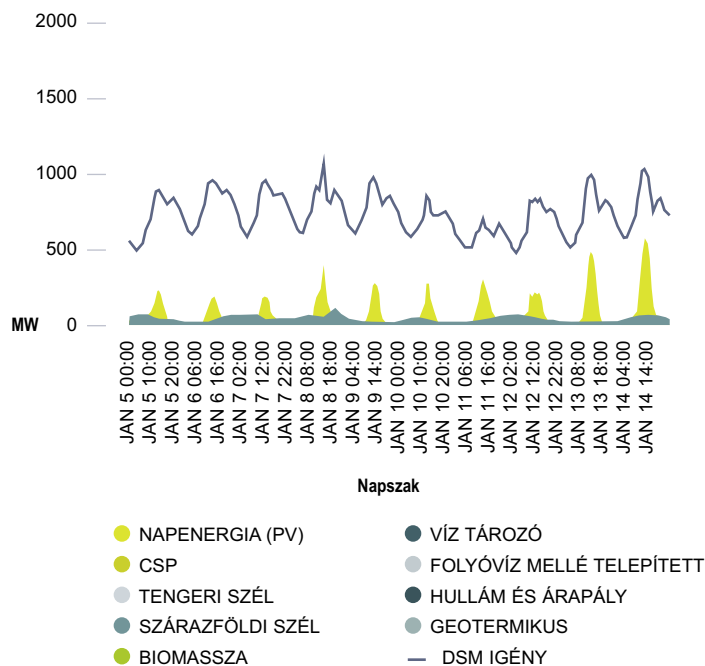


44. ábra: az energiatermelés (MW-ban) különböző energiaforrások felhasználásával, és a helyi igény az 1997. januári szélsőséges helyzetben, Dél-Németország egy másik részén. van olyan időszak, amikor többlettermelés tapasztalható, és előfordul, hogy nincs elegendő energia



forrás ENERGYNAUTICS

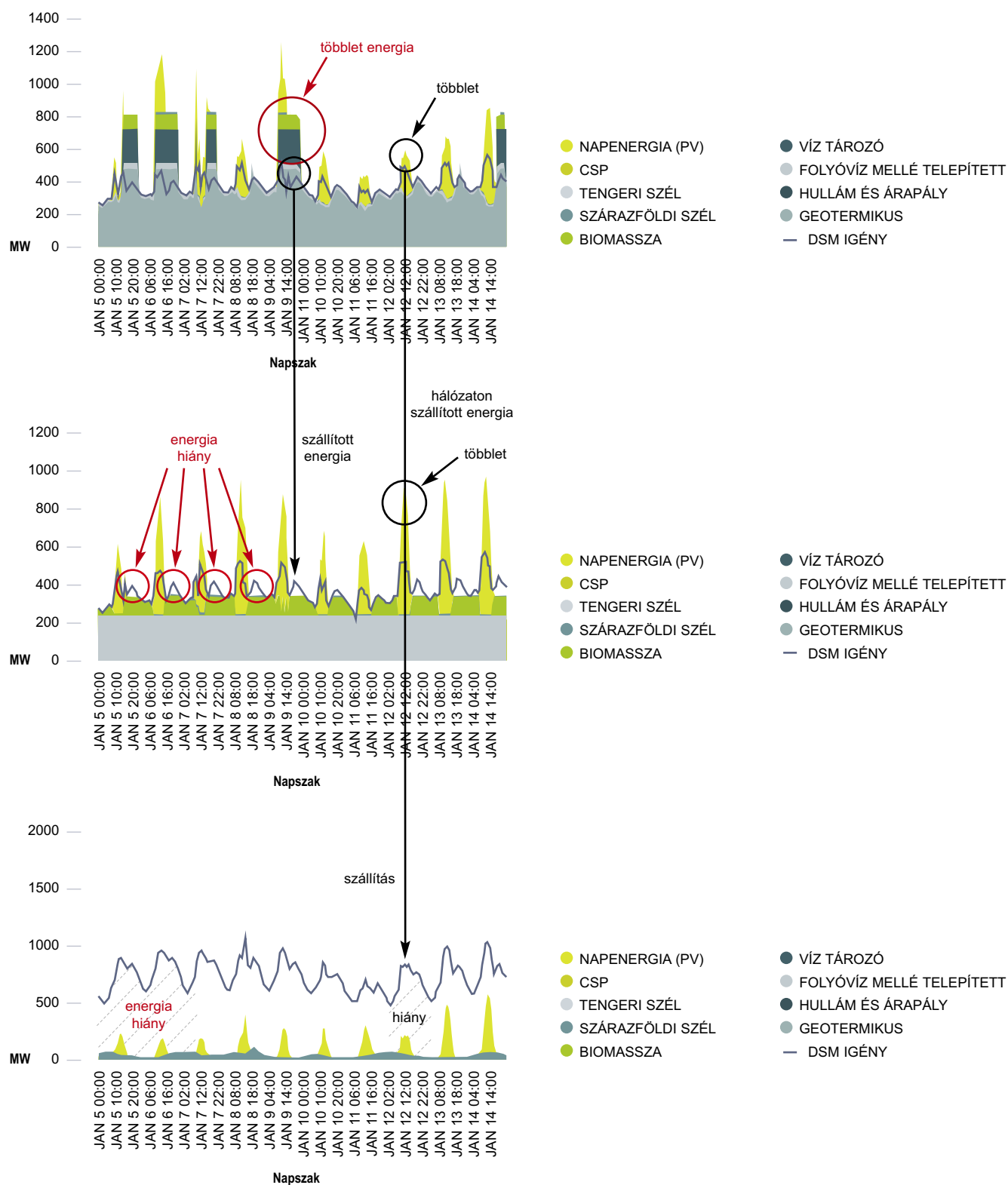
42. ábra: az energiatermelés (MW-ban) különböző energiaforrások felhasználásával, és a helyi igény az 1997. januári szélsőséges helyzetben, Hollandiában. ez a helyszín a szélsőséges időszak alatt végig energiainportra szorul



forrás ENERGYNAUTICS

A következő ábra a szükséges szállítást mutatja be az energiarendszer különböző pontjai között.

46. ábra: az energiatermelés (MW-ban) három különböző helyszínen, és a helyszínek energiarendszer különböző pontjai között szükséges szállítás bemutatása





eredmények Az előbbi helyzet szimulációi bemutatják, hogy az energiahálózat a jelenlegi formájában, valamint a rendelkezésre álló energia az alábbi módosításokra szorul:

- Európa bizonyos részein meg kell erősíteni a hálózatot és,

- a legmagasabb igényt felmutató helyekre további energiát kell szállítani (például CSP-t, vagy vízenergiát) HVDC vonalak által. Az alábbi ábra bemutatja, hogy mely területek képesek többletenergiát termelni, és mely területek szorulnak importra (mutatnak fel túlzott igényeket) a szélsőséges januári helyzetben. A nyilak az energia áramlásának irányát mutatják.

44. ábra: az energiatöbbletet és hiányt felmutató helyszínek a szélsőséges januári helyzetben



forrás UCTE, NORDEL ÉS ENERGYNAUTICS

Ezen esemény során Közép-Európában és Nagy-Britanniában nagyobb kereslet lenne, mint amit ki lehetne elégíteni, viszont Európa északi és déli részein nagyobb lenne a kínálat (termelés), mint a kereslet. Ezért az energia főleg Észak-Európából (főként vízenergia) és Dél-Európából (főként napenergia) áramlik Közép-Európa irányába. A terhelés ilyen szintű

áramlásához meg kell erősíteni a Spanyolország és Franciaország, az Olaszország és Franciaország, a Románia és Lengyelország, a Svédország és Lengyelország, valamint az Írország és a Nagy-Britannia között elektromos hálózati kapcsolatokat (48. ábra).

48. ábra: az európai nagyfeszültségű hálózat a megerősítendő kapcsolatok kiemelésével



forrás UCTE, NORDEL ÉS ENERGNAUTICS

kép GEOTERMIKUS KUTATÓFÚRÁSOK SCHORFHEIDE-BAN, A POTSDAMI GEOFORSCHUNGSZENTRUM SEGÍTSÉGÉVEL A NÉMET KÖRNYEZETVÉDELMI MINISZTERIUM ÉS A VATTENFALL EGYÜTTMŰKÖDÉSÉVEL.



A Közép-Európában fennálló széleskörű energiahiány miatt a HVAC hálózat további megerősítése nem tűnik a legjobb megoldásnak; ehelyett az energiát közvetlenül az energiaforrástól kellene szállítani a központokba HVDC vonalakon keresztül. Ez a szuperhálózat alapja, amiről a 2. fejezet írt, kapcsolódási pontokkal Észak-Afrikához (koncentrált napenergia) és Skandináviához (vízenergia).

A következő táblázat áttekintést nyújt a különböző erőforrásokból közepes szinten termelt energiáról a szélsőséges januári helyzetben. A szél- és napenergiának meglehetősen alacsony az aránya. Ettől függetlenül még mindig megújuló energiaforrások biztosítják a szükséges energia 84%-át nagy arányú biomassza és vízenergia felhasználásával. Mindössze az energia 16%-át kell hagyományos forrásokból biztosítani.

8. táblázat: (közepes szinten) termelt energia MW-ban, és a felhasznált energiaforrások szélsőséges helyzetben

Szárazföldi szél	36 260	9%
Tengeri szél	30 469	7%
Napenergia (PV)	22 220	5%
Geotermikus energia	32 469	8%
Biomassza	83 510	21%
CSP erőművek	38 592	9%
Hullám/árapály	7214	2%
Folyóvíz-energia	24 020	6%
Szivattyús-tározós vízerőmű	65 295	16%
Hagyományos	66 313	16%
Összesen	406 362	100%

forrás ENERGYNAUTICS

Ismét rendelkezésre áll többletenergia, amelyet raktározni lehet. Az alábbi táblázat áttekintést ad az esemény ideje alatti maximális többletenergiáról. Ebben az esetben a napenergia többlet alacsonyabb az előzőekben megvizsgált esetekhez képest.

9. táblázat: a többletenergia maximuma MW-ban a szélsőséges helyzet különböző óráiban

Maximális szárazföldi szél	30 856
Maximális tengeri szél	58 049
Maximális napenergia	28 695
Maximális összesen	117 600

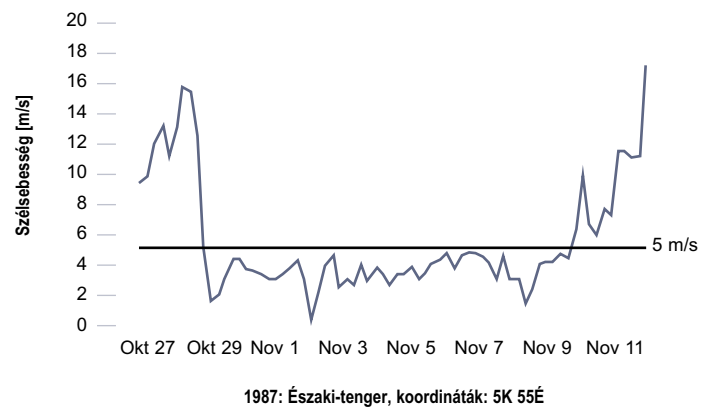
forrás ENERGYNAUTICS

extrém őszi helyzet (1987. november)

A tervezett továbbfejlesztett hálózatot a harmadik szélsőséges időjárási helyzetben is teszteltük, ami 1987 novemberében volt.

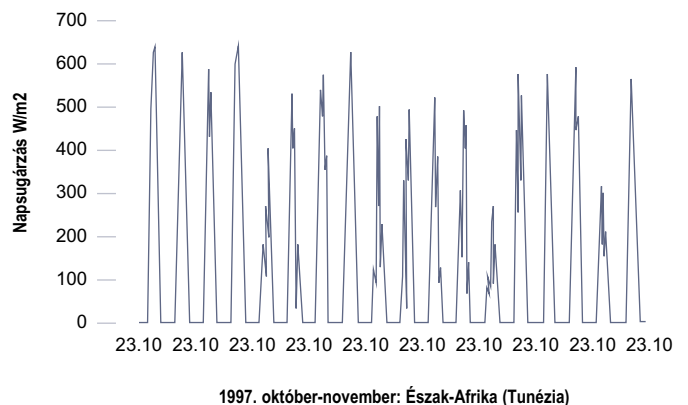
Novemberben a napenergia jelentős mértékben lecsökken, mert a napsugarak beesési szöge kicsi. 1987 novemberében ugyanez volt a helyzet, de ráadásul mintegy 12 napon át a szél is alig lengedezett. Az Energia[forradalom] forgatókönyv szerves részét képezi az előbb említett mindkét energiaforrás, ezért ez a helyzet kritikusan érinti az egész energiahálózatot.

49. ábra: az Északi-tengeren mért szélsősebesség 1987 okt./nov. hónapokban (szélsőséges téli helyzet)



forrás NCEP

50. ábra: a napsugárzás Észak-Afrikában (Tunézia) 1997 okt./nov. hónapokban (szélsőséges téli helyzet)



forrás SATEL-LIGHT

Az alábbi táblázatban a helyzet további jellemzőit mutatjuk be.

9. táblázat: a szélsőséges novemberi helyzet jellemzői (rendelkezésre álló energia MW-ban)

	CSÚCS	ÁTLAG	ALACSONY
Igény	441 199	358 810	257 437
Legmagasabb érték %-a	82%	67%	48%
Egyéb megújuló energia	444 999	212 189	112 415
Meglévő kapacitás %-a	49%	24%	12%
Széleresia	236 075	94 871	34 910
Meglévő kapacitás %-a	62%	25%	9%
Napenergia	200 106	44 264	0
Meglévő kapacitás %-a	52%	12%	0%

forrás ENERGYNAUTICS

eredmények

A HVAC hálózat megerősítése és a 2. fejezetben bemutatott szuperhálózat tervezet szerinti kiépítése esetén az elektromos rendszer ezzel a helyzettel is képes megbirkózni. Nincs szükség semmi másra ahhoz, hogy a „lámpákat égve tarthassuk” ebben a rendkívüli helyzetben is.

Az alábbi táblázat áttekintést nyújt a szélsőséges helyzetben felhasználható energiaforrásokról. A rendelkezésre álló szél- és napenergia nyilván elég kicsi, a biomassza aránya azonban magas. Ebben az esetben az energia 17%-át biztosítja hagyományos erőmű.

10. táblázat: (közepes szinten) termelt energia MW-ban, és a felhasznált energiaforrások szélsőséges novemberi helyzetben

Szárazföldi szél	34 508	10%
Tengeri szél	26 654	8%
Napenergia (PV)	33 130	10%
Geotermikus energia	29 166	8%
Biomassza	73 670	21%
CSP erőművek	9 284	3%
Hullám/árapály	6 803	2%
Folyóvíz-energia	22 057	6%
Szivattyús-tározós vízerőmű	50 709	15%
Hagyományos	58 394	17%
Összesen	344 375	100%

forrás ENERGYNAUTICS

Bár vannak olyan területek, ahol nincs elegendő áram, más területeken többlet energia is termelődik. Az alábbi táblázat áttekintést ad a különböző energiaforrások által megtermelt maximális többlet értékeiről.

11. táblázat: a többletenergia maximuma MW-ban a novemberi szélsőséges helyzet különböző óráiban

Maximális szárazföldi szél	42 922
Maximális tengeri szél	69 541
Maximális napenergia	66 400
Maximális összesen	153 253

forrás ENERGYNAUTICS

kép NAGYFESZÜLTSGÜ ELEKTROMOS TARTÓOSZLOP EGY SZŐLŐÜLTETVÉNY FÖLÖTT. HA AZ ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET 2°C-KAL NÖVEKSZIK, AKKOR FRANCIAORSZÁG KÉNYTELEN LESZ MIND AZ ÜLTETETT, MIND A TERMÉSZETES ÖKOSZISZTÉMÁIT FÖLDRAJZILAG ÁTTELEPÍTENI, ÉS ENNEK HATÁSAI A BORTERMELÉS FENNTARTHATÓSÁGÁT TEKINTVE KATASZTROFÁLISAK LESZNEK.



4.5 további szimulációk arra az esetre, ha csak kis mértékben lesz napsugárzás (2030-as forgatókönyv), és nem állnak rendelkezésre tárolókapacitások

A 2050-es helyzetkép mellett, a szélsőséges időjárási eseményeket 383 GW-ról 211 GW-ra csökkentett beépített napenergia kapacitással modelleztük (2030-as helyzetkép), azért, hogy csökkentsük a többlet napenergia termelést, amikor nincs elég tárolókapacitás. Amennyiben azokon a helyeken, ahol egyéb megújuló energiaforrások is rendelkezésre állnak, szisztematikusan csökkentjük a napenergia mennyiségét, a javasolt energiarendszer a megerősítésekkel és szuperhálózati fejlesztésekkel még szélsőséges időjárási körülmények között is képes megbirkózni a helyzettel.

A szimulációs eredmények azt mutatják, hogy a napenergia-kapacitás 211 GW fölé emelése csak akkor ésszerű, ha nagymennyiségű tárolókapacitás áll rendelkezésre. Ezeket a tározókat úgy kell méretezni, hogy kb. 12 órányi mennyiséget tudjanak raktározni, annak érdekében, hogy az energiatermelést el lehessen tolni a nap közbeni időpontról az esti vagy éjszakai órákra. A tároló létesítmények ilyen mértékű felhasználását nem vizsgálja a jelen tanulmány, de a jövőbeli tanulmányokban erre is ki kell majd térni, valamint arra, hogy hol célszerű a megújuló energián alapuló generátorokat elhelyezni, és a rendszer mely részeit kell megerősíteni.

szélsőséges januári helyzet (1997) – kevesebb napenergia

Az elektromos hálózat további tesztelése érdekében a korábban leírt szélsőséges téli időjárást vettük alapul, és modelleztük a rendelkezésre álló energiát csökkentett napenergia esetén (a működő telepített kapacitásnak csak kis hányadát véve alapul).

12. táblázat: a szélsőséges téli helyzet jellemzői 1997 januárjában – csökkentett napenergiával (rendelkezése álló energia MW-ban)

	CSÚCS	ÁTLAG	ALACSONY
Igény	491 064	406 098	311 837
Legmagasabb érték %-a	91%	75%	58%
Egyéb megújuló energia	304 312	180 864	108 067
Meglévő kapacitás %-a	42%	25%	15%
Széleresia	184 042	96 236	34 407
Meglévő kapacitás %-a	48%	25%	9%
Napenergia	81 909	11 435	0
Meglévő kapacitás %-a	39%	5%	0%

forrás ENERGINAUTICS

A 191 GW-ot mérő alapszimulációval (7. táblázat) összehasonlítva, ebben a szélsőséges helyzetben csak 82 GW napenergia áll rendelkezésre.

Az alábbi táblázat egy szélsőséges januári helyzetben különböző forrásokból megtermelt energia átlagos értékét mutatja be.

13. táblázat: (átlagosan) termelt energia MW-ban, és a felhasznált energiaforrások a szélsőséges helyzetben

Szárazföldi szél	36 954	9%
Tengeri szél	30 394	7%
Napenergia (PV)	11 129	3%
Geotermikus energia	33 220	8%
Biomassza	85 930	21%
CSP erőművek	41 427	10%
Hullám/árapály	7 266	2%
Folyóvíz-energia	24 557	6%
Szivattyús-tározós vízerőmű	68 362	17%
Hagyományos	67 172	17%
Összesen	406 412	100%

forrás ENERGINAUTICS

Az alábbi táblázat áttekintést ad a különböző energiaforrások által a szélsőséges helyzetben megtermelt maximális többlet értékeiről. A napenergia-többlet értéke összehasonlításra kerül a nem csökkentett helyzetképpel, ahol 27 GW-ról mindössze 5 GW-ra csökkent az érték.

14. táblázat: a többletenergia maximuma MW-ban a szélsőséges helyzet különböző óráiban

Maximális szárazföldi szél	31 112
Maximális tengeri szél	58 265
Maximális napenergia	4 909
Maximális összesen	102 414

forrás ENERGINAUTICS

extrém augusztusi helyzet (2003) – csökkentett napenergia

Ezt a szélsőséges helyzetet a dokumentum fő részében részletesen bemutattuk. A mostani szimulációhoz a napenergiából előállított áram mennyiségét 383 GW-ról 211 GW-ra csökkentjük.

Az alábbi táblázat bemutatja ennek a helyzetnek a jellegzetességeit, csökkentett napenergia mellett.

15. táblázat: a 2003. augusztusi szélsőséges nyári helyzet jellemzői csökkentett napenergia mellett MW-ban (rendelkezésre álló energia)

	CSÚCS	ÁTLAG	ALACSONY
Igény	355 584	207 067	0
Legmagasabb érték %-a	66%	38%	0%
Egyéb megújuló energia	271 333	148 631	82 709
Meglévő kapacitás %-a	37%	20%	11%
Széleresia	119 603	431 661	17 538
Meglévő kapacitás %-a	81%	29%	12%
Napenergia	146 509	45 881	0
Meglévő kapacitás %-a	69%	22%	0%

forrás ENERGYNAUTICS

Az alábbi táblázat áttekintést ad a különböző energiaforrásokból előállított átlagos energiamennyiségekről a szélsőséges augusztusi helyzetben.

16. táblázat: (közepes szinten) termelt energia MW-ban, és a felhasznált energiaforrások a szélsőséges helyzetben

Szárazföldi szél	14 606	4%
Tengeri szél	13 253	4%
Napenergia (PV)	36 586	10%
Geotermikus energia	31 404	9%
Biomassza	67 751	19%
CSP erőművek	13 459	4%
Hullám/árapály	22 315	6%
Folyóvíz-energia	62 012	18%
Szivattyús-tározós vízerőmű	51 232	15%
Hagyományos	40 077	11%
Összesen	352 696	100%

forrás ENERGYNAUTICS

Az alábbi táblázat áttekintést ad a szélsőséges helyzetben megtermelt maximális többletenergia értékeiről. A napenergia-többlet értéke összehasonlításra kerül a nem csökkentett helyzetképpel, a 117 GW-ról mindössze 51 GW-ra csökkentett értékkel. Mint ennek a fejezetnek az elején említettük, az ezen energiaforrás által megtermelt nagy mennyiségű energiát el lehet raktározni, és egy későbbi időben felhasználni. Ezzel a hagyományos energia mennyiségét tovább lehet csökkenteni.

17. táblázat: a többletenergia maximuma MW-ban a szélsőséges helyzet különböző óráiban

Maximális szárazföldi szél	19 954
Maximális tengeri szél	44 479
Maximális napenergia	51 394
Maximális összesen	102 317

forrás ENERGYNAUTICS

rövid távú kérdések

A javasolt szuperhálózatot úgy kell megtervezni, hogy a szárazföldi kapcsolódás zavara (szárazföldi szuperhálózat), vagy egy 5000 MW-os szélfarm kiesése esetén (a tengeri szuperhálózat egy része kiesik a termelésből) a szuperhálózat a többi kapcsolódás által ki legyen egyenlítő (N-1). Ez azt jelenti, hogy egy ilyen esetben az energiaellátás tovább folytatódik. Az (N-1) biztonság mellett a szuperhálózat az előzőekben ismertetett szélsőséges viszonyok mellett is működőképes marad, amire valószínűleg 40 évenként csak egyszer kerül sor. Nagyon valószínűtlen, hogy egyszerre következzen be hálózati fennakadás és szélsőséges időjárási helyzet.

4.6 a szuperhálózati javaslat

A jelen tanulmányban ismertetett helyzetképek alapján javaslatot teszünk a meglévő európai elektromos hálózat (HVAC) megerősítésére, és egy új HVDC szuperhálózat kiépítésére, amely az energiát a forrásától egyenesen a nagy népsűrűségű területekre továbbítja, így nem kell az áramnak a meglévő hálózaton keresztül haladnia.

A Spanyolország és Franciaország, Olaszország és Franciaország, Románia és Lengyelország, Svédország és Lengyelország, valamint az Írország és Nagy-Britannia között lévő hálózati kapcsolatokat kell megerősíteni (48. ábra). A 4.7 részben részletezzük a beruházással járó költségeket és egyéb részleteket.



A szuperhálózat egy közép-európai HVDC rendszer, amely az észak-afrikai (koncentrált napenergia) és a skandináv (vízi) energiaforrásokhoz kapcsolódik. Az alábbi ábra a javasolt szuperhálózatot mutatja be, amely

tartalmazza az északi-tengeri hálózatot a Greenpeace javaslata alapján, egy korábbi tanulmányra alapozva.³² A következő részben felsoroljuk, hogy a teljes HVDC hálózathoz milyen kapcsolatok szükségesek, és ezek milyen költségekkel járnak.

51. ábra: a javasolt szuperhálózat térképe



4.7 költségbecslés

A következő táblázat felsorolja a megerősítésre váró kapcsolatokat (lásd még 45. ábra), és áttekintést ad a szükséges további kapacitásokról és a távolságokról.

A megerősített kapcsolatok összköltsége kb. 3 milliárd euró.

18. táblázat: megerősített HVAC kapcsolatok

	TOVÁBBI KAPACITÁS/MW	TÁVOLSÁG/KM
Ausztria – Csehország	3400	131
Belgium – Hollandia	1700	100
Csehország – Lengyelország	1700	118
Franciaország – Spanyolország (1)	5100	450
Franciaország – Spanyolország (2)	3400	312
Németország – Hollandia	1700	93
Csehországon belül	1700	125
Franciaországon belül (1)	3400	237
Franciaországon belül (2)	3400	250
Franciaországon belül (3)	1700	175
Franciaországon belül (4)	3400	325
Olaszországon belül (1)	1700	250
Olaszországon belül (2)	5100	531
Olaszországon belül (3)	1700	250
Románián belül	1700	250
Szlovákián belül	1700	93
Olaszország – Franciaország	5100	260
Olaszország – Svájc	1700	218
Norvégia – Svédország	1700	218
Norvégia – Finnország	500	562
Románia – Ukrajna	1700	106
Szlovákia – Lengyelország	1700	125
Szlovákia – Ukrajna	1700	75
Svájc – Franciaország	1700	93
	58 300	5347

forrás ENERGYNAUTICS

A következő táblázat áttekintést ad az északi-tengeri hálózat szükséges további kapacitásáról és a távolságokról, valamint néhány kiválasztott HVDC kapcsolatról (17. táblázat). Ennek a becsült összköltsége kb. 16 milliárd euró, amely összhangban van a Greenpeace Energia[forradalom] című tanulmányában felvázolt tengeri hálózat költségeivel.

19. táblázat: új vagy megerősített HVDC kapcsolatok

	TOVÁBBI KAPACITÁS/MW	TÁVOLSÁG/KM
Belgium – Franciaország	1000	200
Belgium - Egyesült Királyság	1000	250
Belgium – Hollandia	1500	125
Dánia – Németország	2500	200
Kelet – Nyugat összekötő	500	250
Egyesült Királyság – Németország	3500	375
Egyesült Királyság – Norvégia (1)	3000	675
Egyesült Királyság – Norvégia (2)	3000	875
Németország – Norvégia	1000	550
Németország – Hollandia	1500	325
Egyesült Királyságon belül (1)	1000	200
Egyesült Királyságon belül (2)	3500	125
Németországon belül (1)	1000	250
Németországon belül (2)	1000	225
Németországon belül (3)	600	125
Moyle Interconnector	760	125
Svédország – Lengyelország	1200	250
	27 560	5125

forrás ENERGYNAUTICS



Az alábbiakban bemutatjuk az európai szuperhálózat tervezett kapacitását, a távolságokat és a feltételezett költségeit. A költségeket a HVDC VSC (említik még HVDC light vagy HVDC plus-ként is) rendszer alapján számoltuk ki. Ez a technológia némileg költségesebb, de nagy előnye az, hogy képes a rendszer stabilitásához hozzájárulni azáltal, hogy reaktív energiát tud átadni a HVAC hálózatnak, és így eleve jobb minőségű HVDC hálózatot jelent. Azonban további kutatásokra van szükség a hálózat valós költségeinek megállapításához, különös tekintettel az Európában rendelkezésre álló tárolókapacitásra például elektromos járművek által. Az energiatermeléshez használt erőforrások további optimalizálásával jelentősen csökkenthetők a hálózatbővítési költségek és az Észak-Afrikát Európával összekötő kapcsolat kapacitása. Egy optimalizálási tanulmányra lesz szükség annak eldöntése érdekében, hogy további tárolókapacitás vagy több HVDC kapcsolat kiépítésébe érdemes inkább pénzt fektetni.

További optimalizálás nélkül az Észak-Afrikát Közép-Európával összekötő kapcsolat kapacitása 55 GW. Ez picit kevesebb, mint az Energia[forradalom] tanulmányban megjelölt 60 GW. Szélsőséges helyzetben maximum 35 GW CSP energiát használ fel a rendszer afrikai forrásból. Ennek a többlettermelésnek egy része a hálózat és a konverterek által okozott veszteséget egyenlíti ki. A kiépített kapacitás egy része nem fogja leadni a névleges teljesítményt a karbantartási munkálatok és a felhős idő miatt. Az N-1 biztonság figyelembevételével lehet meghatározni azt, hogy milyen kapacitású CSP erőművet kell kiépíteni: három fő HVDC kapcsolat van (Spanyolország, Olaszország, Görögország), és három fő termelési terület (Marokkó, Tunézia, Egyiptom).

- Mintegy 15 új HVDC „szuperhálózat” kapcsolat,
- Európán belül: legalább 11 kapcsolat legalább 6000 km hálózattal, kb. 100 milliárd eurós költséggel,
- Európa és Afrika között: A szükséges összeköttetés kapacitása nagymértékben függ az importált CSP energia mennyiségétől és az Európában rendelkezésre álló tárolókapacitásoktól. További optimalizálás és tárolók kiépítése nélkül, 4 HVDC vonalra van szükség, 5500 – 6000 km hosszúságban kb. 90 milliárd euró költség mellett, vagy évi 5225 milliárd euró költséggel 2050-ig. A Greenpeace Energia[forradalom] tanulmányában részletezett energiafogyasztás mellett ez mintegy 0.15 eurócent/kWh költséget jelentene 40 évig.

A fenti költségeknél nem valószínű, hogy a beruházás valós költségei magasabbra rúgnak. A felhasznált megújuló energiaforrások kismértékű módosításával, optimalizálásával és/vagy több tárolókapacitás létesítésével a hálózatfejlesztési költségek csökkenthetők.

4.8 felhasznált irodalom

- 1 energy [r]evolution report 2009, www.energyblueprint.info/fileadmin/media/documents/energy_revolution2009.pdf
- 2 MED-CSP jelentés, www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Reforrass/dokumente/institut/system/projects/MED-CSP_Full_report_final.pdf
- 3 Trade-Wind: Integrating Wind - Developing Europe's power market for the large scale integration of wind power, www.trade-wind.eu/fileadmin/documents/publications/Final_Report.pdf
- 4 NCEP-2 Reanalysis data provided by NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, www.cdc.noaa.gov
- 5 Solar radiation data provided by S@tel-Light, www.satellight.com
- 6 Biomass potential in Europe, <http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2132>
- 7 ETSOVista: ENTSO-E - European Network of Transmission System Operators for Electricity, www.etsovista.org
- 8 Zhou, Bialek 'Approximation Model of European Interconnected System as a Benchmark System to Study Effects of Cross-Border Trades', IEEE Transactions on Power Systems, Mai 2005
- 9 European Commission: Eurostat - Population, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/population/introduction>
- 10 Operational Security, www.entsoe.eu/_library/publications/ce/oh/Policy3_final.pdf
- 11 Energia[forradalom]: Jelentés az északi-tengeri elektromos hálózatokról, www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/energie/offshorewindgrid_final.pdf
- 12 Wind power to combat climate change - How to integrate wind energy into the power system, published by Energinet.dk, the Danish TSO, www.energinet.dk/NR/rdonlyres/3097FD4E-F82A-43D0-BBD9-8BF07C349474/0/Windpowermagazine.pdf
- 13 Wind Power in Power Systems, Editor: Thomas Ackermann, Wiley & Sons, 2005. www.windpowerinpowersystems.info

5

„az kereslet oldali szabályozás területén a háztartási és ipari fűtés-hűtésben rejlik a legnagyobb lehetőség”



1. melléklet: definíciók

Az **energiarendszer-felügyelet** általában az energiarendszer pillanatnyi egyensúlyának megőrzését jelenti. Az **energiarendszer-üzemeltetés** általában az energiarendszer berendezéseinek rövid távú beavatkozásaiból áll, amelyeknek a célja a kívánt üzemi pont külső és belső zavarainak csökkentése. Például: egy feszültségszabályozó felügyeleti szerepet lát el akkor, amikor a kimeneti feszültséget szabályozza annak érdekében, hogy a terminális feszültség megegyezzen a kívánt értékkel, egy szinkrongenerátor termináljának esetleges eltérése esetén. Az energiarendszer egy tipikus felügyeleti beavatkozása a generátor alapjelének a szándékos módosítása.

Az **energiaminőség** azt méri, hogy a rendelkezésre álló áramkínálat milyen minőségben szolgálja ki a csatlakoztatott egységeket. A minőséget általában a harmonikus oszcillációval, a feszültségingadozással, az ellátási frekvenciával, az áramkimaradásokkal, a feszültség leesésével és a fennakadásokkal jellemzik.

Az **elektromos rendszer megbízhatósága** két összetevőből áll: a megfelelőségből és a biztonságból. A megfelelőség azt jelenti, hogy a rendszer minden időben képes az ügyfelek követelményeinek megfelelően energiát biztosítani, a rendszer létesítményeinek tervezett és nem tervezett leállításaitól függetlenül. A biztonság a rendszer azon tulajdonságára utal, hogy képes ellenállni olyan, hirtelen keletkező zavaroknak, mint például az elektromos rövidzárlat vagy a rendszer egyes részeinek váratlan leállása. A megbízhatóságot általában az évenként bekövetkező áramkimaradások gyakoriságával és időtartamával jellemzik.

Az **ellátás biztonsága** szoros összefüggésben van a rendszer megbízhatóságával, és általában ugyanaz a két dolog jellemzi: az energiarendszer működési biztonsága, vagyis a biztonságos mindennapi működés garantálása, illetve az ellátás hosszú távú biztosítása, amelynek a fő célja a megfelelő hosszú távú energiatermelési kapacitás és energiaátvitel fenntartása.

A **kiegészítő szolgáltatások** minden időben fenntartják az elektromos rendszer fizikai egyensúlyát, és megőrzik az elektromos áram minőségét. A kiegészítő szolgáltatásoknak három kategóriája van:

A **frekvenciafelügyelő kiegészítő szolgáltatások (FCAS)** az energiarendszer frekvenciáját tartják fenn, egyensúlyban tartva a keresletet és kínálatot.

A **normál üzemi tartalékok** olyan FCAS típusú kiegészítő szolgáltatások, amelyek segítenek abban, hogy a normál üzem minden időben fenntartható legyen. Például segítenek az előrejelzett szélerőenergia és a valós szélerőenergia közötti különbséget kiegyensúlyozni. Általában a normál üzemi tartalékoktól elvárt, hogy az értesítést követő 15-30 percen belül teljes kapacitással üzemeljenek.

A **működési zavar esetén felhasználandó tartalékok**, olyan FCAS típusú kiegészítő szolgáltatások, amelyeket például egy elektromos kábel meghibásodása vagy egy termelőüzem leállása esetén bekövetkező üzemzavar esetén használnak fel azzal a céllal, hogy a lehető legrövidebb időn belül visszaálljon az energiahálózat működése. A működési zavar esetén felhasználandó tartalékok méretezését a legrosszabb helyzet figyelembevételével végzik, ami lehet például az egyik legnagyobb termelőüzem leállása. Általában a működési zavar esetén felhasználandó tartalékok mindig üzemben vannak, hogy szükség esetén azonnal rendelkezésre állhassanak.

A **hálózatzafelügyeleti kiegészítő szolgáltatások (NCAS)** az ellátás minőségének biztosításával kapcsolatos szolgáltatások, amik nem a frekvenciát felügyelik, hanem például a feszültséget. Az NCAS szolgáltatások legnagyobb részét csakis helyileg lehet biztosítani. A elosztó rendszerek esetében ezt a szolgáltatást általában teljes egészében egy erre a célra létesített berendezés végzi, például speciális transzformátorok vagy kapacitásbankok általi feszültségellenőrzés, mert a helyi áramtermelés és ügyfelek csak igen ritkán képesek ilyen szolgáltatást nyújtani. Az átviteli rendszerekben jelenleg a nagy, hagyományos erőművek látják el az NCAS feladatait.

A **rendszer helyreállítási kiegészítő szolgáltatások (SRAS)** a rendszer meghibásodása utáni helyreállításával vagy újraindításával kapcsolatos feladatok. Jelenleg az ilyen szolgáltatásokat általában a nagy hagyományos erőművek végzik.

2. melléklet: hálózati szabályozás

A hálózatrányítók (TSO-k) és/vagy az elosztó hálózatkezelők (DSO-k) ügyfelekkel (energiatermelő üzemek, fogyasztók stb.) való kapcsolatára különböző szabályok vonatkoznak. Az ilyen szabályoknak a célja a hatékony és megbízható energiatermelés, szétosztás és átvitel biztosítása, valamint az energiaszektorban tevékenykedő személyek jogainak és felelősségeinek a szabályozása.

Az energiatermelőkre vonatkozó szabályok általában tartalmazzák az alábbiakat:

- Beindulási és leállási időtartam szabályozása, vagyis a generátoroknak nem szabad túl gyorsan beindulniuk vagy leállniuk;
- A frekvencia helyreállításának a támogatása olyan esetben, amikor felborul a kereslet és kínálat aránya;
- Az energiaminőség bizonyos szabályait, például egy adott feszültségszint tartását;
- A feszültségellenőrzés támogatását, hogy a rendszer feszültsége az előre meghatározott értékek között mozogjon;
- Kapcsolatban maradni az energiarendszerrel még meghibásodás esetén is.

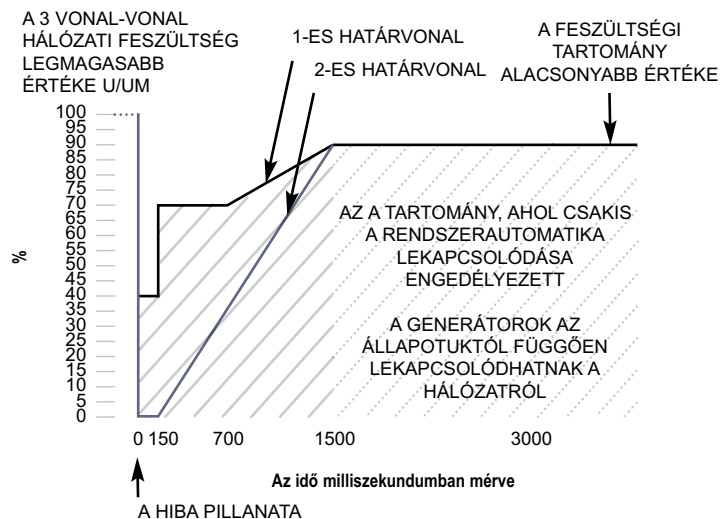
A szélerőművek esetében az ilyen szabályokat 5-10 évvel ezelőtt vezették be a legtöbb országban, és ma az új szélerőművek általában képesek a szabályok betartására. A hálózati szabályok betartásának kulcsfontosságú részei az 1. mellékletben felsorolt ellenőrző funkciók.

A szélerőművekkel és a hálózati szabályokkal kapcsolatos egyik fontos követelmény az, hogy az áramtermelő egység meghibásodás esetén is kapcsolatban tudjon maradni – még akkor is, ha a hálózat valami miatt nem megfelelően működik –, hogy a hiba elhárítása után a szélerőmű azonnal (általában kevesebb mint 400 milliszekundumon belül) tudja folytatni az áram kézbesítését. A legtöbb országban a hagyományos erőművek esetében is hasonló követelmények vannak. Ez a követelmény különösen olyan energiarendszerek esetében fontos, amelyekben nagy arányú a szélerenergia, mert ellenkező esetben egy apró helyi rendszerhiba esetén is nagyszámú szélbáturina eshetne ki a termelésből.

Az alábbiakban bemutatjuk, hogy milyen elvárásokat támasztanak a német nagyfeszültségű hálózat felé:

- A hálózati zavarok miatti feszültségcsökkenés az 1-es határvonal (52. ábra) mélységét és időtartamát meghaladóan nem eredményezheti azt, hogy a szélbáturina lecsatlakozzon a hálózatról.
- Amennyiben feszültségcsökkenés áll be az 1-es és 2-es határvonal között, a hálózatkezelővel kötött megállapodás alapján a hálózatról történő rövid ideig tartó lecsatlakozás megengedett.
- A 2-es határvonal alatt mindig megengedett a hálózatról történő rövid ideig tartó lecsatlakozás.

52. ábra: hálózati csatlakozással kapcsolatos követelmények a német nagyfeszültségű hálózatban a szélbáturinákra vonatkozóan



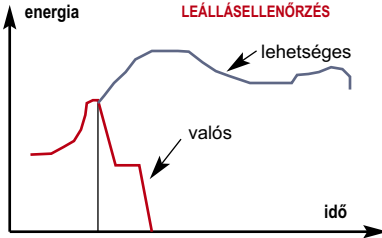
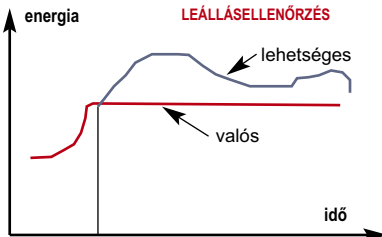
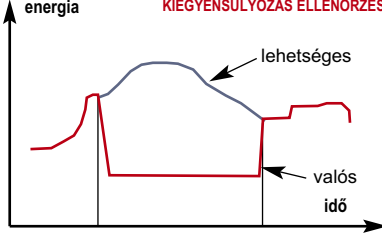
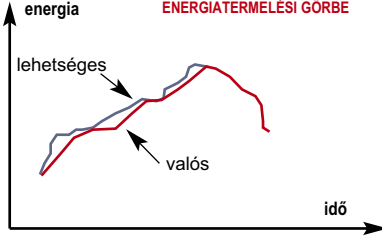
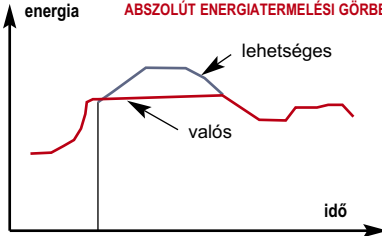
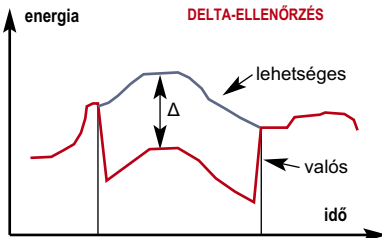
forrás TRANSMISSION CODE 2007, NETWORK AND SYSTEM RULES OF THE GERMAN TRANSMISSION SYSTEM OPERATORS, VDN, AUGUST 2007

3. melléklet: új szélbáturinavezérlő funkciók

Az új szélbáturinákkal kapcsolatos funkciók azt jelentik, hogy a szélbáturinák csak az adott pillanatban lévő maximális energiatermelő potenciáljuknál valamennyivel kisebb teljesítménnyel működhetnek, tartalékokat képezve. Ennek a korlátozásnak az előnye az, hogy rendelkezésre áll tartalékkapacitás, amelyet rendkívül gyorsan fel lehet használni kiegyensúlyozásra vagy frekvenciaszabályozásra (lásd még 53. ábra). A csúcsteljesítmény lecsökkentésével a szélerenergia jelenleg az egyik leggyorsabban szabályozható megújuló energiaforrás. A 160 MW teljesítményű Horns Rev tengeri szélbáturina például zéró teljesítményről kb. 8 másodpercen belül képes 160 MW teljesítményre „felpörögni” megfelelő szél esetén. Ezek az indítási értékek hasonlóak – ha nem jobb – a hagyományos gázérművek beindulási teljesítményeihez.

Ennek a megközelítésnek az előnye az, hogy a szélerenergiát felhasználó erőművek műszaki paraméterei hasonlóak a hagyományos erőművekhez. A hátrány a csökkentett hatékonyság, mert csak akkor lehet a termelési értékeket megemelni, ha megfelelő szélerenergia áll rendelkezésre.

53. ábra: az új szélturbinák ellenőrzési módszerei

ELLENŐRZÉS MÓDJA	CÉL	ELSŐDLEGES ELLENŐRZÉSI CÉL
Rendszervédelem	Olyan védelmi funkció, amely képes automatikusan alacsonyabb szintre állítani az energiatermelést az elektromos hálózat által elfogadható értékre. A rendszer összeomlásának elkerülése miatt ezt gyorsan kell megtenni.	
Frekvenciaszabályozás	Minden termelőegységnek támogatnia kell a frekvencia-szabályozást méréseken alapulva.	Az energiatermelés automatikus szabályozása a frekvenciaméréseken alapulva, a névleges frekvencia visszaállításához.
Leállásellenőrzés	A szélfarmnak az adott szinten kell tartania az energiatermelést, akkor is, ha nő a szélesebesség.	
Egyensúly ellenőrzése	Az energiatermelés szintjét azonos mértékekben kell növelni, vagy csökkenteni.	
Termelési szint	Azt állítja be, hogy milyen gyorsan lehet az energiatermelést fel- vagy leszállítani.	
Abszolút termelési határ	A PCC maximális termelési szintjét határozza meg a rendszertúlterhelés elkerülése céljából.	
Delta-ellenőrzés	A szélfarm csakis az adott pillanatban lévő maximális energiatermelő potenciáljától valamivel kisebb teljesítménnyel működhet.	

4. melléklet: kereslet oldali szabályozás

Az kereslet oldali szabályozás (DSM) azt jelenti, hogy az elektromos ipar aktívan kiveszi a részét az elektromos igények szabályozásából, beleértve az ügyfeleket is, annak érdekében, hogy befolyásolja az elektromos áram felhasználásának mennyiségét és időzítését. A DSM azonban általában nem foglalja magában a megzavarható terheléseket, például vészhelyzetben, a rendszer kiegyensúlyozása céljából. A DSM háttérében általában gazdasági megfontolások állnak, és nem a független hálózatkezelők (ISO) vagy átviteli rendszerkezelők (TSO) felügyelik.

A DSM mind az ipari, mind a lakossági felhasználók körében használatos. A fő cél a felhasználás rugalmasság tétele, annak érdekében, hogy az energiahálózat változásaira jobban lehessen reagálni. A DSM segít az energiarendszer kiegyensúlyozásában, például a változó energiaforrások előrejelzési hibája esetén vagy az olyan kiegészítő szolgáltatások biztosítása esetén, mint például a tartalékok képzése (frekvenciaváltozás esetén az elektromos eszközök ki- és bekapcsolásával lehet leggyorsabban kiegyensúlyozni az energiahálózatot).

Az kereslet oldali kezelés területén a háztartási és ipari fűtés-hűtésben rejlik a legnagyobb lehetőség. Az ilyen eszközök gyakorlatilag rövid távú hőtárolóként is üzemeltethetők. Például egy hűtőszekrényt vagy egy nagy ipari hűtőházat több fokkal alacsonyabbra is le lehet hűteni a reggeli időszakban, hogy a megújuló energiaforrások csökkentett rendelkezésre állása esetén ne kelljen ilyen célra energiát felhasználni (ami egyébként sokba is kerülne piaci alapon működő elektromos rendszer esetén).

A helyiségek fűtése és hűtése esetében néhány fok rugalmasságra mindaddig lehetőség van, ameddig a helyiség hőmérséklete és páratartalma az emberek komfortzónájának megfelelő. Például egy adott épületben lévő légkondicionáló egységeket össze lehet úgy hangolni, hogy az épület összes energiaigénye bizonyos időszakokban csökkentve legyen. Az ilyen szabályozást egy központi vezérlőegység végezhetné, amely a hőmérsékletet le és fel tudná állítani a hálózat állapotának megfelelően. Az otthonokban vagy irodákban lévő elektromos berendezések közül nem lehetne mindet egyszerre üzemeltetni a megújuló energia rendelkezésre állásától függően, de még így is rendkívül nagy a lehetőség.

A 20. táblázat az USA, Japán és Németország lakosságiáram-felhasználását mutatja be, és azt, hogy ennek a fogyasztásnak mekkora mértékét lehetne szabályozni. A beépített kapacitás 28,5%-a és 55%-a közötti kapacitást lehetne szabályozni, ami a teljes fogyasztás 7,6–19,2%-át jelenti. Az országok közötti jelentős eltéréseket a különböző helyi hatások okozzák, például Japánban az elektromos fűtés nem olyan gyakori, mint az USA-ban vagy Németországban. Míg az USA-ban lehetőség van nappali árammal is fűteni a csúcsidőszakokban, addig Németország már most is jellemzően éjszakai árammal fűtött tárolókapacitásos megoldásokat használ, ezáltal nem nagyon lehet tovább csökkenteni az erre célra fordított nappali energia mennyiségét.

20. táblázat: a potenciális lakosságiáram-fogyasztás áttekintése

	USA	JAPÁN	NÉMETORSZÁG
Az össz. energiafogyasztás lakossági része	35% (1124 TWh)	26,9% (252 TWh)	26,7% (130 TWh)
Nem szabályozható^a	A lakossági felhasználás hányada:		
Elektromos kotatsu	-	3,8%	-
Fűtés	3%	3,1%	7,9%
Porszívózás	-	2,6%	3%
Fűtött WC-ülőkék	-	3,8%	-
Elektronikai berendezések	-	2,9%	-
TV, audio, video, PC	11%	1,9%	-
Televízió	-	-	5,9%
Világítás	3%	9,4%	-
Fűtő ventilátor	9%	15,5%	7,1%
Motor	2%	-	-
Ventilátor	9%	-	-
Egyéb	-	11,9%	20%
Nem szabályozható összesen:	37%	54,9%	44,2%
Részben szabályozható^b	A lakossági felhasználás hányada:		
Konyhai vízforraló	-	-	2,7%
Mosógép	1%	1%	3,6%
Szárítógép	6%	2,5%	2,4%
Mosogatógép	1%	0,9%	2,8%
Éjszakai elektromos fűtés	-	-	14,8%
Össz. részben szabályozható:	8%	4,4%	26,3%
Szabályozható^c	A lakossági felhasználás hányada:		
Hűtőszekrény	11%	17,2%	8,1%
Fagyasztó	3%	-	8,8%
Fűdősobai bojler	-	-	8,8%
Vízfűtés	10%	-	-
Légkondicionálás	13%	23,5%	-
Elektromos fűtés	18%	-	2,8%
Szabályozható összesen:	55%	40,7%	28,5%
A szabályozható fogy. %-ban az össz. fogyasztáshoz képest	19,2%	10,9%	7,6%
A szabályozható és részben szabályozható terhelés %-ban az össz. fogyasztáshoz képest	22%	12,1%	14,6%

megjegyzések

^a A FOGYASZTÓK NAGY VALÓSZÍNŰSÉG SZERINT NEM FOGNAK SEMMILYEN IGÉNY OLDALI KEZELÉST ELFOGADNI AZ ILYEN FELHASZNÁLÁSOKKAL KAPCSOLATBAN.

^b A FOGYASZTÓK RÉSZBEN ELFOGADNAK MAJD KERESLET OLDALI KEZELÉST AZ ILYEN FELHASZNÁLÁSOKKAL KAPCSOLATBAN.

^c A FOGYASZTÓK ELFOGADNAK MAJD KERESLET OLDALI KEZELÉST AZ ILYEN FELHASZNÁLÁSOKKAL KAPCSOLATBAN, HA A TÁROLÓKAPACITÁSBAN ZAVAR KELETKEZIK.

forrás DISTRIBUTED RESOURCE IN A REREGULATED MARKET ENVIRONMENT, PH.D. THESIS T. ACKERMANN, ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, STOCKHOLM, SWEDEN 2004.



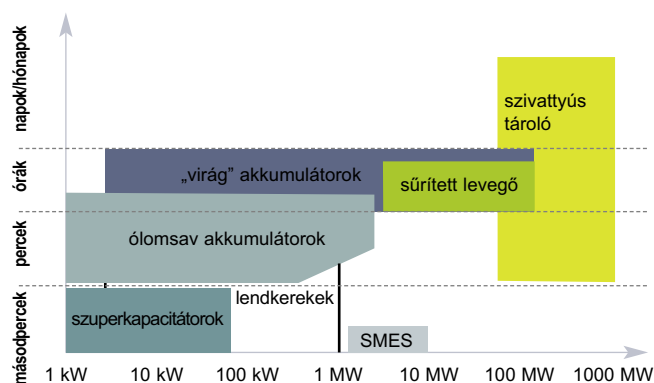
5. melléklet: az új energiatárolási lehetőségek áttekintése

Az elektromos energia tárolására szolgáló technológiák közül a csúcsteljesítmény és az energia közötti kapcsolat rendkívül fontos. A 52. ábra a rendelkezésre álló energiatárolási lehetőségeket és a jellemző energiatároló kapacitásukat mutatja be, valamint azt, hogy mennyi idő alatt lehet őket üres állapotból teljesen feltölteni. Az átfolyó akkumulátorok esetében függetlenül lehet számolni az energia mértékét és az időt, de gazdasági okokból a jellemző időt egy napban határoztuk meg. A 21. táblázat részletesen összehasonlítja a tárolólehetőségeket, beleértve a jelenlegi költségintet is. A tárolótechnológia szélesebb körű elterjedésével a költségek nagyságrendekkel csökkenni fognak.

Az 54. ábra azt is mutatja, hogy az elektromos energia tárolásával csak az egy napon belüli változó megújulóenergia-termelés ingadozásait lehet kiegyensúlyozni, vagyis egy szélvihar által termelt szélerenergia-többletet „át lehet tenni” egy szélmentes napra. Ám az itt felsorolt elektromos energiatároló lehetőségek nem kínálnak megoldást arra, hogy a télen megtermelt szélerenergia-többletet, például nyáron használjuk fel a hosszú szélmentes időszakokban.

Jelenleg az ilyen jellegű tárolásra csakis a nagy vízi duzzasztógátak alkalmasak, amelyeknek jelentős víztározó képességük van. A skandináv vízrendszernek például elegendő kapacitása van arra, hogy 6 hónapra elegendő elektromos energiát tároljon. Ehhez azonban a víztározók vízszintjének jelentős változtatására van szükség. Bizonyos esetekben az üres és teli víztározók szinteltérése akár 15 méter is lehet, ami komoly környezetvédelmi kérdést eredményez.

54. ábra: a különböző energiatárolási technológiák működésének áttekintése. SMES = szupervezető mágneses energiatárolás



forrás ECOGRID PHASE 1 WP4 REPORT, ELÉRHETŐ: [HTTP://WWW.ENERGINET.DK/NR/RDONLYRES/B57A4B4A-AC10-41C4-AB31-AFA55634FD31/0/WP4REPORTMEASURES_2009.PDF](http://www.energinet.dk/NR/RDONLYRES/B57A4B4A-AC10-41C4-AB31-AFA55634FD31/0/WP4REPORTMEASURES_2009.PDF), PAGE 16

21. táblázat: a különböző energiatárolási technológiák rövid áttekintése

TECHNOLÓGIA	ÁRAM KAPACITÁS (MW)	ENERGIA KAPACITÁS (MW)	ELEKTROMOS HATÉKONYSÁG	ENERGIA KÖLTSÉG (€/KWH/ÉV)	ÁRAM KÖLTSÉG (€/KWH/ÉV)
Lendkerék	< 10	< 250	80+	77	0,88
Sűrített levegő	5 - 400	2 600 000+	55 - 75	1.5-3	34,16
Hagyományos akkumulátor	4	40 000	75 - 85	24-117	73 - 351
Redox átfolyó akkumulátor	0,005 - 500	400 000	65 - 75	9,4-12,5	70 - 144
Szuper mágneses energia tárolás (SMES)	2	< 5	95	3x10 ⁵	47
Szuperkapacitorok	< 20	< 5	85 - 98	570	4,8
Hidrogén	0,2 - 4	nem áll rendelkezésre adat	75 - 80	6,8	128

forrás ECOGRID PHASE 1 WP4 REPORT, ELÉRHETŐ: [HTTP://WWW.ENERGINET.DK/NR/RDONLYRES/B57A4B4A-AC10-41C4-AB31-AFA55634FD31/0/WP4REPORTMEASURES_2009.PDF](http://www.energinet.dk/NR/RDONLYRES/B57A4B4A-AC10-41C4-AB31-AFA55634FD31/0/WP4REPORTMEASURES_2009.PDF), PAGE 20

szignet [molebriof]



GREENPEACE

A Greenpeace független, energikus és konfrontációra kész környezetvédő szervezet, mely a világ több mint 45 országában kész arra, hogy fellépjen a Föld értékeinek védelmében. Radikális, mégis teljes mértékben erőszakmentes, a legjobb tudományos kutatóintézetekkel működik együtt, azonban ha kell autópályákat, kormányépületeket zár le, tárgyal és lobbizik. Ha az egyik kezével tiltakozik, a másikkal az alternatív megoldásokat mutatja fel. Minden NEM! mellé mond egy IGEN!-t is. Függetlenségét és szabadságát az biztosítja, hogy önfenntartó, kizárólag magánszemélyek támogatásából végzi munkáját.

A Greenpeace 2002. júniusában nyitotta meg magyarországi irodáját. A 11 magyar munkatárs tevékenységét közel 30 000 adományozó és 400-500 aktivista segíti.

Greenpeace Magyarország Egyesület

Zászlós u. 54.
1143 Budapest, Magyarország
www.greenpeace.hu
www.greenpeace.org



EREC

európai megújuló energia tanács - [EREC]

Az Európai Megújuló Energia Tanács 2000. április 13-án jött létre, és esernyőszervezetként a bioenergia, geotermikus energia, óceáni energia, kis vízierőművek, napenergia, és a szélerő energia területén működő ipari, kereskedelmi és kutató szervezeteket fogja össze. Az EREC 40 milliárd eurós költségvetéssel dolgozik, és mintegy 350 000 embernek ad munkát.

Az EREC részét képezik az alábbi non-profit szervezetek és szövetségek: AEBIOM (Európai Biomassza Szövetség); eBIO (Európai Bioetanol Üzemanyag Szövetség); EREC (Európai Geotermikus Energia Tanács); ESHA (Európai Kis Vízi Erőmű Szövetség); ESTIF (Európai Termális Napenergia Ipari Szövetség); EUBIA (Európai Biomassza Ipari Szövetség); EWEA (Európai Szélerő energia Szövetség); EURWC (Európai Megújuló Energia Szövetség); EU-OEA (Európai Óceáni Energia Szövetség); ESTELA (Európai Termális Napenergia Szövetség) és további tag: EBB (Európai Biodízel Tanács).

EREC Európai Megújuló Energia Tanács

Renewable Energy House, 63-67 rue d'Arlon,
B-1040, Brüsszel, Belgium
T: +32 2 546 1933 F: +32 2 546 1934
erec@erec.org
www.erec.org