



Így boldogulnak a megújuló energiával az atomenergiára nemet mondó országok

Szerző: Major András

2022 elején a 27 tagú Európai Unióban 14 állam - Írország, Dánia, Luxemburg, Észtország, Lettország, Litvánia, Ausztria, Portugália, Olaszország, Lengyelország, Horvátország, Görögország, Ciprus és Málta - területén nem működött atomerőmű, míg egész Európában a 44 országból 26 nem rendelkezett nukleáris reaktorról, köztük több olyan is, amelyek energiamixében ugyanakkor kiemelkedően magas a megújuló források aránya. Megnéztük, hogyan oldják meg ezek az országok az energiaellátásukat.

Napjainkban az európai országok többségében nem működik atomerőmű, és miután a 18, nukleáris energiát is termelő ország közül az Európai Unióban 13 található, a közösség tagjainak több mint a fele szintén nem rendelkezik nukleáris létesítménnyel. A villamosenergia-import révén bizonyos mértékben ugyan ezek az államok is használnak atomenergiát, amely összességében az EU áramtermelésének körülbelül negyedét szolgáltatja, szuverén energiapolitikai döntéseik nyomán azonban saját energiatermelési mixüket kizárólag fosszilis és/vagy megújuló termelőegységek alkotják.

Változó álláspontok

2022 végén várhatóan újabb tag is csatlakozik majd az atommentes klubhoz, miután Németország kormánya a 2011-es fukusimai katasztrófát követően úgy határozott, fokozatosan leállítja összes nukleáris erőművét. Bár az elsősorban földgázpiaci problémákból kifejlődött európai energiaválság hatására a 2021 végén hivatalába lépett német kormány felülvizsgálta a döntést, egyelőre az újabb elemzés eredményeinek ismeretében sem változtatott azon.

Nem Németország az egyetlen, amely atomerőmű-flottája teljes leépítésére készül. Miután több hónapos egyeztetést követően 2021 végére kompromisszumos döntést hozott a nukleáris energia 2025-ig történő kivezetéséről, 2022 márciusában a belga kormánykoalíció 10 évvel eltolta a határidőt az Ukrajna Oroszország általi megtámadása következtében előállt bizonytalanságokra hivatkozva. Svájcban pedig a részben szintén a fukusimai nukleáris baleset hatására a témában 2017-ben tartott népszavazáson foglaltak állást új atomerőművek építése ellen a polgárok, igaz, az utóbbi időben a belgiumihoz hasonló okok miatt az alpesi országban is újjáéledt a témáról szóló vita.

Másrészt, a már részben megvalósítás alatt álló tervek értelmében hosszabb távon olyan országokban is nukleáris energiatermelés jöhet létre, ahol jelenleg még nem működik ilyen, mint például Törökországban és Lengyelországban, ahol a terv szerint 2023-tól, illetve 2033 és 2040 között lépnének termelésbe az új erőművek. Más országok, például az Egyesült Királyság, Hollandia vagy Magyarország pedig meglévő nukleáris teljesítményének bővítését tervezi. A pronukleáris európai országok Franciaország által vezetett csoportjával szemben pedig néhány állam határozottan és hangosan ellenzi az atomenergiát, mint például Ausztria, Dánia, Németország, Luxemburg és Portugália.

Víz, szél, geotermia és a fosszilis források

Az egyes országok politikai döntéshozóinak és közvéleményének atomenergiához való viszonyát természetesen nem pusztán energetikai szempontok alakítják, hanem például



történelmi, kulturális, politikai jellemzők, a környezetvédelemhez való hozzáállás, illetve egyfajta filozófiai megközelítés is, de a geográfiai meghatározottságok és az egyéb gazdasági viszonyok is befolyásolhatják azt. Például a nukleáris reaktorral nem rendelkező országok között felülreprezentáltak a jelentős víz-, szél- vagy éppen geotermikus energia-forrással bíró észak-európai, balkáni és dél-európai államok, utóbbiak esetében pedig az iparosodottság alacsonyabb foka is olyan tényező lehet, amely nélkülözhetővé teszi a nagy mennyiségű zsinóráram termelésére képes, ugyanakkor rendkívül költséges atomerőmű-beruházásokat.

Az atomerőművet nem üzemeltető európai országok földrajzi elhelyezkedése változatos: észak- és dél-európai államok éppúgy találhatók közöttük, mint nyugat-, közép- és kelet-európaiak. A fosszilis és megújuló energiaforrásokhoz való hozzáférést is befolyásoló egyedi adottságok eltérései a szóban forgó államok energiamixeinek különbségeiben is tetten érhetők. Míg például a gejzírek földjén, Izlandon a geotermikus energia, az erre alkalmas folyókkal bőven ellátott Norvégiában pedig a vízerőművek termelése játszik kiemelkedő szerepet az ország energiaellátásában, addig a gazdag fosszilis készletekkel rendelkező Lengyelországban a szén súlya a leginkább meghatározó.

Miután az atomenergia a nukleáris reaktorok mérete miatt a volumen tekintetében is meghatározó tagja az érintett országok energiamixeinek, az atomerőműveket nélkülöző államokban értelemszerűen a fosszilis vagy/és a megújuló erőműparknak érdemben nagyobbak kell lennie ahhoz, hogy a szükséges energiamennyiséget elő tudják állítani. Így a két országcsoportot összevetve megállapítható, hogy a nukleáris energiával nem számoló államokban általában magasabb a megújuló energia aránya a bruttó végső fogyasztáson belül, és gyakran ezzel együtt a fosszilis forrásoké is. Utóbbiak elsősorban az olajat és a földgázt jelentik, miután a szén felhasználása a földgáz drágulása miatti emelkedést követően is többnyire historikus mélységek közelében alakul Európában.

Az európai fosszilis energiahordozó kitermelés gyakorlatilag folyamatosan a fogyasztásénál nagyobb mértékben zsugorodik. 2010-ben az EU-ban még 107,8 millió tonna feketeszenet termeltek, 2021-ben már csak 57,2 millió tonnát, miközben a fogyasztás több mint 250 millió tonnáról több mint 150 millió tonnára csökkent. Hasonló időtávon az Unió nyersolaj-kitermelése közel 30 millió tonnáról nem egészen 20 millió tonnára süllyedt, míg az olajtermékek felhasználása 366 millió tonna olajegyenértékről 2020-ban ugyan 310 millió tonnára ereszkedett, de 2021-ben szinte visszatért a pandémia előtti, 340 millió tonna körüli szintre. A földgáz esetében a "belföldi", uniós termelés 2010 és 2020 között körülbelül a harmadára, alig valamivel több, mint 50 milliárd köbméterre esett vissza, miközben a fogyasztás csak minimálisan mérséklődött (körülbelül 17 millió terajoule-ról 16 millió terajoule-ra).

Mindez azt jelenti, hogy - bár **az összes uniós tagország nettó energiainportőr** pozíciót foglal el - a legnagyobb energiainport-függőségű országok között az atomerőművel nem rendelkező országok nagyobb arányban találhatóak. 2020-ban a 57,5 százalékos uniós energiafüggőségénél 13 ország - melyek közül négyben működött nukleáris reaktor - energiaellátása függött nagyobb mértékben az importtól: Málta (97,6%, nincs atomerőműve), Ciprus (93%, nincs atomerőműve), Luxemburg (92,5%, nincs atomerőműve), Görögország (81%, nincs atomerőműve), Belgium (78%, van atomerőműve), Litvánia (75%, nincs atomerőműve), Olaszország (73,5%, nincs atomerőműve), Írország (71%, nincs atomerőműve), Hollandia (68%, van atomerőműve), Spanyolország (68%, van atomerőműve), Portugália (65%, nincs atomerőműve), Németország (63,5%, van atomerőműve), Ausztria (58%, nincs atomerőműve).

Az atomerőművet nem üzemeltető európai országokban az egy főre jutó átlagos karbonemisszió nagyobb, mint a nukleáris energiát is használó államok hasonló értékei. Kiemelkedően magas megújuló-résarányuk ellenére Ausztria, Izland vagy Norvégia egy főre jutó üvegházhatásúgáz- (ÜHG-) kibocsátása jócskán meghaladja az EU átlagát, és a legmagasabbak között van Európában. Ugyanakkor a karbonintenzitást, tehát az egységnyi villamos energia termelése során a légkörbe kerülő ÜHG mennyiségét tekintve mindhárom ország az európai ranglista élmezőnyében található. Ezt a kettősséget az magyarázza, hogy az



említett országok népességszámukhoz képest viszonylag méretes energiaszektorkkal és -igénnyel rendelkeznek, ugyanakkor a tiszta, megújuló energiaforrások jóval átlag felett járulnak hozzá a bruttó végső - elsősorban villamosenergia-fogyasztás kielégítéséhez.

Az egy főre jutó éves emisszió alatt az ország teljes, egy év alatt kibocsátott üvegházgázmennyiségének és lakosságszámának hányadosát értjük. A karbonintenzitás az egységnyi energia vagy GDP megtermelése során megvalósuló ÜHG-kibocsátást, míg az energiaintenzitás az egységnyi termeléshez elfogyasztott energia mennyiségét jelenti. A mutatók segítségével összevethetők az egyes országok gazdaságainak "tisztasága", illetve energiafelhasználásuk hatékonysága.

Megújulóenergia-bajnokok: élen az atomenergia-mentes országok

Az európai országok közül a bruttó végső energiafogyasztáson belül a legmagasabb, 83,7 százalékos megújuló-résarányral Izland rendelkezett 2020-ban, megelőzve a 77,4 százalékkal másodikat, szintén atomenergia-mentes Norvégiát. A sorban ezek után a nukleáris reaktorokat is üzemeltető Svédország (60,1%) és Finnország (43,8%) következik, majd ismét atomerőművekkel nem rendelkező országok jönnek: Lettország (42,1%), Ausztria (36,5%), Portugália (34%), Dánia (31,6%), Horvátország (31% - Szlovéniával közösen rendelkezik nukleáris energiaforrással), majd Észtország (30,2%). A megújulóakra leginkább támaszkodó 10 európai ország közül tehát csak 3 működtet atomerőművet is, vagyis a nukleáris energiáról lemondó országok érthető módon inkább a megújuló-termelés fokozott bővítésével igyekeznek dekarbonizálni gazdaságaikat.

Az európai, de akár globális "megújulóenergia-bajnoknak" is nevezhető Izland energetikai helyzete több egyéb szempontból is különlegesnek mondható: a nem egészen 400 ezres lélekszámú nemzet primerenergia-ellátásának volumene 1990 óta több mint 160 százalékkal, energiatermelése mintegy 230 százalékkal, végső villamosenergia-fogyasztása pedig 360 százalékkal emelkedett, mindezzel együtt teljes szén-dioxid-kibocsátását közel 14 százalékkal tudta mérsékelni az ország. Izland teljes energiaellátásában ugyanis az igény meredek növekedése ellenére az elmúlt évtizedekben arányukat tekintve és nominálisan is csökkent a fosszilis források szerepe, így napjainkban már csak összesen körülbelül 15 százalékkal részesednek az energiamixben, míg 1990-ben még 30 százalék körül alakult az arányuk, az 1960-as években pedig még közel 80 százalékon állt, elsősorban az olajfelhasználás révén. Ma már a megújulók aránya haladja meg a 80 százalékot, körülbelül 20 százalékponttal túlszárnyalva a 2020-ra kitűzött, egyébként kiemelkedően magas 64 százalékos célt.

Izland energiarendszere szemléletes példát nyújt arra is, hogy a sajátos elhelyezkedés és a geológiai adottságok milyen meghatározóak is lehetnek a különböző országok esetében. A geotermikus energia az izlandi primerenergia-igény mintegy kétharmadát elégíti ki, ami világrekordnak számít, és az ország a rendkívül ígéretes úgynevezett szuperkritikus geotermikus energia technológia kutatásából és fejlesztéséből is aktívan kiveszi a részét. A sajátos körülmények miatt ugyanakkor a világszerte legnagyobb növekedést produkáló fotovoltaikus nap- és szélenergiatermelés Izlandon minimális.

Fenntartható növekedés az 1970-es évekből

Izland Európa egyik legszegényebb országából a világ egyik leggazdagabb államává vált a 20. században az egy főre jutó GDP alapján, és ennek során viszonylag rövid idő alatt energiarendszere is drámai átalakuláson ment át. Megújulók felé fordulásának fő okát eredetileg nem az akkor még a mainál sokkal kevésbé meghatározó klíma- és környezetvédelmi megfontolások szolgáltatták, hanem az 1970-es évektől jelentkező globális olajválságok, melyek hatására az ország a hullámzó árú, importált fosszilis energiahordozó helyett a stabil, megfizethető belföldi forrásokra kívánta alapozni energiaellátását.

Az ország energiaigényének elmúlt három évtizedben tapasztalt éles emelkedését így kizárólag megújuló forrásból fedezte, vagyis Izland a fenntartható növekedést tulajdonképpen jóval a fogalom megszületése előtt megvalósította. Villamosenergia-termelése évtizedek óta



szinte 100 százalékban megújuló-alapú, melyben a vízenergiának és a geotermikus energiának van a legnagyobb szerepe - hagyományosan az utóbbi energiaforrás adja az ország hőtermelésének egészét is. A skandináv állam az elektromobilitás területén is a világ élvonalába tartozik, az izlandi újautó-piacon az elektromos modellek részaránya 2022-ben meghaladta a 80 százalékot, melyből a tisztán elektromos meghajtású személyautók közel 45 százalékot tettek ki, vagyis az olaj szerepe a szállítási-közlekedési szektorban is gyengül.

A fosszilis energiafelhasználás nagyobb részét az olaj teszi ki, és míg a szén szerepe mindig is marginális volt, a földgáz teljesen hiányzik a szigetország energiamixéből. Az elérhető adatok tanúsága szerint szén-, olaj és földgáz-kitermelési tevékenység nem folyik az országban, nemzetközi energiavezetékek pedig nem kapcsolódnak energiarendszeréhez, így a teljes primerenergia-ellátás mintegy 15 százalékát kitevő importot a szén és olaj behozatalára korlátozódik.

Izland egy főre eső üvegházgáz-kibocsátása a legmagasabbak közé tartozik Európában, ugyanakkor villamosenergia-rendszere az egyik legtisztább, és karbonintenzitása a legalacsonyabbak között említhető a kontinens országai közül. A reykjavíki kormány 2007-ben, tehát csaknem egy évtizeddel a Párizsi Klímaegyezmény előtt saját klímaváltozási stratégiát dolgozott ki, melynek egyik fő célja az üvegházhatású gázok kibocsátásának 50-75 százalékos csökkentése 2050-ig az 1990-es szinthez képest.

A vízenergia hazája

Az északi országok jelenléte feltűnően markáns a legtöbb megújuló energiát termelő és fogyasztó, az atomenergiát nélkülöző országok körében. Izland után Norvégia rendelkezik a legmagasabb, 2020-ban 77,4 százalékos megújulóenergia-részarányal a bruttó teljes energiafogyasztáson belül, nem csak Európában, de minden bizonnyal világszinten is. A skandináv nemzet elsősorban a vízenergia kiemelkedő mértékű hasznosításának köszönhetően könnyedén teljesítette a 2020-ra kijelölt 67,5 százalékos célszámot, ahogy egyébként 2014 óta mindig. Sőt, a norvég energiamixben a vízenergia már az 1960-as évek közepén is kétharmados részarányal rendelkezett a legkorábbi elérhető adatok tanúsága szerint, az ország áramtermelése pedig már évtizedek óta közel 100 százalékban megújulókra támaszkodik. A gazdag vízenergia- és fosszilis forrásokkal bíró országban az egyéb megújulók szerepe egyelőre csekélynek mondható: északi fekvése részben magyarázza a napenergia alacsony hasznosítási fokát, ugyanakkor nagyságrendekkel jelentősebb szélenergia potenciállal rendelkezik, melyet az utóbbi időben el is kezdett kiaknázni, így a szélenergia részaránya a norvég energiamixben 4-5 százalék, a villamosenergia-mixben pedig 6-7 százalék körül alakul.

Norvégia jelentős saját fosszilis-kitermeléssel rendelkezik, és számos európai országba exportál olajat, illetve földgázt. E két energiahordozó saját energiaellátásában is lényeges szerepet tölt be, így az ország 9,3 tonna/éves egy főre eső ÜHG-kibocsátása érdemben meghaladja a 7,5 tonnás uniós átlagot (2020). Ugyanakkor az előbbiekből következően villamosenergia-termelése az egyik "legtisztább" Európában, karbonintenzitása Izlandéval és Svédországéval osztozik a képzeletbeli dobogón. Ezzel együtt a norvég szén-dioxid-kibocsátás mértéke 1990 óta több mint 30 százalékkal nőtt, miközben az ország energiatermelése több mint 70 százalékkal emelkedett.

Az apró szélenergia-nagyhatalom

Egy újabb skandináv ország, a 2020-ban 31,6 százalékos megújuló-részarányt felmutató Dánia is sikeresen teljesítette az adott évre vállalt 30 százalékos célját, és az e tekintetben élenjáró európai országok közé tartozik (sőt, egy évvel korábban, 2019-ben a mutató a 37 százalékot is elérte). Míg Izlandon a geotermikus energia, Norvégiában pedig a vízenergia viszi a prímet a megújulók közül, Dániában a legjelentősebb szerep a szélenergiára hárul, amely önmagában a teljes dán energiafogyasztás több mint negyedét fedezi. Miközben a többi megújuló aránya egyelőre jóval elmarad a szélenergiáétól, az olajé még mindig az 50 százalékot közelíti, a földgázé pedig hozzávetőleg 15 százalék. Jelentősebb fosszilis



energiahordozó termelés hiányában az import Dániában is nélkülözhetetlen eleme az energiaellátásnak, de a 45 százalék körüli importfüggőségi arány az Európai Unióban az alacsonyabbak között van, és több mint 10 százalékponttal kisebb az uniós átlagnál.

A dán villamosenergia-termelés 85 százalékban megújuló-alapon történik, melynek oroszlánrészét, csaknem 60 százalékát a szélenergia biztosítja. Dánia szélenergiához való viszonya világszinten is párját ritkítja: a nem egészen 6 milliós népességű ország a szélturbina technológia fejlesztésének és gyártásának egyik globális központjává tudott válni, miután a szélenergia példátlanul korán, már 1978-ban megjelent energiamixében. Nagyrészt ennek köszönhetően 1990 óta mintegy 50 százalékkal csökkent a dániai szén-dioxid-kibocsátás szintje (közben az ország éves energiatermelése 7 százalékkal mérséklődött).

A 7,3 tonnás egy főre jutó éves dán ÜHG-kibocsátási érték alacsonyabb az európai uniós átlagnál, és a dán villamosenergia-rendszer karbonintenzitása is a kisebbek közé tartozik az Unióban. A dán Nemzeti Energia- és Klímaterv (NEKT) értelmében az ország célja, hogy 2030-ig 70 százalékkal mérsékelje az üvegházhatású gázok kibocsátását 1990-hez képest, ennek érdekében pedig a megújuló energiaforrások arányát 50 százalékra emelje a teljes bruttó végső energiafogyasztáson belül.

Kelet-európai sikertörténetek

Magyar szempontból különösen figyelemre méltó Lettország 5. helyezése a megújuló energiaforrások részaránya alapján összeállított európai ranglistán; a 42,1 százalékos érték a legjobb, kelet-európai EU-tagország által elért eredmény. A képet ugyanakkor árnyalja, hogy a balti ország már 2004-ben, tehát uniós csatlakozása évében közel 33 százalékos megújuló-részarányal rendelkezett, amivel belépését követően egy csapásra az EU legjobbjává lett, és amelynél akkor egész Európában csak Izland és Norvégia tudott magasabb arányt felmutatni. Azóta Lettország nem egészen 10 százalékponttal tudta növelni a mutatót, ami nagyjából megegyezik Magyarország teljesítményével, és amivel Riga képes volt elérni a 2020-ra kitűzött 40 százalékos célszámot.

Lettország atomerőmű nélkül is az EU egyik legalacsonyabb egy főre jutó ÜHG-kibocsátását tudja felmutatni, villamosenergia-termelésének karbonintenzitása viszont egyértelműen a magasabbak közé tartozik Európában. Energiamixét ugyanis több mint 30 százalékban az olaj, több mint 20 százalékban a földgáz, körülbelül 40 százalékban bioüzemanyagok, illetve hulladék égetése biztosítja, és bár a szén súlya mindössze fél százalék körüli, a nap- és szélenergia még ennél is szerényebb mértékben járul hozzá a lett energiaellátáshoz, az egyéb megújulók közül pedig mindössze a vízenergia szerepe nevezhető jelentősebbnek a maga valamivel 5 százalék feletti arányával. Miután a lett olaj- és gázfelhasználással nem párosul saját termelés, Lettország energiafüggősége 45 százalék körül alakul, a 2030-as cél pedig az importarány 30-40 százalékos sávba való leszorítása.

Az ország energiatermelése közel 150 százalékkal nőtt 1990-hez képest, szén-dioxid-kibocsátása viszont több mint 60 százalékkal esett ugyanezen időtartam alatt. A lett Nemzeti Energia- és Klímaterv 2030-ra 65 százalékos ÜHG-kibocsátáscsökkentési célt, valamint 50 százalékos megújuló-részarányt irányoz elő.

A Lettországból termelt villamos energia hozzávetőleg 45 százalékát a vízenergia adja, a bioüzemanyagok és a szélenergia további közel 20 százalékkal járul hozzá, míg a fennmaradó rész zömét a földgáz biztosítja. Az 1990-es években akadtak időszakok, amikor a vízerőművek szerepe ennél is nagyobb volt, és akár a lett áramtermelés kétharmada-háromnegyede is e forrásból származott. A földgáz hozzájárulása az ezredfordulót követően indult növekedésnek az addig is mérsékelt jelentőségű szén, valamint kőolaj teljes visszaszorulásával párhuzamosan. Az ország északi fekvéséből következően a fotovoltaikus technológia jelenléte minimális, de a villamosenergia-termelésnek a szélenergia is mindössze körülbelül a 3 százalékát biztosítja. A kiemelkedően magas megújuló-részarányt tehát elsősorban a bioenergia - bioüzemanyagok, biomassa, biogázok - felhasználásával érte el az ország, mely a villamosenergia-szektor mellett a hőtermelésben is meghatározó.



Az atomerőművet nem tartalmazó energiarendszerek esetében nem ritka, hogy a magas megújuló-felhasználás magas fosszilis-részarányal társul. Egy másik, az egykori "keleti-blokkba" tartozó, szintén balti állam, Észtország például úgy ért el 30 százalék feletti megújuló-részarányt - elsősorban a bioüzemanyagok és a hulladék energetikai hasznosításának köszönhetően -, hogy közben a bruttó végső energiafogyasztás több mint 50 százalékát továbbra is a szén fedezi. Ennek következtében az ország az egy főre jutó emisszió és villamosenergia-termelése karbonintenzitása szempontjából is a gyengébben teljesítő államok között szerepel, viszont CO₂-kibocsátása így is hatalmasat, mintegy 75 százalékot zuhant 1990 óta, a saját kitermelés magas aránya miatt pedig energiaimport-függősége Európában a legkisebb, mindössze 10 százalék körüli.

A legnagyobb egybefüggő "atommentes" országcsoport Európában a Balkánon található. Az itteni államok megújulóenergia-részaránya többnyire jócskán felülmúlja az EU-átlagot, ami különösen igaz Albánia (45%) és Montenegró (43,8%) esetében. Nem csak e két országra, hanem általában a régióra is igaz, hogy a vízenergia, a biomassza, valamint a hulladékok energetikai hasznosítása jelenti a legfontosabb megújulóenergia-forrásokat, viszont az olaj és/vagy a szén szerepe is meghatározó. Ezért emissziós teljesítményük a magas megújuló-arány ellenére sem kiemelkedő, sőt, például Montenegró villamosenergia-rendszerének karbonintenzitása az egyik legmagasabb Európában.

2040-es karbonsemlegesség a szomszédban?

Az antinukleáris álláspontját régiós szinten is képviselő Ausztria nemzetközi összevetésben az egyik leginkább nagyra törő kibocsátás-csökkentési célt tűzte ki maga elé: az alpesi ország 2040-re elérné a karbonsemlegességet. Ez kiváltképpen annak fényében ambiciózus vállalás, hogy 2020-ban az ország CO₂-emissziója még közel 2 százalékkal az 1990-es szint felett állt, utóbbi adat értelmezéséhez viszont azt is érdemes megjegyezni, hogy ugyanezen idő alatt az osztrák energiatermelés volumene közel 50 százalékkal emelkedett.

Az egy főre eső ÜHG-kibocsátás Ausztriában meghaladja az uniós átlagot (8,4 tonna széndioxid-egyenérték/év), ugyanakkor az osztrák villamosenergia-rendszer karbonintenzitása ugyanúgy a legkedvezőbb értékek közé tartozik az európai mezőnyben, ahogyan az ország 36,5 százalékos megújuló-részaránya a bruttó végső energiafogyasztásban (a célérték 34 százalék volt). Ausztria hagyományosan nagy megújulóenergia-felhasználó: a 2004-ben 22,6 százalékos arányszám már akkor is a legmagasabbak között volt említendő. A legfontosabb megújuló források a bioüzemanyagok és hulladékból nyert energia, melyek összességében 20 százalékkal részesülnek az energiaellátásból, de a vízenergia felhasználása is jelentős az energiamixben betöltött 10 százalék feletti részarányával, a nap- és szélenergia viszont mindeddig kisebb szerepet játszott (3%).

Az osztrák villamosenergia-rendszer alacsony karbonemissziója elsősorban a vízerőműveknek köszönhető, amelyek az országban termelt elektromos áram több mint 60 százalékát szolgáltatják. A szélenergia részaránya a 10 százalékot közelíti, a bioüzemanyagoké több mint 5 százalék, a napenergia és a hulladékból nyert energia együttesen szintén hasonló súlyt képviselnek, vagyis összességében a fosszilis források aránya az áramtermelésben 20 százalék körül alakul. A bio- és a vízenergia kiemelkedő helyi jelentőségét részben az magyarázza, hogy az erdőszültségek aránya Lettországhoz hasonlóan Ausztriában is magas, és 50 százalék körül alakul a széles körben jellemző fenntartható erdőgazdálkodás mellett, valamint hogy az ország gazdag nagy esésű, vízerőmű telepítésére alkalmas folyókban.

A fosszilis források közül az olaj súlya a legnagyobb, 30 százalékot meghaladó részarányal, de a földgáz (20-25%) és a szén (5-10%) felhasználása is meghatározó. Miután a szén, olaj és földgáz belföldi kitermelése a fogyasztáshoz mérten szerény és csökkenő trendet követ, Ausztria energiaimport-függősége a 60 százalékot közelíti.

Napenergia nélkül is hasít Portugália



A 2020-ban a bruttó végső energiafogyasztáson belül 22,1 százalékos európai uniós megújulóenergia-részarányhoz képest kiemelkedő, 34 százalékos mutatóval rendelkező Portugália területén szintén nem működik atomerőmű. Az Ibériai-félsziget kisebbik állama kényelmesen teljesítette a 2020-ra kitűzött, 31 százalékos megújuló-részarányra vonatkozó célját, elsősorban a víz- és szélenergiának, illetve a bioüzemanyagoknak és a hulladék energetikai hasznosításának köszönhetően. A megújulók, mindenekelőtt a víz- és szélenergia az országban előállított elektromos áram hozzávetőleg 60 százalékát biztosítják. Érdekesség, hogy kiváló besugárzási értékei ellenére a fotovoltaiikus naperőművek szerepe mindeddig minimális volt a helyi energiaellátásban.

A portugál energiamix legfontosabb tagjai a kőolaj és az olajtermékek, melyek együttesen a teljes energiaellátás több mint 40 százalékát biztosítják. Más országokhoz hasonlóan a szén szerepe Portugáliában is minimálisra csökkent az elmúlt években (3%), míg a földgáz részaránya a mixen belül a 25 százalékot közelíti. A földgáz jelentős súlya már csak azért is figyelemre méltó, mert ezt az energiahordozót 1997 előtt lényegében nem használták az országban. Előretörése különösen a villamosenergia-termelésben látványos, ahol napjainkra mintegy egyharmados részesedést ért el, miközben a másik két fosszilis forrás, a szén és az olaj jelentősége már csupán néhány százalékban mérhető, miután még a 2000-es évek elején is 50 százalék feletti részaránnyal rendelkeztek. Lényegi saját termelés hiányában a Portugáliában felhasznált fosszilis energiahordozók zöme importból származik, így az ország energiafüggősége jelentős, és a maga 65 százalékos értékével meghaladja az EU 58 százalék körüli átlagát.

Az egy főre jutó ÜHG-emisszió szempontjából Portugália az EU legjobban teljesítő tagjai közé tartozik (5,7 tonna/év), villamosenergia-rendszerének karbonintenzitás szerinti teljesítménye viszont inkább csak közepesnek nevezhető. A portugál gazdaság CO₂-kibocsátása 1990-hez képest mindössze másfél százalékkal csökkent 2020-ig, ugyanakkor az ország energiatermelése mintegy 80 százalékkal emelkedett. Portugália aktuális Nemzeti Energia- és Klímaterve 2030-ra 45-55 százalékos emissziócsökkentést irányoz elő, azonban nem 1990-hez, hanem 2005-höz képest. A portugál szén-dioxid-kibocsátás történelmi csúcsát hozó 2002-es, illetve 2005-ös évhez képest már 2020-ig hozzávetőleg 40 százalékkal mérséklődött a karbonemisszió, vagyis a NEKT-ben kijelölt cél ez esetben is meglehetősen óvatos tervezést feltételez. A terv szerint 2030-ra a megújuló energiaforrásoknak 47 százalékos részarányt kell elérniük a portugál energiamixben, ami 2020-hoz képest 13 százalékpontos emelkedést jelentene.

Gázfüggőségbe ragadva?

Ha egy atomerőművel nem rendelkező ország megújulóenergia-termelését nem bővíti kiemelkedő mértékben, abból egyenesen következik a fosszilis források, illetve az importfüggőség átlag feletti aránya az energiamixben. Az energiaellátását nukleáris reaktorok nélkül megoldó legnagyobb európai gazdaság, Olaszország primerenergia-igényét több mint 80 százalékban fosszilis források fedezik, míg az alacsony karbonkibocsátású energiaforrások részaránya 20 százalék körül alakul (a 2020-as cél 17 százalék volt). Az ország energiamixében a legnagyobb, több mint 40 százalékos részarányt a földgáz képviseli, megelőzve a napjainkban már nem egészen 40, az 1970-es évek elején azonban még 75 százalékos súlyú olajat. Atomerőművi és jelentősebb szénerőművi kapacitás hiányában a zsinóráram zömét gázturbinák termelik meg, így az olasz villamosenergia-mixben a földgáz csaknem 50 százalékos arányt foglal el.

Az 1990-es értékhez képest Olaszország szén-dioxid-kibocsátása 28 százalékkal mérséklődött, miközben az ország energiatermelése közel 40 százalékkal nőtt. Az egy főre eső olasz üvegházhatásúgáz-kibocsátás kisebb, mint az uniós átlag (6,5 tonna/év), de a helyi villamosenergia-rendszer karbonintenzitása már legfeljebb közepesnek nevezhető a fosszilis források jelentős súlya miatt. A fosszilis energiaforrások jelentős felhasználását Olaszország csak kis részben képes saját termelésből fedezni, így energiainport-függősége kiemelkedően magas, 70 százalék feletti.



A megújulók 2020-ban az ország bruttó végső energiafogyasztásának 20,4 százalékát fedezték, ami ugyan magasabb, mint a német (19,3%) vagy a francia érték (19,1%), de elmarad az uniós átlagtól (22,1%), illetve a görög (21,7%) és például a spanyol megújuló-aránytól (21,2%) is. Olaszország kedvező megújulóenergia-termelő adottságai ellenére az elmúlt években gazdasági, illetve strukturális akadályok miatt lényegében stagnáltak az új nap- és szélenergiá-telepítések az országban. Az élenjáró európai országokhoz képest az olasz energiapolitika megújulóakra vonatkozó ambíciója is mérsékeltebbnek hat. Az ország Nemzeti Energia- és Klímaterve 2030-ra a teljes energiamixben 30, a villamosenergia-mixben 55 százalékos megújuló-résarányt tűzött ki célként, míg a nap- és szélenergiának a villamosenergia-fogyasztás 34 százalékát kellene fedeznie. Összehasonlításképpen: Ausztria, Dánia, Németország, Portugália, Spanyolország, Svédország és Hollandia 75 százalékos megújuló részarányt kíván elérni a villamosenergia-termelésben 2030-ig, míg a nap- és szélenergiára vonatkozóan Dánia 94, Hollandia és Spanyolország 70, Portugália és Németország 54, Görögország pedig 47 százalékos arányt teljesítené az évtized végére terveik szerint.

A megújuló energiaforrások összességében mintegy 40 százalékos arányban járulnak hozzá az olasz áramtermeléshez: a legnagyobb, megközelítőleg 20 százalékos súllyal a vízenergia, míg a napenergia közel 10, a szélenergia és a biomassza pedig egyaránt mintegy 7-7 százalékkal képviselteti magát. A maradék megújuló elektromos áramot geotermikus energia és kommunális hulladék energetikai célú hasznosítása szolgáltatja az országnak. A szén részaránya a villamosenergia-mixben kevesebb, mint 5 százalék, az olajé pedig már alig haladja meg a 3 százalékot, miután a földgáz az 1990-es évek második felében kezdődött előretörésével gyakorlatilag átvette az olajtól a domináns szerepet.

0 atom + kevés megújuló = magas fosszilis arány

Az Európai Unióban nem csak a legmagasabb, de a legalacsonyabb, 10,7 százalékos megújuló-résarányal is egy olyan ország rendelkezik, amelyben nem üzemel atomerőmű. A szóban forgó ország Málta, ahol a fosszilis források aránya 90 százalék körüli, ami egyben az Unió legmagasabb, ezzel megegyező arányú energiaimport-függőségét is maga után vonja. A szigetország az 1990-es évek közepén kivezette a szenet energiamixéből, azonban akkortól a 2010-es évekig szinte kizárólag kőolajra és olajtermékekre támaszkodott ellátása biztosításában, mielőtt a megújuló kapacitás lassú növekedésnek indult, és mielőtt a földgáz az LNG-import elindulásával 2017-ben megjelent és egy csapásra a mix domináns tagjává vált. A törpeállam viszonylag szerény energiaigénye miatt a fosszilis-túlsúlyos energiamixszel is az EU legalacsonyabb egy főre eső karbonemisszióját produkálja, és az 1990-es szinthez képest mintegy 30 százalékkal tudta visszafogni kibocsátását.

A másik mediterrán szigetország, Ciprus szintén az uniós átlag alatti, 16,9 százalékos megújuló-aránnyal rendelkezik, és mivel atomerőmű sem áll rendelkezésére, a fosszilis források súlya energiamixében kiemelkedő. Máltával szemben azonban Ciprus nem váltotta ki olajfogyasztása nagy részét földgázzal, így villamosenergia-termelését is több mint 80 százalékban olajjal oldja meg. Mindez 90 százalék feletti energiaimport-függőséget, valamint az EU egyik legmagasabb (10,3 tonna/év) egy főre jutó üvegházhatásúgáz-emisszióját eredményezi. Az egyedi körülmények ismerete persze ez esetben is elengedhetetlen a reális helyzetértékeléshez: Ciprus sajátos politikai helyzete erőteljesen befolyásolja gazdasági fejlődését is, így a karbonemisszió 1990 óta megvalósult több mint 60 százalékos emelkedése ennek kontextusában, és egyebek mellett annak fényében értékelendő, hogy a bázisév óta az ország energiatermelése több mint 2500 százalékkal nőtt.

Összegzésül megállapítható, hogy az egyes országok által követett sajátos energiasztratégiák eredményeképpen nincs két tökéletesen egyforma nemzeti energiamix Európában. Különösen az Európai Unió erősen megosztott a nukleáris energia megítélését illetően, az azonban általánosságban leszögezhető, hogy az atomerőművekre nemet mondó országokban átlagosan nagyobb súlyt fektetnek a megújulóenergia-termelő egységek telepítésére. Hogy ez pontosan mely megújuló technológiák milyen arányú kombinációját eredményezi, azt nagyban befolyásolják az egyes országok adottságai: földrajzi helyzetük, természeti kincseik, gazdasági és társadalmi fejlődésük és berendezkedésük, kultúrájuk - végső soron azonban a



megújuló-potenciál maximális kiaknázása kell hogy legyen a cél. Ehhez elengedhetetlen a holisztikus, környezetszempontrú tervezés, valamint a fenntartható, optimális energiagazdálkodásra való örökös törekvés. Minden országban a politikai döntéshozók felelőssége és kötelessége, hogy ezeket a törekvéseket elősegítsék és megteremtsék hozzá a szükséges gazdasági és szabályozási környezetet, valamint támogassák ehhez kapcsolódóan az állampolgárok társadalmi szükségleteit oktatással, szemléletformálással és közösségi munkával.

Atomenergia: korántsem karbonsemleges

A nukleáris energiával kapcsolatban sokan elfelejtik, hogy az Európai Unióban működő atomerőművek üzemanyagául szolgáló urán nagyon nagy részben szintén az EU határain túlról kerül felhasználási helyére. A teljes uniós uránfogyasztás körülbelül 95 százalékát import fedezi, vagyis az atomerőművek lényegében nem járulnak hozzá az energiafüggetlenséghez. Oroszország részaránya az EU uránellátásában meghaladja a 20 százalékot, de a felhasználáshoz elengedhetetlen urándúsításban is megkerülhetetlen tényező (a globális termelés legnagyobb, 35 százalékos részét adva), ugyanakkor több uniós ország, például Németország, Hollandia és Franciaország is rendelkezik dúsító kapacitással. Ezenkívül maga az Unióban működő atomerőmű-technológia is jelentős részben orosz eredetű: az összesen 103 európai reaktorból 18 orosz gyártmányú, amelyek a 13, nukleáris energiát termelő EU-tagországból ötben üzemelnek. Az Oroszországból származó uniós uránimport ugyan egyelőre nem szankciók tárgya, de a háború kitörésével a nukleáris energia jövője is bizonytalanná vált.

Továbbá, egyetlen energiaforrás sem aknázható ki teljesen emissziómentesen, így a nukleáris energia is felelős bizonyos mennyiségű üvegházhatású gáz kibocsátásáért. A kitermelés, a szállítás, a feldolgozás vagy az erőmű megépítése és leszerelése egyaránt növeli a technológia karbonlábnyomát, ahogyan nyilvánvalóan a kiegészítő sugárzó tüzelőanyag több száz vagy ezer évig tartó szigorú kezelése során is létrejön emisszió. Az atomerőművek teljes életciklusára kiterjedő tanulmányok ritkák, és következtetések egyáltalán nem egyértelműek, abban azonban megegyeznek, hogy a nukleáris energiához a fosszilis forrásokénál számottevően alacsonyabb kibocsátás párosul, és többnyire abban is, hogy a nap- és szélenergiáénál ugyanakkor magasabb, bár akadnak ezzel részben ellentétes eredményre jutó tanulmányok is.

Megfontolandó tanulságok

Az országok által kialakított változatos energiarendszerek, illetve az ezekhez vezető energiapolitikai döntések számos olyan tanulságot kínálnak, amelyeket a döntéshozóknak is érdemes lehet tanulmányozniuk. Az egyik élre kívánczoló következtetés, hogy a megújuló energia hasznosításában vezető európai országok közül több eredetileg nem, vagy nem kizárólag a környezet- és klímavédelmi megfontolások mentén döntött az alternatív források fokozott kiaknázása mellett. Így, bár például a kiemelkedően környezettudatos észak-európai államokban a "zöld" szempont hagyományosan nagy szerepet játszik, többük esetében elsősorban a fosszilis energiaimportnak és a világpiaci áringadozásoknak való kiszolgáltatottság, illetve ezeknek az energiaellátásuk biztonságára gyakorolt kedvezőtlen hatásai voltak azok a tényezők, amelyek a megújuló energiák felé fordították őket. A fő motivációt tehát gyakran a nemzeti erőforrások lehető legnagyobb mértékű önellátást lehetővé tevő kihasználása képezi, mely a mellékelt példák alapján a fosszilis forrásokra való támaszkodásnál pénzügyileg és ellátásbiztonsági szempontból is fenntarthatóbb rendszert eredményezhet, mely a hazai gazdaság fejlődéséhez is jobban hozzájárul.

Lényeges tapasztalat továbbá, hogy nem egy ország az energiaszektor életében viszonylag rövidnek számító idő, mindössze pár év alatt volt képes érdemi eredményeket elérni energiarendszere átalakításában, amivel kapcsolatban a politikai akarat és cselekvés szerepe nem hangsúlyozható eléggé, és ami egyben rávilágít a változtathatlanság melletti állásfoglalás tarthatatlanságára is. Másrészt az is látható, hogy a politikai döntéshozók döntései és tétlensége következtében egy-egy ország energiarendszere hosszú időre olyan pályára is "ragadhat", amely a rendre a fosszilis energiahordozók piacain kialakuló



válsághelyzetekben egyértelműen kedvezőtlen az adott országban, például a magas import kitettség miatt.

Napjainkban az elmúlt évtizedekben megjelent új technológiák sora is támogatja a fenntarthatóság felé való elmozdulást, amennyiben arra valós szándék van egy ország kormányában. A fenti példák alapján is megállapítható, hogy az országoknak mindig van választásuk, amikor energiaellátásuk megújuló-alapú újratervezéséről határoznak. Az igazán sikeres országok igyekeznek valamennyi saját forrásukat maximálisan kiaknázni energiamixük kialakítása során, ezzel sokszor nem csak a klímavédelmi, de egyben az ellátásbiztonsági szempontoknak is jobban megfelelően, mint a döntően hagyományos energiaforrásokra támaszkodó társaik.

**

források/hivatkozások:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Nuclear_energy_statistics

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency#Energy_mix_and_import_dependency

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Coal_production_and_consumption_statistics

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Oil_and_petroleum_products_-_a_statistical_overview&oldid=315177#Production_of_crude_oil

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency#Natural_gas

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural_gas_supply_statistics

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_latest_trends_from_monthly_data#Consumption_of_petroleum_products

https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rd300/default/table

<https://www.economist.com/graphic-detail/2021/08/15/can-europe-go-green-without-nuclear-power>

<https://www.euronuclear.org/glossary/nuclear-power-plants-in-europe/>

<https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2022/>

<https://www.iea.org/countries>



<https://iea-gia.org/about-us/members/iceland/>

<https://nea.is/geothermal/>

<https://app.electricitymap.org/map>

<https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS?locations=EU>

<https://ourworldindata.org/energy#country-profiles>

<https://www.reuters.com/markets/commodities/belgian-government-reaches-deal-nuclear-exit-media-2021-12-23/>

<https://www.reuters.com/article/belgium-nuclearpower-idAFL5N2VL56G>

<https://www.swissinfo.ch/eng/energy-deemed-most-serious-problem-facing-economy/47666048>

<https://www.swissinfo.ch/eng/nuclear-energy-strategy-switzerland-russia-ukraine-electricity-renewables/47610154>

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Majority-of-Swiss-support-nuclear-new-build>

<https://www.wartsila.com/insights/article/italys-energy-system-basks-in-the-sun>

<https://www.government.is/topics/business-and-industry/energy/>

<https://www.un.org/en/chronicle/article/icelands-sustainable-energy-story-model-world>

<https://www.energymonitor.ai/sectors/power/weekly-data-russian-uranium-supply-chains>

<https://www.cleanenergywire.org/news/europe-highly-dependent-russian-uranium-nuclear-power-plants-report>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521002330>

<https://wiseinternational.org/sites/default/files/u93/climatenuclear.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890408000575>