

## **Forráselemzés és hálózattervezés piaci feltételrendszerben**

*Gerse Ágnes*  
MAVIR ZRt.  
gerse@mavir.hu

*Kulcsszavak: stratégia, energetika, forráselemzés, ellátásbiztonság*

### **1. Bevezetés**

Az előadás a villamosenergia-ipari átviteli rendszerirányító, a MAVIR forráselemzési és hálózattervezési feladatait, illetve a legutóbbi tanulmányok főbb megállapításait tekinti át az energetikai stratégiaalkotással összefüggésben. Mivel az ellátásbiztonság a kiemelt energiapolitikai és stratégiai prioritások egyike, a forráselemzési tanulmányok és a hálózatfejlesztési tervek elkészítését, valamint főbb tartalmi követelményeit mind nemzeti, mind európai közösségi szinten jogszabályok írják elő. Jóllehet a piaci és a jogi-szabályozási környezet változásaiból adódóan számos bizonytalansággal kell számolni, e tanulmányok és hosszú távú tervek fontos tájékozási pontként szolgálhatnak a stratégiai elemzési, illetve stratégiaalkotási folyamat során.

A közelmúltban új elvárások fogalmazódtak meg, amelyek részben a piaci feltételrendszer sajátosságaiból, részben pedig az erőműrendszer összetételében bekövetkező változásokból adódnak. Az új elvárásokhoz igazodva fokozatosan bővül a gyakorlatban is alkalmazott elemzési és szimulációs módszerek eszköztára.

### **2. A forráselemzés és a hálózattervezés keretei, gyakorlata**

#### **A forráselemzésre, hálózattervezésre vonatkozó előírások**

A forráselemzési tanulmányok, valamint a hálózatfejlesztési terv elkészítésének kereteit hazai vonatkozásban a VET (2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról, 25. §), annak végrehajtási rendelete (273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet, 9. §), továbbá a MAVIR részére kiadott Működési engedély (1.2.18. pont), valamint a MAVIR Üzemi Szabályzata jelöli ki.

Az Európai Közösség egészére kiterjedő, nem kötelező érvényű hálózatfejlesztési tervek és erőművi kapacitás-előrejelzések elkészítését a 714/2009/EK rendelet írja elő. A rendelet értelmében az európai hálózatfejlesztési tervek és erőművi kapacitás-előrejelzések elkészítésének koordinálása az európai villamosenergia-ipari átviteli rendszerirányítók összefogó szervezet, az ENTSO-E feladata. Az európai hálózatfejlesztési terv elkészítésénél figyelembe kell venni a nemzeti beruházási terveket. Az erőművi kapacitás-előrejelzéseknél szintén az egyes átviteli rendszerirányítók által készített nemzeti előrejelzések szolgálnak kiindulópontul.

A nemzeti és európai közösségi forráselemzési tanulmányokat, hálózatfejlesztési terveket, illetve elkészítésük jelenlegi rendjét az *1. táblázat* foglalja össze. (A táblázatban az előírt időtáv szerepel, azonban a dokumentumok rendszerint ennél hosszabb időszakra tekintenek előre. Az európai közösségi megfeleléségi előrejelzést jelenleg az előírtnál gyakrabban, évente teszik közzé.)

1. táblázat: Nemzeti és európai közösségi forráselemzési tanulmányok, hálózatfejlesztési tervek

<b>Nemzeti elemzések, tervek (MAVIR)</b>	<b>Megjelenés</b>	<b>Előírt időtáv</b>
A Magyar Villamosenergia-rendszer fogyasztói igényeinek előrejelzése	Évente	Tizenöt év
A Magyar Villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásfejlesztése	Évente	Tizenöt év
A Magyar Villamosenergia-rendszer Hálózatfejlesztési Terve	Évente	Tíz év
<b>Európai közösségi elemzések, tervek (ENTSO-E)</b>	<b>Megjelenés</b>	<b>Előírt időtáv</b>
Távlati forgatókönyvek és megfeleléségi előrejelzés ( <i>Scenario Outlook &amp; Adequacy Forecast – SO&amp;AF</i> )	Legalább kétévente	Tizenöt év
Tízéves Hálózatfejlesztési Terv ( <i>Ten-Year Network Development Plan - TYNDP</i> )	Kétévente	Tíz év

A magyar villamosenergia-rendszer hálózatfejlesztési tervét a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal hagyja jóvá, a forráselemzési tanulmányok esetében viszont nincs szükség a szabályozó hatóság jóváhagyására. Az ENTSO-E által készített nem kötelező érvényű Tízéves Hálózatfejlesztési Tervet az Energiaszabályozók Együttműködési Ügynöksége (ACER) részére kell megküldeni véleményezésre.

## **A MAVIR forráselemzési tanulmányai és hálózatfejlesztési terve**

A MAVIR 2003-ban készítette el első alkalommal a Magyar Villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitástervét. Eleinte kétéves tervezési-elemzési ciklusokban történt a közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitástervek,

kapacitásmérleg, illetve kapacitáselemzés átdolgozása. (A változó elnevezések arra utalnak, hogy a piaci feltételrendszerben már nincs létjogosultsága szoros értelemben vett közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitástervezésnek, hiszen – az integrált nemzeti villamosenergia-társaságok átalakulása, a tevékenységek szétválasztása és a termelők közötti piaci verseny következtében – a hazai erőművi kapacitások nagyságát és összetételét alapvetően a beruházó és üzemeltető társaságok döntései határozzák meg. E döntéseket természetesen nagymértékben befolyásolják a piaci folyamatok, valamint a mindenkori jogi és szabályozási környezet.)

Az első MAVIR által összeállított hálózatfejlesztési terv 2004-ben készült el, majd ezt követően minden páros évben került sor a felülvizsgálatra, illetve az új hálózatfejlesztési terv kidolgozására. A hálózatfejlesztés a „gördülő tervezés” módszerén alapul, az átviteli rendszerirányító figyelembe veszi az aktuálisan meglévő hálózati elemeket, a korábban jóváhagyott hálózatfejlesztési elképzeléseket, valamint a magyar villamosenergia-rendszerben, illetve környezetében bekövetkezett változásokat.

2011-ben módosultak a közép- és hosszú távú forráselemzési tanulmányokra, valamint a hálózatfejlesztési tervekre vonatkozó követelmények. Ezek jegyében 2012-től a MAVIR évente aktualizálja a forráselemzési tanulmányokat és a hálózatfejlesztési terveket. Az új szabályozás másik lényeges pontja, hogy két önálló tanulmányban kell bemutatni a fogyasztói igények várható alakulását, illetve a forrásoldali kapacitások változását.

A vonatkozó jogszabályok, valamint a MAVIR Üzemi szabályzata a forráselemzési tanulmányok és a hálózatfejlesztési terv főbb tartalmi elemeit is meghatározzák. A fogyasztói igények előrejelzésével foglalkozó tanulmány gazdaságkutatói, illetve saját vizsgálatok alapján mutatja be a magyar villamosenergia-rendszer fogyasztói villamosenergia- és teljesítményigényének várható alakulását. A közép- és hosszú távú kapacitásfejlesztéssel foglalkozó elemzés lényegi részei a magyarországi villamosenergia-ellátás kiindulási állapotot tükröző, illetve előretekintő teljesítménymérlegei (teljesítőképeségek, terhelések, tartalékok), valamint energiamérlegei (villamos energia, hőenergia, energiahordozó-felhasználás). Az előretekintő teljesítmény- és energiamérlegek – a rövid, közép- és hosszú távnak megfelelően – három sarokévre és két változatra készülnek el. A kapacitásfejlesztési tanulmányok ezen túlmenően bemutatják a villamosenergia-ellátás főbb energetikai mutatóinak várható változásait is (fajlagos értékek, hatások, kapcsolt villamosenergia-termelés, megújuló energiaforrásokkal termelt villamos energia). A forráselemzési tanulmányoknak mind a fogyasztói igények, mind az erőművi kapacitások vonatkozásában tartalmazniuk kell az előző elemzési ciklusban készített változatok értékelését, az adott elemzési ciklusban figyelembe vett szempontokat és a kidolgozott változatok ismertetését.

A hálózatfejlesztési tervben meg kell jelölni az átviteli hálózatnak a következő tíz évben megépítendő vagy felújítandó elemeit, a már jóváhagyott fejlesztéseket, valamint meg kell adni az elkövetkezendő három évben megvalósuló beruházásokat is. A hálózatfejlesztési terv főbb fejezeteiben rögzíteni kell a kiindulási adatokat és feltételeket (beleértve az időhorizontot és a sarokéveket), be kell mutatni a jóváhagyott fejlesztések megvalósulását, a szükséges hálózatfejlesztéseket, a megvizsgált konkurens hálózatfejlesztési alternatívák értékelését, valamint a hálózati beavatkozás beruházási költségteteleit a szükséges hálózatfejlesztésekre vonatkozóan. A hálózatfejlesztési tervben ki kell térni az ENTSO-E hatályos Tízéves Hálózatfejlesztési Tervének történő megfelelésre is.

## **Alapadatok**

A távlati előrejelzések, hálózatfejlesztési tervek elkészítéséhez szükséges információk, kiindulási adatok jelentős része nem áll közvetlenül az átviteli rendszerirányító rendelkezésére, így elengedhetetlen az iparági szereplők közreműködése. A MAVIR Üzemi Szabályzata több rendszeres adatszolgáltatási kötelezettséget is előír.

A termelői engedélyesek – legjobb tudásuk szerint, tájékoztató adatsorként – évente készítenek előrejelzést a termelői kapacitásuk várható alakulásáról 15 évre előretekintve, feltüntetve a várható selejtezéseket, valamint az esetleges új termelő berendezések üzembe lépésének időpontját. E mellett a tervezett új erőmű-beruházásokra nézve (5 MW teljesítőképesség felett) a hálózati csatlakozási szándéknyilatkozatok, illetve szerződések is irányadók.

A hálózatfejlesztési terv megalapozásául szolgálnak az elosztói engedélyesek által összeállított, a 132 kV-os feszültségű hálózatokra vonatkozó hálózatfejlesztési tervek.

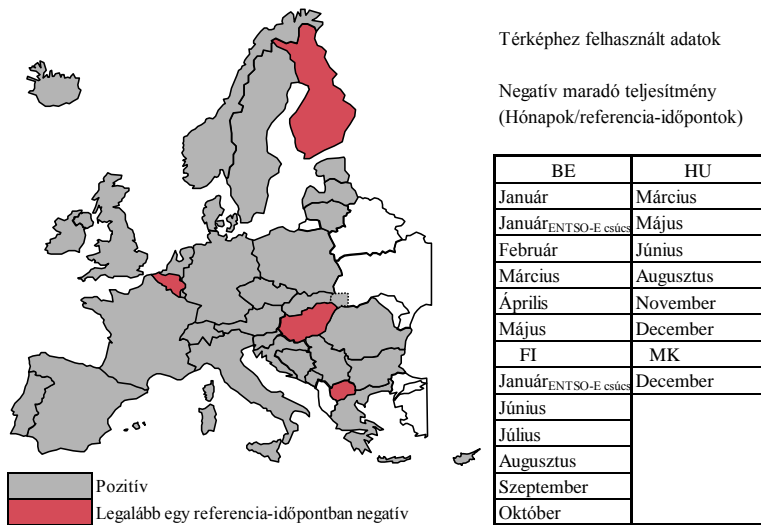
Az iparági szereplők rendszeres, illetve eseti adatszolgáltatása mellett a forráselemzési tanulmányok összeállításához szükség van a gazdaságkutató intézetek által készített fogyasztói igénynövekedési és gazdasági növekedési prognózisokra is. Az importforrások távlati rendelkezésre állásának elemzéséhez nemzetközi tanulmányok, illetve a környező országok nagyobb erőmű-építési beruházásainak előrehaladásáról szóló nyilvánosan hozzáférhető információk adnak támpontot. A forráselemzési tanulmányok összeállításakor fontos szerepet kapnak az energiapolitikai, energiastratégiai keretdokumentumok és cselekvési tervek is.

### 3. Energiastratégia, jelenlegi és távlati forrásösszetétel

A magyar villamosenergia-ellátás stratégiai mozgásterét nagymértékben meghatározzák a jelenlegi adottságok és környezeti tényezők. A 2014-ben készült forráselemzési tanulmányok, illetve a 2013-ra vonatkozó teljesítmény- és energiamérlegek alapján néhány meghatározó szempontot, lényeges megállapítást emelünk ki.

A piaci folyamatok eredményeként hazánkban néhány év alatt eddig soha nem látott mértékben nőtt a villamosenergia-import részaránya, a 2013-ban elért rekordnagyságú, 11,9 TWh importszaldó a bruttó hazai villamosenergia-fogyasztás mintegy 30%-ának felelt meg. Bizonyos időszakokban a forrásoldali kapacitáshelyzet is szükségessé teszi az importot: 2013. december 31-én 9197 MW volt a magyar villamosenergia-rendszer beépített teljesítőképessége, azonban ebből 1593 MW állandó hiányban volt.

Az importforrásokra utaltságot szemlélteti az 1. ábra, amely az ENTSO-E előkészületben lévő 2013. évi statisztikai évkönyvének teljesítmény-mérleg alapadatait felhasználva készült. (A maradó teljesítmény a különböző teljesítőképesség-hiányokkal, illetve a szükséges rendszerirányítási tartalékkal csökkentett beépített teljesítőképesség és a rendszerterhelés közti különbség értéke.)

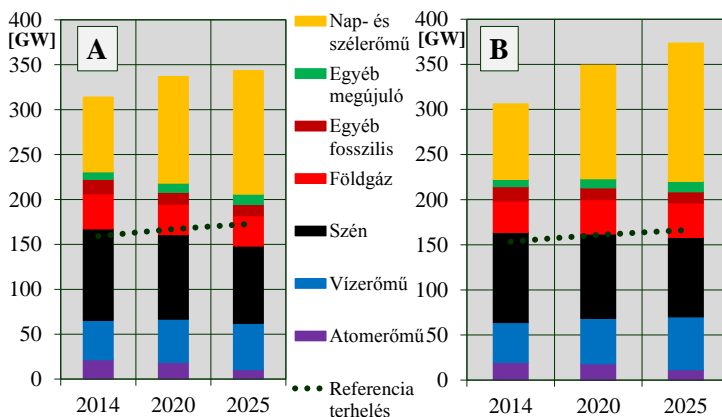


1. ábra: Negatív import nélküli maradó teljesítmény 2013-ban (ENTSO-E)

Az import részarányának növekedésével párhuzamosan nagymértékben csökkent az hazai erőművek, különösen a földgáztüzelésű nagyerőművi blokkok kihasználása. A hőerőművek egyre romló gazdasági feltételek között működnek, az új hőerőmű-

létesítések tekintetében nagy a bizonytalanság: hazánkban és a környező országokban is általánosan megfigyelhető tendencia, hogy a tervezett beruházások megvalósítását egyre későbbre halasztják vagy elállnak a létesítéstől.

Az ENTSO-E 2014-ben közzétett megfelelőségi előrejelzése alapján készült a 2. ábra, amely a régió tíz országára (köztük Németországra és Lengyelországra) összesítve szemlélteti az erőművi kapacitások és a januári referenciatelhelések várható alakulását. Az A forgatókönyv csak a biztosra vehető beruházásokat tartalmazza, a B forgatókönyv optimális piaci és szabályozási kereteket feltételez. Jól látható, hogy kis mértékű fogyasztói igénynövekedés mellett a hőerőművi kapacitások csökkenésére (megfelelő piaci feltételek esetén igen kis mértékű növekedésére) lehet számítani, az erőművi teljesítőképesség növekedése mindkét változatban elsősorban az új nap- és szélenergia-kapacitásoknak köszönhető.



2. ábra: Összesített kapacitás-előrejelzés a régió tíz országára (ENTSO-E)

A MAVIR a legutóbbi forráselemzési tanulmányai a hazai villamosenergia-rendszerre nézve is hasonló tendenciákat valószínűsítnek: kismértékű, 2020-ig átlagosan évi 1,3%-os, majd 1%-os nettó villamosenergia-fogyasztás növekedést feltételezve elsősorban nem az igénynövekedés, hanem a leálló erőművek pótlása teszi szükségessé az erőműlétesítést. A 2013 végén nyilvántartott 9197 MW hazai erőművi teljesítőképességéből 2019-re várhatóan már csak 6700 MW, 2024-re 5800 MW, 2030-ra pedig 4700 MW áll majd rendelkezésre. Az átviteli rendszerirányító felé jelzett összes erőmű-beruházás megvalósulását feltételező változatra készült teljesítménymérlegek alapján hazai forrásokból is biztosítható a villamosenergia-igények ellátása. A földgáztüzelésű erőművek számára kedvezőtlen piaci feltételekkel számoló, a tervezett nagyerőművi beruházások elmaradását vizsgáló változat ugyanakkor komoly erőművi

forráshiányt vetít előre: a hazai kapacitásokkal ellátható csúcsterhelés mind rövid, mind közép-, mind hosszú távon jóval a fogyasztói igények alakulása alapján várt értékek alatt marad.

A kedvezőtlen tendenciák, esetleges távlati ellátásbiztonsági problémák tükrében felértékelődik a stratégiai gondolkodás, tervezés szerepe. A villamosenergia-ellátás forrásszerkezetének átalakulása, az eddiginél várhatóan jóval változékonyabban alakuló erőművi terhelések, teljesítményáramlások új üzemviteli és működési feltételeket teremtenek mind az erőművek, mind az átviteli rendszerirányítók számára. Mivel előzetes tapasztalatok csak korlátozottan állnak rendelkezésre, komoly szerepet kapnak a hatásvizsgálatok, modellszámítások.

## **4. Változó feltételrendszer, új elemzési módszerek**

Az elmúlt években jelentős változások következtek be a villamosenergia-ellátásban, amelyek új feladatok elé állították az iparági szereplőket. A rendszerszintű forrásoldali kapacitástervezés területén kialakult – hazánkban is több évtizedes múltra visszatekintő [1], [2] – gyakorlat a jelenlegi piaci feltételrendszerben csak igen korlátozottan alkalmazható. Az átviteli rendszerirányító szerepe főként az elemzésre, javaslatételre korlátozódik.

A villamosenergia-ellátás forrásszerkezetének átalakulásával ugyanakkor új elemzési és számítási módszerek kapnak teret a gyakorlatban. E módszerek hatékony segítséget nyújthatnak a stratégiai elemzéshez, illetve a stratégiaalkotáshoz kapcsolódó hatásvizsgálatok elvégzéséhez. Két olyan példát mutatunk be, amelyek az ENTSO-E 2014-ben megjelent Tízéves Hálózatfejlesztési Tervének fontos háttérszámításait jelentették, illetve alapozták meg, és a tervek szerint a jövőben az európai közösségi és a hazai forráselemzési tanulmányokban, megfeleléségi előrejelzésekben is egyre nagyobb szerepet kapnak.

### **Piacszimuláció**

Az egységes európai belső piac megteremtése jegyében egyre meghatározóbbá válik a villamos energia határkeresetű kereskedelme, másrészt a fenntarthatóságot szem előtt tartva folytatódik a megújuló energiaforrások részarányának növelése a villamosenergia-termelésben, ezzel párhuzamosan csökken a hőerőművek kihasználása. A több országra kiterjedő piacszimulációs számítások jóval részletesebb információkat szolgáltatnak a referencia-időpontokra vonatkozó teljesítménymérlegekhez képest.

A regionális, illetve összeurópai szimulációs számításokban az egyes országok egy vagy több „piaci csomópontnak” (market node) feleltethetők meg. E piaci csomópontokra erőműtípusonként megadható a beépített teljesítőképesség nagysága, az óras rendszerterhelések időSORA, valamint a kiserőművek, illetve a víz-, szél- és naperőművek aggregált óras termelési időSORAI. Az egyes piaci csomópontok közötti rendszerösszekötő vezetésekre metszékenként határozható meg átviteli kapacitás-korlát. Piaci csomópontonként rendelkezésre kell állnia a forgótartalékok előírt nagyságának is. A piaci csomópontokhoz rendelhető alapadatok mellett az erőművi termelési határkötség kiszámításához szükség van az egyes tüzelőanyagok fajlagos árára, valamint az erőművek – erőműtípusonkénti átlagértékkel jellemzett – fajlagos hőfogyasztására. A termelési határkölségeknél a szén-dioxid-kibocsátást is figyelembe kell venni.

A legkisebb költség elve alapján végzett – a piacmodell és a piacszerkezetet, tulajdonosi érdekeltségeket nem tükröző – számítások fő célja a metszékáramlások meghatározása, de az erőművi termelés (általában óras időléptékű) szimulációja segítségével az éves termelési, szén-dioxid-kibocsátási adatok, főbb energetikai jellemzők, ellátásbiztonsági mutatók is meghatározhatók.

Az ENTSO-E 2014. évi Tízéves Hálózatfejlesztési Tervéhez rendelkezésre álló összeurópai erőmű-adatbázisra, illetve óras rendszerterhelési adatokra alapozva a MAVIR-nál is folyamatban van egy olyan szimulációs alkalmazás fejlesztése, amely felhasználható az export-import-, illetve tranzitviszonyok előrebecslésére, valamint a jövőbeli üzemállapotok modellezésére [3], [4]. A 2015-2024 közötti időszakra, illetve 2030-ra vonatkozó számítási eredmények összefoglalása a 2014-es közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásfejlesztési tanulmány mellékletében is helyet kapott.

A számos elhanyagolás ellenére a több országot átfogó piacszimulációs modellek komoly előrelépést jelentenek a jellemző erőmű-kihasználási óraszámokra alapozott számításokhoz képest, különösen akkor, ha a szél- és naperőművek termelésének modellezése koherens módon, az egyidejűségeket figyelembe véve történik. Ilyenkor a ritkán előforduló, szélsőségesnek tekinthető üzemállapotok is megjelennek az idősor-szimulációban, valamint mód van az üzemállapotok változásának, változékonyságának értékelésére.

## **A szél- és naperőművek termelésének modellezése**

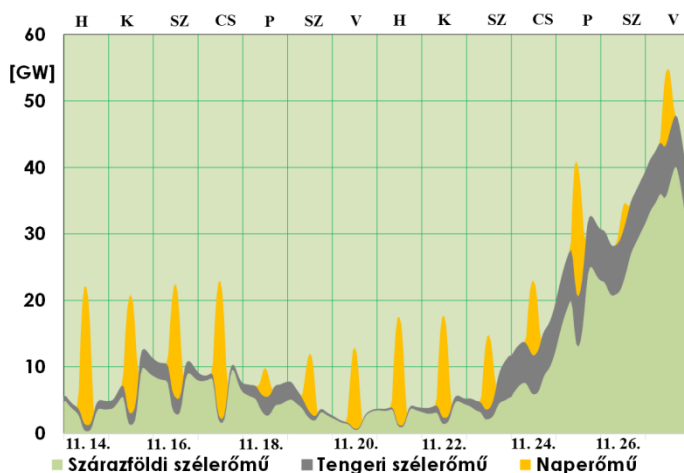
A szél- és naperőművek termelésének koherens, az egyidejűségeket figyelembe vevő modellezésének elsősorban a piac- és termelésszimuláció szempontjából van jelentősége. A szél- és napenergia-hasznosítás mértékében nagy különbségek tapasztalhatók az egyes európai országok között. Emiatt a rendszerszintű mérési adatok mind időben, mind földrajzilag erősen korlátozottan állnak rendelkezésre. Újszerű megközelítést jelent és



komoly hiányt pótol a szél- és naperőművi termelést leíró idősorok éghajlati modellek adataiból kiinduló előállítás. [5]

A modell egyes rácpontjaihoz tartozó szélesség- és napsugárzás-idősorokból egy feltételezett berendezéstípus-összetétel (a berendezések feltételezett karakterisztikái) alapján származtathatók az óras terhelési tényezők (a pillanatnyi teljesítmény és a beépített teljesítőképesség hányadosai). 2012-től az ENTSO-E összeurópai éghajlati adatbázissal rendelkezik (PECD), amely – az elmúlt hónapokban történt bővítést követően – a 2000 és 2013 közötti időszakokra tartalmaz országokként, illetve régióként óras szél- és naperőművi terhelési tényező és területi átlaghőmérséklet idősorokat. Az adatbázist a Danmarks Tekniske Universitet (DTU) bocsátotta rendelkezésre.

A terhelési tényezők felhasználási lehetőségeire ad példát a 3. ábra, amely a régió tíz országára készült 2020-ra vonatkozó szél- és naperőmű kapacitás-előrejelzések alapul vételével.



ENTSO-E SO&AF 2013-2030 A forgatókönyv 2020, PECD 2011. 11. 14-27.

3. ábra: Kéthetes időszak nap- és szélenergia termelésének modellezése a régió tíz országára

A távlati piacszimulációs vizsgálatok mellett az éghajlati modellekből származtatott idősorok segítséget nyújtanak az időjárásfüggő termelő-berendezések, különösen a szélenergia kapacitásértékének meghatározásához kapcsolódó számításokhoz is, amelyekre az 1970-es évek végétől kezdődően számos módszert dolgoztak ki [6], [7].

## 5. Összefoglalás

A közép- és hosszú távú ellátásbiztonság, a fenntartható és versenyképes villamosenergia-ellátás stratégiai céljait szem előtt tartó energiapolitikai és szabályozási keretrendszer kialakításakor lényeges, hogy a döntéshozók, illetve az iparági szereplők kellően megalapozott információkkal rendelkezzenek. A beruházások jelentős átfutási ideje, tőkeigénye, a forrásszerkezet átalakulása és a működési feltételek nagymértékű változása miatt komoly szerepe van a közép- és hosszú távú tervezésnek és elemzésnek, illetve a stratégiai gondolkodásnak.

Néhány újszerű megközelítés – idetartozik a jövőképekre alapozott piacszimuláció, valamint az időjárásfüggő erőművek termelésének éghajlati modellek segítségével történő szimulációja – az elmúlt években fokozatosan az elemzési-tervezési gyakorlat részévé vált, de a közeljövőben számos további új módszer alkalmazása válik szükségessé a rendszerelemzés, rendszertervezés területén.

## Hivatkozások

- [1] Lévai András: Hőerőművek I. Erőművek gazdasági tervezése. A hőkapcsolási vázlat; Budapest, Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, 1954
- [2] Fazekas András István: Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I.; Budapest, Akadémiai Kiadó, 2006 (ISBN:963 05 8131 0)
- [3] Gerse Ágnes, Bock Dávid: Költségoptimalizáló generátorterhelés-kiosztás jövőbeli üzemállapotok vizsgálatára; Elektrotechnika, Vol. 105, No. 3, pp. 5-8, 2012
- [4] Bock Dávid: Kereslet-kínálat elemzés PEMMDB 2012 alapú piacmodellje (*MAVIR belső anyag*)
- [5] Matthias Huber, Desislava Dimkova, Thomas Hamacher: Integration of wind and solar power in Europe: Assessment of flexibility requirements; Energy, Vol 69, pp. 236-246, 2014
- [6] Mikael Amelin: Comparison of Capacity Credit Calculation Methods for Conventional Power Plants and Wind Power; IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 24, No. 2, pp. 685-691, 2009
- [7] Task Force on the Capacity Value of Wind Power, IEEE Power and Energy Society: Capacity Value of Wind Power; IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 24, No. 2, pp. 685-691, 2009