

## **Erőművi kapacitás pótlás az ellátásbiztonság és a gazdasági növekedés érdekében**

**Molnár Ferenc**

Óbudai Egyetem, BDI Ph.D. hallgató; molnar.ferenc@phd.uni-obuda.hu

*Abstract: Az emberiség létszámának növekedése, a városi életmód folyamatos kiterjedése és a globális gazdasági növekedés az energiafelhasználás erőteljes növekedését vonzza maga után. A 2017. évi adatokhoz képest a városlakók száma becsülhetően 2040-re több mint 1,7 milliárd fővel fog gyarapodni. Ugyanebben az időszakban a globális energia felhasználás mértéke várhatóan valamivel több mint egy-negyedével lesz nagyobb, mint 2017-ben volt. 2040-re a globális gazdasági növekedés közel 80%-át a termelékenység javulása eredményezi majd. Ezt GDP/fő mutatószámmal jellemezhetjük. Várhatóan a bővülés csaknem 40%-át Kína és India fogja generálni. Az életkörülmények javulása több mint 2,5 milliárd fővel fogja bővíteni a középosztályhoz tartozók táborát, amely szintén az energia igénytöbbleti növekedését fogja eredményezni. De vajon lesz-e elegendő felhasználható formában rendelkezésre álló energia az egyre növekvő igények kielégítéséhez? Az igénynövekedés biztosításán túl vajon foglalkozik-e a szakpolitika a jelenleg üzemelő, de folyamatosan kiöregedő energetikai létesítmények pótlásával. Az elkövetkező évtizedek energiaellátás biztonságát vajon milyen energia-mix fogja biztosítani a fenntartható fejlődést és a klímavédelmi célkitűzéseket is figyelembe véve? Ezekre a kérdésekre keresem a válaszokat a következő cikkben.*

*Kulcsszavak: energia ellátásbiztonság, klímavédelem, fenntartható fejlődés, gazdasági növekedés,*

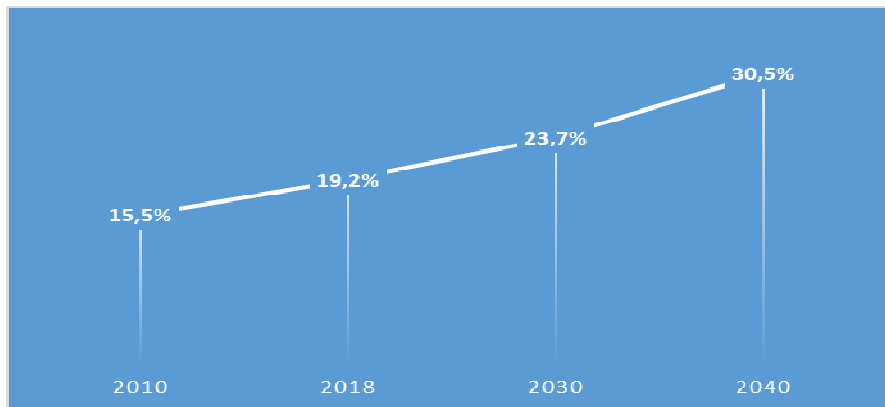
### **1. Bevezetés**

Az energia felhasználható formáiban történő rendelkezésre állása a jelenkori társadalmak és azok gazdaságainak egyik nélkülözhetetlen feltétele. Az energia egyre szélesedő felhasználási területe annak új megjelenési változatait hozza be a mindennapjainkba. A energiafelhasználás fokozódását egyrészt a termelés növekedése másrészt az energiához hozzáférő népesség bővülése fogja eredményezni. A felhasznált energia döntő részben az urbanizált életmód eredménye. A 2017. évi adatokhoz képest a városlakók száma becsülhetően 2040-re több mint 1,7 milliárd fővel fog gyarapodni. Ugyanebben az időszakban a globális energia felhasználás mértéke várhatóan valamivel több mint egy-negyedével lesz nagyobb, mint 2017-ben volt. Meg kell jegyezni, hogy a

szakpolitikai intézkedések hiányában a növekedés ennek az értéknek a négyszerese lenne. (WEO, 2018)

2040-re a globális gazdasági növekedés közel 80%-át a termelékenység javulása eredményezi majd. Ezt GDP/fő mutatószámmal jellemezhetjük. Várhatóan a bővülés csaknem 40%-át Kína és India fogja generálni. Az életkörülmények javulása több mint 2,5 milliárd fővel fogja bővíteni a középosztályhoz tartozók táborát, amely szintén az energia igény további növekedését fogja eredményezni. Afrika a globális populáció növekedés közel felét adhatja 2040-re ugyanakkor a jelenlegi várakozások szerint 10% alatt fog maradni a gazdasági növekedéshez viszonyított részesedésük. (BP, 2020) Éppen ezért Afrika okozhat meglepetéseket az elemzők számára.

A gazdasági fejlődés akkor fenntartható, ha az utódaink számára is biztosítani tudjuk az emberi méltósághoz alkalmas életfeltételek elérhetőségét. Ezzel kapcsolatban a jelenlegi energiaszolgáltatásunkat olyan módon kell szabályozni, hogy bolygónk éghajlata alkalmas maradjon az emberi élet fennmaradásához, másrészt mérsékelnünk kell a Föld erőforrásainak kizsákmányolását (Remsei, 2018). Az energiahatékonyság és az éghajlatvédelem leghatékonyabb eszköze lehet az elektrifikáció. A villamos energia felhasználás kiterjesztése lehetővé teszi az automatizált technológiák térnyerése révén a fajlagos energia-felhasználás jelentős csökkentését és a tiszta energiaforrások azaz a karbon-kibocsátás mentes energiatermelés előretörését. A következő ábra azt szemlélteti, hogy a villamosenergia részarány legalább milyen mértéket kell, hogy elérjen a teljes energiafogyasztáson belül ahhoz, hogy a gazdasági és társadalmi fejlődés fenntartható maradjon.



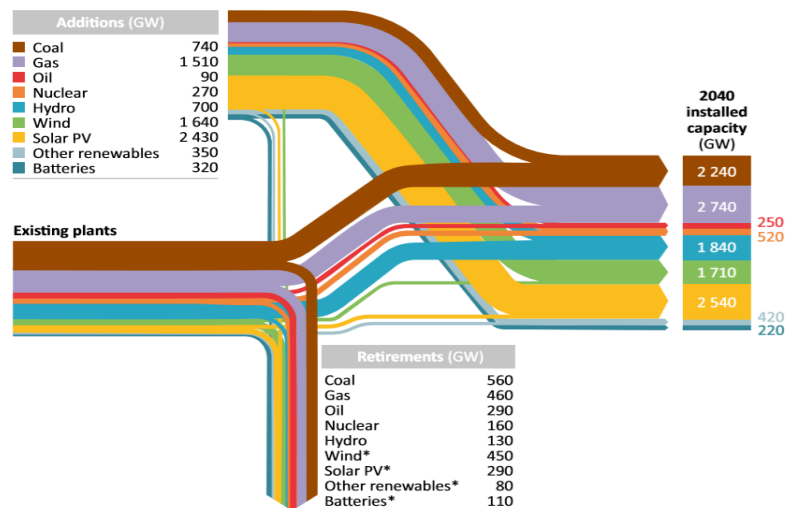
1. ábra: A fenntartható fejlődésben a villamosenergia részaránya a végső fogyasztáshoz képest %-ban megadva. (WEO, 2019)

A fenti ábrán szereplő célok eléréséhez azonban biztosítani kell az ehhez szükséges villamos erőművi kapacitásokat. Szeretném a figyelmet felhívni arra, hogy ehhez a bővülési ütemet követni képes új erőmű létesítéseken túlmenően a jelenleg üzemelő, de folyamatosan kiöregedő erőművek megújításáról vagy pótlásáról is gondoskodni kell, ahogyan ezt a következőkben látni fogjuk.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1. A villamos erőművek kiöregedése és fejlesztése

Az erőműveknek van tervezett élettartama. Az élettartam hosszabbító beruházások is csak véges időtartamra nyújtják ki az üzemeltetés véghatáridejét, éppen ezért azok fejlesztése, megújítása, kiváltása indokolt (Csiszárík-Kocsir, 2016a; 2016b; Csiszárík-Kocsir – Molnár, 2019). A folyamatosan növekvő villamosenergia-igények kiszolgálása mellett az üzemelő kapacitások kiöregedését és leállítását is figyelembe kell venni az energiaellátó-rendszerek kapacitástervezése során. A következő ábra nagyon szemléletesen mutatja be a 2018. és 2040. közötti időszakra tervezett kapacitás megújítás illetve bővítés összetevőit és annak rendszerszintű sémáját globális viszonylatban.



2. ábra: A globális erőműpark kiöregedése és bővítése. (WEO, 2018)

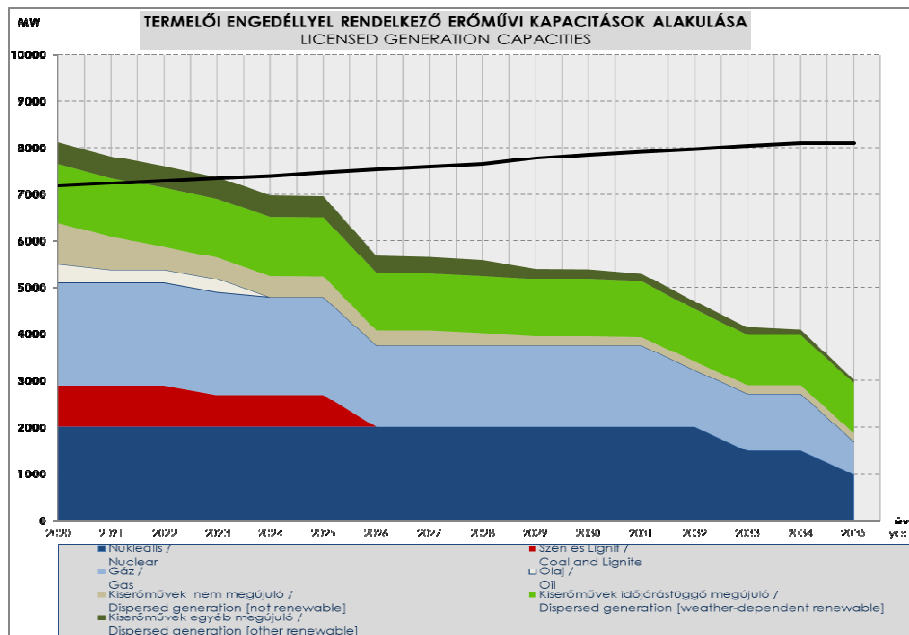
A világban a 2018-ban üzemelő teljes beépített kapacitás több mint egyharmada le fog állni a vizsgált időtartam alatt azaz 2040-ig. Ez hozzávetőlegesen 2500 GW összteljesítményű termelő erőmű kiesését jelenti. A termelésből kiálló, élettartamukat lefutott erőművek több mint a fele fosszilis tüzelőanyagot felhasználó technológiát képvisel. Ezek jellemző életkora 30 év felett van. A tüzelőanyag szerinti megoszlásuk alapján az erőművek fele kőolaj, egyharmada szén és egyötöde földgáztüzelésű technológiát képvisel. Ez a folyamat néhány ország számára a teljes szenes erőműflotta megszüntetését is jelenti egyben. A megújuló bázisú termelő technológiák közül összesen 950 GW teljesítménytől kell búcsút venni. Ezek közül a vízerőművek kivételével a legtöbbször a tervezett élettartama 25 év, amely meglehetősen rövidnek számít az erőművek világában. (WEO, 2018)

Az atomerőművek meglehetősen korosnak mondhatóak. Az üzemidő hosszabbításukat sok bizonytalansági tényező nehezíti. A közel 400 GW kapacitású, jelenleg üzemelő erőműből 30 évnél idősebb több mint a 60%-uk. A jelenleg üzemben levő reaktorok gyártóművi tervezett élettartama 30 és 40 év között volt. A legtöbb beépített nukleáris kapacitással rendelkező fejlett gazdaságban a nukleáris flotta kétharmada 30 évnél idősebb. Közülük csaknem 60 GW korosabb, mint 40 év. Számos ország felismerte az atomerőművek meghatározó szerepét a klímavédelem és az ellátásbiztonság terén, ezért üzemidő hosszabbító beruházásokat hajtottak végre. Ezek közül a jelentősebbek közé tartozik az USA-ban kiadott 99 reaktorra vonatkozó engedély, amelyből 85 esetben 20 év hosszabbítással 60 éves élettartamot futhatnak és négy esetén 60-ról 80 évre bővíthet a termelési lehetőség. Ide sorolhatjuk az MVM Paksi Atomerőmű négy blokkjának 20 évvel történő üzemidő hosszabbítását is. A Cseh Köztársaság jelenleg végzi a négy Dukovany egység benyújtott tervdokumentációjának ellenőrzését további 20-20 év élettartam hosszabbítás szándékával. A francia székhelyű EDF reaktorai közül 15 egység, amely az Egyesült Királyságban működik, megkapta a 40 évre szóló hosszabbítási engedélyt. Svédország is az üzemidő kiterjesztése mellett döntött az öt üzemelő reaktora esetében. Kanada tíz reaktor felújítását végzi, amely flottája nagy részének üzemidejét 2050-ig terjeszti ki. (WEO, 2018)

Ezek a felújítások jelentős kihívásokat is tartalmaznak. A 2011-ben Japánban bekövetkezett Fukushima Daiichi atomerőművi baleset új biztonsági követelményeket hívott életre az iparágban. Sok ország magasabbra emelte a biztonsági szintet és megvalósították a stressz tesztet. Az új tervek már a továbbfejlesztett biztonsági funkciókkal készülnek, amely magába foglalja a passzív védelem funkcióit is. Az atomenergia lakossági elfogadása is nehézségeket jelent több országban. Németország, Belgium és a kínai Thajpei tartományban a nukleáris technológiák kivezetését tervezik. A villamosenergia piac alacsony árai szintén megnehezítik a reaktorok felújításához szükséges beruházások finanszírozását. Ez különösen igaz az Európai Unió egy részére és az USA-ra. Az alacsony piaci árak a már meghosszabbított élettartamú erőművek gazdaságosságát

is veszélyeztetik. Az USA-ban több erőmű jelezte, hogy gazdasági nehézségei miatt kénytelen lesz idő előtt leállni. A nukleáris szektor komoly kihívással küzd néhány régióban, ahol az alacsony megújuló és földgáz árak kétségessé tehetik az üzemidő hosszabbítási engedélyek kiadását. Az új erőmű létesítéseket is nehéz helyzetbe hozhatják az alacsony piaci árak és a folyamatosan szigorodó biztonsági követelmények. (WEO, 2018) Megítélésem szerint a villamosenergia ellátás biztonságának megalapozása hosszútávú, komplex stratégiai tervezést igényel, amelynek az aktuális árampiaci mutatók a sok közül csak egy bemenő adatát jelentik. Ennek a pillanatnyi áramár-értéknek a túldimenzionálása sokrétű kockázatot jelent a jövőre nézve.

A hazai erőműparkra is jellemzőek a globális trendek. A MAVIR előrejelzése alapján a jelenleg üzemelő csaknem 9500 MW beépített kapacitásból a kiöregedésük következtében 2029-re mindössze 5326 MW, míg 2033-ra csupán 3908 MW ipari nagyerőművi összkapacitást vehetünk figyelembe. A jelenleg is üzemelő kiserőművekből 2033-ra mintegy 849 MW kapacitással kalkulálhatunk.



3. A Villamos Energia Rendszerben maradó források és a várható csúcsterhelés. (MAVIR, 2020)

A fenti grafikon a 2020-tól 2035-ig terjedő időintervallumban szemlélteti a különböző hazai erőművi technológiák kiöregedési folyamatát és a fogyasztói igény növekedés várható trendjét. A két görbe közötti növekvő rés az erőmű megújítások, kapacitás-pótlások és az erőmű-park bővítését irányozza elő. Az

energiaellátás biztonságát a szakpolitikai stratégiaitervezési munka kell, hogy megalapozza. A tervezés bemenő adatai komplex elemzések eredményeként születnek. Figyelembe kell venni többek között a gazdaságosságot, az előrejelzéseket, a klímavédelmet, az alaperőművi ellátás megőrzését, a megújuló bázisú energiatermelők rendszerbe integrálását, az import kitettség csökkentését, a rugalmassági kapacitásokat, a hálózat szabályozhatóságát és az európai enrgiastratégiát is.

## **2.2. Tiszta bolygót mindenkinek**

### **2.2.1. A bolygónk védelme**

Az Európai Bizottság (EB) 2018-ban jelentést készített „Európa hosszútávú stratégiai jövőkép egy virágzó, modern, versenyképes és klímasemleges gazdaságról” a „Tiszta bolygót mindenkinek” címmel. A dokumentumot megküldte az Európai Parlamentnek, az Európai Tanácsnak, az Európai Gazdasági Szociális Bizottságnak, a Régiók Bizottságának, az Európai Beruházási Banknak.

A közlemény részletesen bemutatja az éghajlatváltozás kiváltó okát valamint annak már most is tapasztalható és várható negatív hatásait. A gyorsuló globális felmelegedés következtében egyre gyakoribbá és intenzívebbé válnak az időjárás szélsőséges megnyilvánulásai. Az északi sarkkör erőteljes felmelegedése, aszályok, árvizek, hóhullámok, erdőtüzek, hurrikánok pusztító hatását tapasztaljuk egyre gyakrabban. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) 2018. októberben kiadott jelentésében részletesen elemzi az ipari forradalom előtti állapothoz képest bekövetkezett 1C-fokos globális átlaghőmérséklet emelkedés kiváltó okait, következményeit és a folytatásban várható forgatókönyveket. Tudományos megalapozottsággal mutatja be a további felmelegedési lépcsőkhöz tartozó várható következményeket. Szakpolitikai beavatkozások nélkül 2060 után már a 2C-fokot is elérheti az átlaghőmérséklet növekedés. Ebben az esetben a bolygónk szárazföld területeinek 13%-án változhat meg a jelenlegi ökológiai egyensúly. A korallzátonyokból mindössze 1%-a maradhat meg és az északi jégsapka teljes eltűnésével akár 7 m-el is megemelkedhet a tengerek vízszintje, amely az alacsonyan fekvő partszakaszok elárasztásával fog járni. Az időjárás szélsőséges megnyilvánulásai jelenleg Európa polgárainak 5%-át érinti, de 2017-ben ez 283 Mrd Euró többletköltséget jelentett. Szakpolitikai intézkedések nélkül 2100-ra már az európai népesség kétharmadát érintheti ez a hatás. Ezen időszak alatt a mediterránium több mint 15%-a válhat terméketlenné a szárazság következtében. Észak-Afrika és a Földközi tenger környezetéből megindul népvándorlás háborúk kitörését, a gazdasági, társadalmi stabilitások megbomlását eredményezheti. A szakpolitikai beavatkozások eredményeként alapozhatjuk meg a fenntartható fejlődést és a régió biztonságát. (EB, 2018)

### **2.2.2. Virágzó, modern, versenyképes és klímasemleges gazdaság távlatai Európában**

A 2050-ig szóló stratégia Európa és egyben a globális klímavédelmi tervek megvalósításáról szóló törekvéseket tartalmazza. Ez a szakpolitikai célok megőrzése mellett azok elérésének javasolt módjait, a lehetséges irányokat tartalmazza. A legfontosabb cél, hogy 2050-re gazdasági és társadalmi megrázkódtatások nélkül teljesüljön az üvegház hatású gázok nettó zéró emissziója. A célok meghatározásánál az ENSZ és a Párizsi Egyezmény által meghatározott elvárások teljesítése a döntő szempont. A globális üvegházhatású gázok kibocsátásának 10%-a köthető az EU tagállamok tevékenységéhez. Az EU eddigi legmagasabb emisszió értéke 1979-ben terhelte a legkört. Az elindított energiaátmenetnek köszönhetően az 1990. és 2016. közötti időszakban elért 54%-os GDP bővülést, 2%-os energiacsökkennés és 22%-os emisszió mérséklődés mellett sikerült elérni. Az EU klímavédelmi intézkedéseinek betudhatóan új gazdasági ágazatok jelentek meg, bővítve a munkaerő piacot és a fejlesztések eredményeként egyben a költségek csökkentését is lehetővé tette. A legjobb példák egyike, hogy 2005-höz képest, 8%-os bővüléssel a megújuló energiák használatának részesedése 2017-re elérte a 17%-os arányt. Az EU által megvalósítandó energiaunió elsődleges feladatai közé sorolja az EB az energiahatékonyság és a megújuló energiák használatának vezető szerepét. Az emisszió kereskedelmi szabályozások törekvése, hogy a szén-dioxid kibocsátás és kivonás egyensúlyba kerüljön. A 2030-ra vonatkozó célszámok szerint az energiahatékonyság 32,5%-os javulását és 32%-os megújuló felhasználást várnak el a végső energiafelhasználásra vonatkoztatva. Mindezt az 1990-es értékhez képest 40%-os emisszió csökkentés mellett végrehajtva. Az iránymutatás egyik lényeges eleme, hogy a 2050-re vállalt karbonsemlegesség úgyszólván megvalósítható, hogy valamelyik ágazat kibocsátását egy másik ágazat kivonja, például erdőszítéssel. A merész elképzelések kizárólag széleskörű összefogással valósulhatnak meg, amely a társadalom minden rétegét érinti. A közös erőfeszítések a fenntarthatóság megteremtése mellett a polgárok életminőségének emelkedését is jelentik. (EB, 2018)

### **2.2.3. A zéró emisszióval rendelkező gazdaságra való átállás**

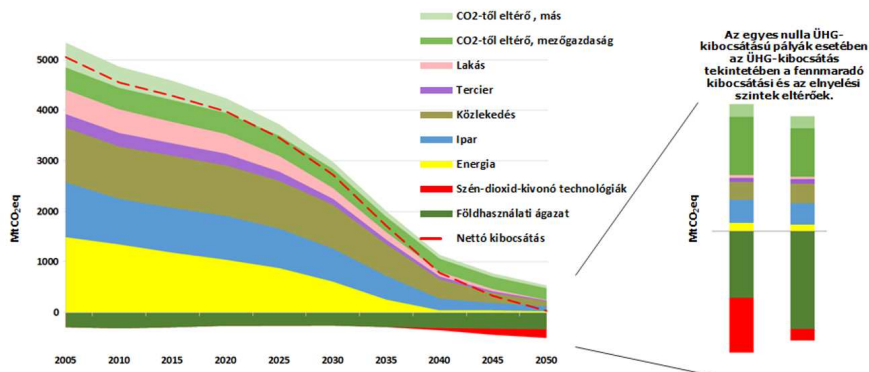
A társadalmi és gazdasági korszerűsítések kulcsfigurája az állampolgár és a fogyasztó vagyis az emberi tényező. A jövő iránya a digitalizáció által biztosított okos rendszerek felé vezet, amely minden energiaágazatot és közlekedést is megváltoztatja a végfelhasználó kényelmét szolgálva. Minden eddiginél nagyobb szerephez jut a kutatás-fejlesztés és az innovációk segítése. A versenyhelyzetet a fejlődő gazdaságok fogják egyre élesebbé tenni. Az Európai Unióban az

üvegházkibocsátású gázok csaknem 75%-a az energiafelhasználással hozható összefüggésbe. Az okos- megoldások és technológiák forradalmi átalakulása az innovációkat is magába integráló energiaátmenet felé vezet, amelynek végállomása a zéró kibocsátás megközelítése. A döntéshozók és a gazdasági vezetők feladata, hogy az innovatív megoldások a lehető leggyorsabban beépüljenek a technikai struktúrákba, hogy a leghatékonyabb eszközök alapozzák meg a célkitűzések elérését. A döntések előkészítéséhez különböző szempontrendszer szerint kidolgozott forgatókönyvek születtek. A következőkben a teljesség igénye nélkül ezek lényegi elemeinek ismertetésére fog sor kerülni. A forgatókönyvek közös alapja az EU energia és klímavédelmi politikája valamint a Párizsi Egyezményrel való összhang megtartása. Az alternatívák különböző módon értékelik az elektrifikációt, az energiahatékonyságot, a szintetikus gázok, a körforgásos gazdaság alkalmazását valamint az energiaátmenet intenzitását. Öt forgatókönyv a zéró kibocsátás elérését célozza, azonban az erdőgazdálkodás karbon megkötő képességét is figyelembe véve legfeljebb 85%-os kibocsátás csökkenés látszik megvalósíthatónak 2050-re az 1990-es szinthez képest. (EB, 2018)

A forgatókönyvek legfontosabb megállapításai között találkozunk a háztartásokra kiterjesztett energiahatékonysági törekvésekkel. Ez a szektor az energiafogyasztás 40%-os részesedésével rendelkezik, ezért az elektrifikáción keresztül megvalósítható automatizálás lehetőséget teremt az energia intenzitás további javítására ebben az ágazatban is. Az energiafelhasználást döntően még fosszilis források biztosítják. Az energiaátmenetben a megújuló energiák használatának térnyerésével az elektrifikációhoz közvetlenül felhasználható villamos energiát kapunk. Az EU 2018. évi 55%-os gáz és olajimport kitétsége 2050-re 20% körüli értékre csökkenhet. Ennél vannak merészebb fosszilis importcsökkentési tervek is. A megújulók előtörése új munkahelyeket teremt, jelentős emisszió és költségcsökkenéssel jár. Az energia behozatali költségek csökkenése előre láthatóan 2031. és 2050. között akár 3 billió EUR is lehet. 2050-re a villamosenergia források között a megújuló bázisú termelés aránya akár 80%-ot is elérheti, amely mellett legalább 15%-nyi nukleáris energia fogja biztosítani a tiszta forrásból származó áramot az okos rendszerek számára. Az IPCC jelentések a megújuló energiák használata mellett az atomerőművek termelését is szükségesnek tartják az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. A megújuló bázisú termelés fejlesztés előtt álló területe az óceánenergia. A villamosenergia felhasználása a közlekedés az ipar és a fűtési ágazatokban is lehetővé teszi a dekarbonizáció felerősödését. A villamosenergia közvetlen felhasználásán túlmenően előállíthatunk vele szintetikus gázokat is, mint például a hidrogén vagy a metán. A szintetikus gázokat közvetlenül használhatjuk energiaforrásként vagy a gázhálózatokba bekeverve tiszta energiát biztosítanak. Fontos szerepük lehet a megújuló vagy nukleáris forrásból származó tiszta energiák megtermelt többletének tárolásában. Szintetikus gázokat előállítva hosszú távú energiatárolási célokat valósíthatunk meg. A közlekedés terén is sok lehetőség kínálkozik a tiszta energia használatára. A földi közlekedésben az elektromos hajtások és szintetikus gázok felhasználása lesz jellemző különféle technológiákon keresztül. Ami érdekessége az iránymutatásnak az a légiközlekedésre vonatkozó bio-üzemanyagok bevezetése. Az európai népesség háromnegyede városokban él. A helyi közlekedés-szállítási



rendszerek nagy lehetőséget jelentenek innovációk és okos rendszerek alkalmazásával az energiaátmenet sikeres megvalósításához. Az ipar területén az elektrifikáció és a szintetikus gázok penetrációja nyit új szakaszt. Fontossá válik a kiemelt nyersanyagok hatékony felhasználása és visszanyerése. Az ipari termelés új termékei meg fogják változtatni a piaci viszonyokat is. Az infrastruktúra fejlesztések nélkül a digitalizáció, automatizálás és az energiaátmenet nem érvényesülhetne. Szükség van a kommunikációs hálózatok, a villamosművek, a gázvezetékek és gáztárolók valamint a közlekedési utak és intelligens töltőhálózat fejlesztésére. A bioenergiák előállítás fejlesztésének jelentőségét a 2050-re 30%-al gyarapodó európai népesség táplálékkal való ellátása, a biomassa primer forrásként történő figyelembe vétele és a növényzet szénmegkötő képessége helyezik előtérbe. A CCUS technológiákat a negatív CO<sub>2</sub> kibocsátás érdekében kell fejleszteni. Ez azt jelenti, hogy több szén-dioxidot vonunk ki a légkörből, mint amennyit kibocsátunk. A technológia gazdaságosságának és kereskedelmi érettségének eléréséhez még hosszú az út a fejlesztők és innovátorok előtt. (EB, 2018)



4. Az üvegházhatású gázkibocsátási elvárás szerkezeti összetétele a 1,5C-fokos globális átlaghőmérséklet-növekedés megtartásához (EB, 2018)

A fenti ábrán vázolt, szektoronként megjelenített emisszió csökkentési elvárások teljesülése nagyon sok kihívással és buktatóval jár. A megvalósítás lehetséges módozataira születtek forgatókönyvek és ajánlások. A globálisan fenntartható fejlődés és az Európai Unió biztonságának, társadalmi és gazdasági vívmányainak megőrzése valamint továbbfejlesztése érdekében a politikai-, gazdasági vezetők összefogására, a teljes lakosság energiatudatos személyes döntéseire van szükség.

A Clean Planet for all c. EU dokumentum elsősorban megújuló termelést preferálja a nukleáris alapú termeléssel szemben, holott az atomerőművek termelése jelentős CO<sub>2</sub> csökkentési képességet képvisel. Az EU erre építi fel későbbi kereskedelmi, hiteltámogatási rendszerét is. Ebben a kérdésben jelenleg is komoly szakmai-politikai viták folynak, amelyben a „pro-nukleáris” tagállamok és nukleáris szervezetek, így például a FORATOM is ennek megváltoztatását, reális

alternatívájú, működőképes kiegészítését indítványozzák az atomenergia kellő súllyal történő figyelembe vétele érdekében.

A hazai ellátásbiztonság és a klímavédelem szempontjából meghatározó az MVM Paksi Atomerőmű által stabilan, gazdaságosan előállított villamosenergia mennyiség, amely a belföldi termelési szerkezeten belül megtermelt villamos energia mennyiség csaknem felét, 90% feletti teljesítménykihasználási tényező mellett biztosítja. Az atomerőmű 20 évvel hosszabbított üzemideje 2032. és 2037. között mind a négy blokkra vonatkoztatva le fog járni ezért a kapacitás fenntartásáról gondoskodni kell.

### **2.3. A hazai nukleáris kapacitás fenntartása**

A Nemzeti Energiastratégia 2030 dokumentum 2011. évi első kiadása és a 2020-ban kiadott felülvizsgált változat is kiemelt szerepet szán a hazai nukleáris kapacitás fenntartásának, amely hosszú időre tervezhetően emissziómentes termeléssel szolgálja az ellátásbiztonságot és a klímavédelmet. Csökkenti az importfüggőséget, mert a stabil társadalmi viszonyokkal rendelkező országokból származó üzemanyag nagy energiasűrűsége révén évekre is jól készletezhető. Az alaperőművi zsinórtermelés nélkülözhetetlen eleme egy villamosenergia-rendszernek. Hazánkban a zsinórtermelést a lignit tüzelésű Mátrai Erőmű és az MVM Paksi Atomerőmű biztosítja. 2037-ig a jelenleg üzemelő mindkét alaperőművünk hiányozni fog termelői szerkezetből. A hazai adottságokat figyelembe véve, klímabarát módon a pótlásukat az alaperőművi funkciók megtartásával csak a nukleáris energia felhasználásával tudjuk biztosítani. A legújabb generációs atomerőműveknek megnövelt biztonsága mellett az ENTSO-E előírása szerint már manőverező képességgel is rendelkezniük kell. Ez 50÷100% közötti teljesítmény érték változtatási képességet jelent.

Magyarország Atomtörvénye vagyis az 1996. évi CXVI törvény hatálya alá tartozik minden tevékenység, amely a nukleáris energia használatával kapcsolatos. A 40/2008-as Országgyűlési Határozat felhatalmazást adott a Kormánynak a nukleáris kapacitás fenntartására szolgáló atomerőművi bővítéshez szükséges előkészítési tevékenységek megkezdésére. A Parlament 2009. március 30-án, 93,6%-os többségben, mondhatni egyhangúan döntött arról, hogy a Kormány által megkezdett előkészítő munka folytatásaként paksi helyszínre kezdődhessen meg az új létesítés előkészítése. A Kormány megbízása alapján a feladat végrehajtását az MVM Zrt. kezdte meg Lévai Projekt néven, amelynek eredményeként 2012-ben elkészült az Előzetes Konzultációs Dokumentum. A környezetvédelmi engedélyezési eljárás részeként elkészült anyag azonosította a hazai rendszerszintű műszaki és terhelési igényekhez szóba jöhető blokkokat. (Aszódi, Boros, 2015)

A hazai rendszerszintű elvárásokon túlmenően a lehetséges technológia kiválasztásához figyelembe kellett venni a 118/2011. Kormányrendeletet a

Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) című mellékleteivel együtt valamint a vonatkozó nemzetközi előírásokat. A Pakson megvalósítandó új blokkok technológiájaként jelenleg is nagy referenciával és üzemi tapasztalattal rendelkező típus jöhetett szóba. A világon a legerjedtebb típusú reaktor a könnyűvíz hűtésű és könnyűvíz moderátorral rendelkező nyomottvizes (PWR: Pressurized Water Reactor) technológia. A sort a forralóvízes reaktor (BWR: Boiling Water Reactor) folytatja, azonban a Fukushimaiban bekövetkezett események jelentősen visszavetették az elfogadottságát. A PWR reaktorok kétkörös kialakítása teszi lehetővé, hogy a primer oldali hűtőközeg nem érintkezik a szekunder kör berendezéseivel, vagyis a turbina szigettel és a hozzá tartozó technológiai egységekkel. A globálisan létesítés alatt álló blokkoknak csak az egyötöde nem PWR típus. A hazai nukleáris létesítési szabályzatok nem kizárólagos jellegűek, tehát nem tartalmazznak kötelezően választandó reaktortípust viszont az előírt műszaki és biztonsági paramétereknek kell megfeleltetni a lehetséges reaktorok jellemzőit. Jelenleg a 3 és a 3+ generációs technológiák létesíthetőek. A különbség közöttük a biztonsági rendszerek fejlettségében van. A 3+ generációs erőművek biztonsági rendszerei a fukushimai baleset tapasztalatait integrálva, rendelkeznek a tervezési alapon túli események és a passzív biztonsági rendszerek alkalmazásának előnyeivel, különös jelentőséget tulajdonítva a külső eredetű veszélyforrásokkal szembeni védelemnek. A technológia kiválasztásához vezető vizsgálat az AP1000/Westinghouse, az APR-1400/KEPCO, az EPR/Areva és a VVER-1200/Rosatom reaktorokat érintette. (Aszódi, 2017)

Az új paksi blokkok gyártójának kiválasztásához az elsődleges szempont a biztonsági követelmények legmagasabb szintű teljesítése. Az NBSZ 3a. fejezete nagyon szigorú elvárásokat támaszt az új létesítésekkel szemben. Csak olyan atomerőművi blokk létesíthető, amelyre igaz, hogy  $10^{-5}$ /év érték alatt van a súlyosabb zónasérüléseket kiváltó események várható összesített gyakorisága. A zóna sérülése vagy megolvadása nem okozhat jelentős környezetbe kerülést. Jelentős radioaktív környezetre gyakorolt hatás a  $10^{-6}$ /év érték alatt kell, hogy maradjon. Az új reaktorok esetén ki kell terjeszteni a tervezési alapot. Ahhoz, hogy a kezdeti események következménye ne járjon a környezetre gyakorolt jelentős hatással a teljes feszültségkimaradás vagy a teljes hűtőközeg elvesztése esetén is rendelkeznie kell megfelelő védelemmel. Az esetleges súlyos balesetek esetén viszont a mérnöki rendszereknek kell a biztonságot szavatolni. Az NBSZ követelményein túl az aktív biztonsági rendszereknek a tervezési üzemzavarok esetén kell helyt állni. Ezek közé sorolható az üzemzavari zónahűtő-, vészbórozó- és az üzemzavari tápvízrendszer. A biztonsági filozófia négyszeres redundanciát követel. A passzív biztonsági rendszerek a tervezési alap kiterjesztésén túli történések esetén nyújtanak védelmet. Aktív hűtőrendszer hiányában a passzív hőelvezető rendszer 200 MW hőteljesítmény elvonására alkalmas. A passzív hűtőrendszer része a gőzfejlesztőnként egy-egy  $450\text{m}^3$ -es felül nyitott víztartály, amelyek a konténment passzív hűtését is ellátják szükség esetén. Amennyiben mégis bekövetkezne a zónaolvadás, abban az esetben a zónaolvadék-csapda fogja fel és hűti le a reaktortartályt átolvasztó olvadékot. A fenti követelményeket kielégítő VVER-1200 típusú reaktor V491-es altípusa került kiválasztásra az MVM Paksi Atomerőmű kapacitás fenntartására. A kiválasztott reaktortípus zónasérülési

gyakorisága  $6 \times 10^{-7}$ /év és a jelentős korai radioaktív kibocsátás számított gyakorisága  $2 \times 10^{-8}$ /év érték. Mindkét érték jóval az elvárt határ alatt van. (Aszódi, Boros, 2015)



5. VVER 1200 konténment. (Aszódi, Boros, 2015)

A kiválasztott reaktortípus a VVER-1200 V491 referencia létesítménye a Leningrád II erőműben található, amelynek első blokkja 2018. március 9-től hálózatra termel. A 3200 MW hőteljesítményű és 1198 MW villamos teljesítményű blokkokat egyenként, 34,8% nettó hatásfokkal, 7,1% önfogyasztással, 90% feletti teljesítménykihasználási tényezővel 60 év üzemidőre méretezték. A primer kör nyomása 162 bar, a szekunder kör üzemi értéke 68 bar. A GE Alstom Arabelle 1000 típusú turbinaszíjget lett a nemzetközi közbeszerzési versenyztetés nyertese

2018-ban. (Rosatom ZAKUPKI) A blokkvezérlő rendszer gyártási és szállítási lehetőségét a Framatome SAS-Siemens AG francia-német konzorcium nyerte szintén a Rosatom nemzetközi közbeszerzési tenderen 2020-ban. A primer hűtőrendszert négy hurokban vízszintesen elhelyezett egy-egy gőzfejlesztő alkotja. Ez a kialakítás csak a VVER reaktorokban található. A zónában 4,57 m magas és 3,16 m külső átmérővel rendelkező, 163 db üzemanyag kazettát találunk. A reaktor szabályozását fésűs szabályzó elemek látják el. Az üzemanyag kezdeti dúsítási értéke 4,79% és gadolínium kiegészítő mérget tartalmaz 12 hónapos kampányra. A reaktortartály falvastagsága 20 cm, anyaga szénacél, belső plattírozott ausztenites réteggel. A reaktortartály osztósíkiig mért magassága 11,2 m, tömege 330 tonna. Minden gőzfejlesztő 11 000 db hőcserélő csövet tartalmaz, amelyek 6100 m<sup>2</sup> felülettel teremtenek kapcsolatot a primer és szekunder kör között. A gőzfejlesztőkből négy egységet találunk, amelyek hossza egyenként 14 m. A teljes primer kört a reaktoral és a gőzfejlesztőkkel együtt a vasbetonból készült 2,4 m vastagságú és 51,6 m átmérőjű talapzaton álló duplafalú 44 m belső átmérővel tervezett konténment zárja magába. A kijutást akadályozó előfeszített 120 cm vastag belső fal reaktor felé eső oldalán 6 mm korrózióálló acél palást található. A külső fal akár a jelenleg forgalomban levő legnagyobb utasszállító gép becsapódásának hatásától is képes megvédeni a primer kör berendezéseinek épségét. (Aszódi, Boros, 2015)

A két új reaktorblokk szállítására Magyarország és Oroszország közötti államközi szerződés (IGA) aláírására 2014. január 14-én került sor. A szerződés bruttó értéke 12,5 Mrd EUR, mely 2 AES 2006-os egység „key-turn” típusú szállítását tartalmazza. Az építési fővállalkozói feladatok az Orosz Állami Atomenergetikai Konzern a Rosatom felelősségi körébe kerültek. A Rosatom az Európai Unióval való megállapodása értelmében a teljes szállítási terjedelmének 55%-át nemzetközi versenyeztetés keretében szerzi be. Az engedélyeztetés a korábban a projektet ért külső hatások következményeként aktualizált ütemezéseknek megfelelően halad. Az erőmű már rendelkezik környezetvédelmi és telephelyengedéllyel. 2017-ben az Európai Bizottság több vizsgálatot is indított a Paks II. projekt átvilágítására. Minden vizsgálat a projekt számára kedvező eredménnyel zárult. Az EU részéről minden akadály elhárult a beruházás megvalósításának útjából. A létesítési engedély kérelem több százezer oldalt kitevő dokumentációja tervezetten 2020. június 30-ig kerül benyújtásra az OAH és az MEKH részére. 2019. nyarán az OAH és MEKH engedélye alapján megkezdődött az építési engedély köteles iroda és kiszolgáló épületek építés-szerelése, amelyek a felvonulási-építési terület (CEB) részét képezik. A projekt ezt megelőzően már megszerezte a vonatkozó nemzetközi és a hazai jogszabályok előírásai szerinti eljárásban a Környezetvédelmi-, Vízjogi- és Telephely Engedélyt.



6. A paksi bővítés 5. és 6. sz. blokkjainak látványterve. (Paks II.)

## 2.4. Az első Nemzeti Energiastratégia 2030 (2011)

Az energia felhasználása kiemelt jelentőséggel bír a társadalmi és gazdasági stabilitás megteremtésében. Az állampolgárok jólétének fokozása mellett a rendvédelem, a nemzetbiztonság és a honvédelem is csak az energia folyamatos rendelkezésre állása mellett lehetséges. Minden felelősen gondolkodó kormány a jelenkor energiaigényének biztosítása mellett a jövőben várható igények biztonságos ellátása érdekében lefekteti a több évtizedre előre nyúló időszakra vonatkozó energiastratégiát. Az első hazai energiastratégia elkészítésének munkái 2010. augusztusban indultak több mint száz meghatározó szakmai, tudományos, gazdasági és társadalmi szerepvállaló, valamint szakbizottságok bevonásával.

A Nemzeti Energiastratégia 2030 dokumentum 2011-ben készült el és az Országgyűlés 77/2011 (X. 14) határozata hivatalosította a végrehajtását. A dokumentum előtérbe helyezi a szemléletváltást. Az energetikai fejlődési pálya kijelöléséhez a klímavédelmet és a fenntartható gazdasági növekedést alapul véve fogalmazza meg a szükséges irányelveket valamint javaslatokat.

A világméretű folyamatok megismerése a hazai ellátásbiztonság stratégiájának megfelelő elhelyezését szolgálja a nemzetközi környezetben. A legfontosabb globálisan jelentkező peremfeltételek között szerepel a primer energiahordozók kimerülése és a birtoklásukért folytatott küzdelem, az energiaiimportnak való kiszolgáltatottság, a szigorodó környezetvédelmi előírások, az elektrifikáció előretörése az energiafelhasználási szektorokban, az éghajlatváltozás hatásai a

gazdasági tervezésre és a kritikus infrastruktúrák előtérbe kerülése. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2011)

A fenntarthatóságot úgy tudjuk biztosítani, hogy a jelenlegi energiafelhasználásunk nyújtotta jólétünket olyan módon valósítjuk meg, hogy a jövő generációk részére is biztosítsuk a lehetőségét a saját kényelmük megvalósíthatóságára. A dokumentum jelmondata a „függetlenedés az energiafüggőségtől”. 2010-ben az energiafogyasztásunk 62%-a külföldről behozott fosszilis forrásokból származott. Az MVM Paksi Atomerőmű ekkor a hazai villamosenergia-termelés 42 %-át fedezte. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2011)

Az energiafüggetlenséghez vezető eszközöknél az egyik ajánlás a mezőgazdasági termelés szerkezetében a rugalmas kettős funkció választási lehetőségének kialakítása, amely az élelmezés és az energiaforrás felhasználási lehetőségek alternatíváit prioritizálja. A nukleáris bázisú energia nélkülözhetetlen az elektrifikáció kiterjesztésében. A hálózat stabilitását a határkeresztező kapacitások bővítésén keresztül növelni kell. A hazai lignitvagyon szolgálhat biztonsági tartalékul is, a fejlesztések eredményeként a tiszta szén technológián keresztül csökkentheti a behozatali függőséget. A megújuló források használati feltételül hangsúlyt kap a technológiák fejlettsége, a rendszer szabályozhatósága és a gazdasági lehetőségek. A primerenergia szerkezetben belül 2030-ra 20%-os megújuló részarányt vetített előre. A megújuló szerkezetben a biogáz, biomassza, geotermiák és az időjárásfüggően termelő nap-, valamint szélenergiák számítanak kiemelt technológiáknak. A dokumentum foglalkozik még az anyagában már nem hasznosítható ipari és lakossági eredetű hulladékok energetikai célra való hasznosításával is. Az eszközök tekintetében legbölcsebb megállapítás a szemléletformálással kapcsolatban, hogy „az el nem használt energia a legolcsóbb és a legkörnyezetkímélőbb”. A primer energiaforrások felhasználás mértékének csökkentéséhez az energiahatékonyság és az energaintenzitás javítása szükséges. 2010-ben a hazai összes felhasznált energia 40%-át az épületek ágazat fogyasztotta el. A lakások hőtechnikai és műszaki korszerűsítését indokolta, hogy egy azonos alapterületű lakás Bécsben fele annyi energiával volt fűthető 2011-ben, mint Budapesten. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2011)

Az atomenergia szerepe sok irányból elemezve nélkülözhetetlen a hazai gazdaság számára. A rendkívül kedvező villamosenergia-termelői árszint a versenyképesség biztosításának egyik pillére. A hazai áramtermelő szerkezetben több mint 40% részesedéssel megtermelt karbonmentes villamosenergia előállításával nélkülözhetetlen a klímavédelmi vállalásaink nem tudnának teljesülni. Ezt az energiamennyiséget alaperőműként zsinórtermelésben a legmagasabb rendelkezésre állási és teljesítménykihasználási mutatók mellett produkálja az atomerőmű. A stratégiai célok az évi 1,5%-os fogyasztás bővülési trend kielégítése és az ezzel párhuzamosan jelentkező EU dekarbonizációs elvárások teljesítése az atomenergia hosszútávú fenntartását indokolják. A kiöregedő blokkok pótlására új blokkok létesítését tartalmazza a javaslat, sőt az erőművi flotta kieső egyéb technológiai helyett belépő nukleáris blokkokkal az atomenergia részarány bővítését is megfontolandónak tartja a 2011-es szakpolitika. Ezek az intézkedések hozzájárulhatnak az Európai Unió 2050-re kitűzött akár 95%-os emisszió

csökkentési célok eléréséhez is. A nukleáris biztonságnak minden más szempontot és érdeket alá kell rendelni. Az üzemelő blokkokat folyamatosan korszerűsíteni kell és az üzemeltetés szigorú szakmai felügyelete alapelvárás. Az energetikai szektorban sem elhanyagolható nemzetgazdasági szintű kérdés a foglalkoztatás fenntartása lehetőség szerint bővítése, valamint a szakemberképzés támogatása. Az energia- és jövőtudatosság szempontjából a szemléletformálás nélkülözhetetlen az energiaforrások és átalakítási technológiák tényszerű megismerésében valamint a személyes felelősségteljes döntések meghozatalában az energiahatékonyság megvalósíthatóságában. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2011)

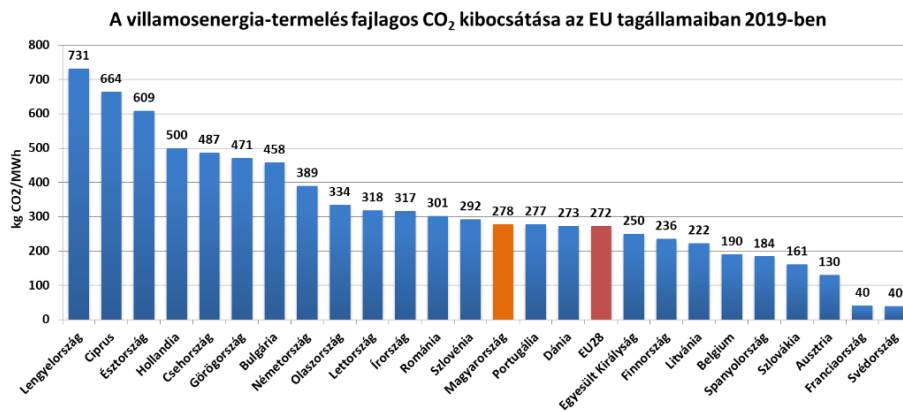
## **2.5. Az új Nemzeti Energiastratégia vizsgálata a nukleáris energiatermelés szempontjából**

Globális trendek hatással vannak a hazai folyamatokra is. Ennél fogva a világméretű energiaátmenetben Magyarországnak is teljesítenie kell az elfoglalt helye és nemzeti sajátosságai szerinti kötelezettségeket és alkalmazkodnia kell a modernizációs törekvésekhez. Az Európai Unió tagjaként az EU irányelveket és rendeleteket követve a magyar állampolgárok érdekeit maximálisan szem előtt tartva kell az energia ágazat fenntartható és klímasemleges átalakításához szükséges hazai ajánlásokat megfogalmazni. Ennek szellemében került sor az első Nemzeti Energiastratégia 2030 felülvizsgálatára.

Az új energiastratégia kiemelt feladatának tekinti az energiafüggetlenség, az energiabiztonság, a karbonmentesítés és az alacsony rezsiköltségek fenntartását és tovább erősítését. Magyarország nem bővelkedik a hagyományos energiaforrásokban, ezért a fenti célok eléréséhez nélkülözhetetlen nukleáris energiát a megújuló bázisú termelés hivatott kiegészíteni. Az ellátás biztonsága az energiafüggetlenség folyamatos növelése mellett nemcsak jóléti és gazdasági, hanem nemzetbiztonsági kérdés is egyben. Az importfüggőség csökkentési törekvése nem jelenti azt, hogy az ellátásbiztonság és az európai árampiac nyújtotta előnyök érdekében ne kellene tovább fejleszteni a határkeresztező kapacitásokat villamos és gáz távvezeték vonatkozásában is. Az energiaátmenetben kiemelt szerep jut a megújuló energiák felhasználásának, azonban a legnagyobb energiagigénnyel rendelkező ágazatok modernizációja nem nélkülözheti a nukleáris energia nyújtotta előnyöket. A hazai energiaátmenet hosszú távon az atomenergia és a napenergia együttes termelésére alapozza a klímavédelmi és ellátásbiztonsági törekvéseit. A jelenlegi áramtermelési szerkezetben az MVM Paksi Atomerőmű csaknem 50%-os részesedésének fenntartása nélkül nem teljesülhetne 2030-ra a hazai vállalat, hogy az erőműveink által megtermelt villamosenergia legalább 90%-a karbonmentes forrásból származzon. Az energia átmenet sikeréhez hozzájárul, hogy 2017. évvel bezárólag 5 év leforgása alatt az MVM Paksi Atomerőmű négy blokkjának üzemidő hosszabbítási munkái sikeresen megtörténtek. Az Országos Atomenergia Hivatal engedélye alapján a négy reaktor üzemeltetésének lehetősége



a lefutott 30 évet követően további 20 évvel bővült. A hulladék elhelyezési feladatokat megkönnyíti és a blokkok teljesítménykihasználását javítja az üzemanyagciklus idejének megnövelése a korábbi 12 hónapról 15 hónapra. További 30 MW teljesítményemelkedést jelent a 2019-ben lezárult turbina felújítási projekt, amely a nyolc gépegység modernizációját négy év alatt valósította meg. A Paks II. projekt megvalósítása előtt szabadabbá vált az út miután az Európai Bizottság által indított vizsgálatok hazánk számára eredményesen zárultak. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

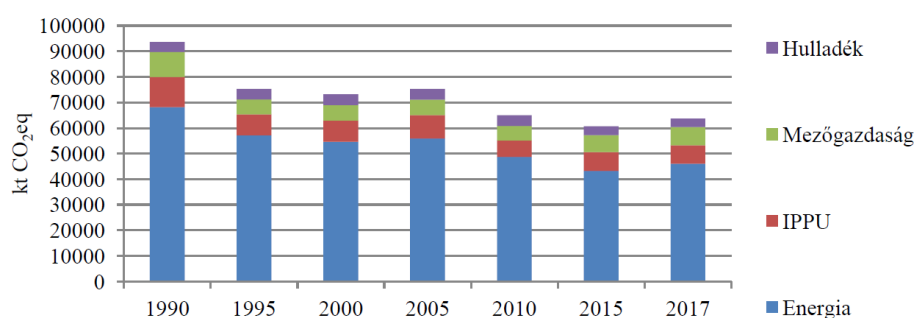


7. Az EU tagállamok fajlagos CO<sub>2</sub> kibocsátása a villamosenergia termelésben 2019-ben. (Paks II., 2020)

Magyarország az MVM Paksi Atomerőmű termelési volumenének köszönhetően 2019-ben csaknem 56%-ban karbonmentes villamosenergiát állított elő. Ebből több mint 50%-pontot a nukleáris bázisú termelés tett ki, míg az összes megújuló forrás, kevesebb mint 6%-pontot ért el. Az atomerőmű által megtermelt tiszta energia az európai országok középmezőnybe helyezi Magyarországot. Ezzel az eredménnyel hazánk megelőz néhány jóval nagyobb megújuló részaránnyal büszkélkedő országot megközelítve az EU országok átlagát.

Az Európai Unió azt szeretné elérni, hogy 2050-re minden tagország gazdasága zéró emisszió mellett valósítsa meg a gazdasági növekedését. A szakpolitika számításai szerint ennek megvalósítása Magyarország számára 50 000 Mrd forint költséget jelentene. Hazánk alapfilozófiája, hogy a klímaválság előidézésében szerepet játszó az eddigi környezetszennyezési kibocsátásaik arányában vállalják a tagországok szerinti rájuk jutó kötelezettségeket is. A szennyezési mértékek szerinti kell súlyozni a klímavédelmi intézkedéseket is. A zéró kibocsátásra vonatkozó elvárás hazánk csak tehermegosztás mellett tudja teljesíteni. Az nem lehet célja egy gazdasági közösség vezetésének, hogy irreális célkitűzésekkel a gazdaság működőképességét ellehetetlenítse. Magyarország vállalása csakis reális és teljesíthető alapokra épülhet. Magyarország a tiszta energiák részesedését

oly módon növeli, hogy a technikai fejlesztéseket a legnagyobb mértékben alkalmazva, fenntartható gazdasági fejlődést elérve biztosítja a társadalmi jólétet. A 2019-ben kiadott Nemzeti Leltárjelentés adatai szerint 2017-ben a hazai üvegház hatású gázok emisszió értéke 63,8 Mt széndioxid egyenérték volt. Ugyanez a jellemző 1990-ben 93,7 Mt CO<sub>2</sub>eq értéket mutatott. Ez a változás 31,9%-os csökkenést jelentett a közte eltelt időszakban. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)



8. Az üvegházhatású gázkibocsátás mértéke 1990. és 2017. között. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

A teljes emisszió legnagyobb része az energiaágazat számlájára írható 72%-os részesedéssel. A grafikonon jól követhető, hogy a politikai változás és a 2008-as gazdasági válság okozta termelési visszaesés velejáráó következménye a kibocsátások csökkenése is. Az ipar ( Industrial Processes and Product Use) és a mezőgazdasági szektor visszaesése az energia felhasználási igény mérséklődésében is megnyilvánult.

A stratégia részeként a dekarbonizáció kiterjesztése egyben az importfüggőség csökkentését is jelentheti. A stratégiát négy program alkotja a következők szerint:

- A magyar fogyasztó érdeke az elsődleges;
- A ellátásbiztonság növelése;
- A klímavédelmet szolgáló energiaátmenet;
- Műszaki fejlesztések és innovációk beépítése

(Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

Az új energiastratégia a fenti programokat további projektekre bontja. Az MVM Paksi Atomerőmű kapacitás fenntartó beruházás, mint megvalósítandó projekt az energiaágazat klímabarát fejlesztés program alá került. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020) Megítélésem szerint a nukleáris energiatermelés hosszú távú fenntartása és ennek részeként a Paks II. beruházás mind a négy program teljesülését szolgálja.

A hazai energiaátmenet 2030-ig tartó időszakának célszámait először a gázfelhasználás oldaláról tekintjük át. Magyarország teljes végső energiafogyasztásának 32,5 %-át a földgáz felhasználása jelentette. A földgáz fogyasztás csaknem fele a háztartások felhasználásához köthető, főként fűtési célra használva. A rendeltetésszerűen használt, lakott lakások mindössze egyharmada nevezhető energetikailag korszerűnek, a nagyobb hányad modernizációra szorul. A fogyasztói igényeknek csupán egyötöde volt ellátható hazai termelésből az elmúlt években. A hazai biogáz előállítási lehetőségek 2030-ra is legfeljebb a földgázigény 1%-át lesznek képesek helyettesíteni. Az energiahatékonysági és a távhő zöldítési projektek ellenére is 2030-ra a jelenlegi 80%-ról, várhatóan csak nagyjából 70%-ig fog csökkenni a gázimport mértéke. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

Véleményem szerint érdemes lenne elkészíteni olyan scenáriót is, amely az eddig tervezettnél nagyobb mértékű elektrifikáció esetére számolna a földgáz használatának nagyobb arányú visszaszorításával. Ez érinthetné az épület, az ipar és az energetikai ágazatok erőteljesebb átalakítását is. Az ehhez szükséges többlet villamosenergia előállítása megvalósulhatna további megújuló és akár nukleáris technológiák beruházásából is.

A villamosenergia-felhasználás a 2013-tól számított öt év során átlagosan évi 32% importhányadot tartalmazott. A hazai energiaátmenet mindig rendelkezésre álló emissziómentes technológiája az atomerőmű. A nukleáris technológiát a szintén emissziómentesen termelő fotovoltaikus naperőművek egészítik ki a jövőben. A fotovoltaikus technológia termelése időjárásfüggő, ezért jelentős mértékű rendszerbe integrálásuk a hálózat stabilitása érdekében a rugalmassági kapacitások bővítése nélkül nem lehetséges. A villamos hálózatot a szabályozhatóságon túlmenően fel kell készíteni a korábbi centralizált termelési módtól merőben eltérő decentralizált betáplálási pontokra. Az új megújulók illetve a kis- és háztartási méretű erőművek már kis- és középfeszültségen is gyakran megfordíthatják a villamosenergia áramlási irányokat. A meglévő villamos hálózati rendszer teljes átstrukturálása szükséges, amely hálózat bővítési, védelmi és automatika rendszer átalakításokat fog jelenteni. A 2000 MW fotovoltaikus volumen elérését követően gazdasági-, műszaki elemzés és tervezés kell, hogy megalapozza a további naperőmű beruházások indítását. Ahhoz, hogy a 2030-ra kitűzött 90%-nyi karbonmentesen termelt villamosenergia célérték előálljon, a szakpolitika erre az időpontra több mint 6000 MW naperőmű kapacitással számol, amely volumen 2040-re akár 12 000 MW-ra bővíülhet. A hálózat szabályozásban a rugalmassági tartalékokon felül minimum egymillió darab okosmérő segítségével számítanak a stratégia megalkotói. A fentiek teljesülése esetén 2040-re 20% alá mérséklődhetne a villamosenergia importja. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

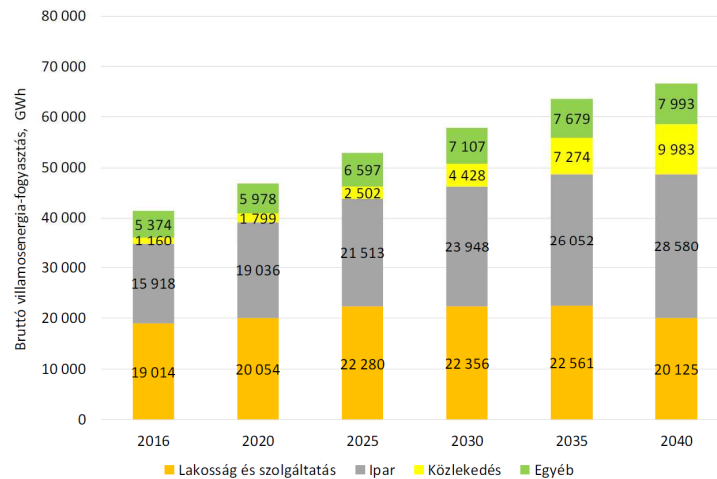
Mivel a fotovoltaikus naperőművek rendszerbe integrálásához még számos kutatás-fejlesztés és innováció igazolt alkalmassága és beépítése szükséges, ezért az új energiastartégia által megfogalmazott mértékű naperőmű kapacitás rendszerbe illeszthetősége feltételezéseken alapuló bizonytalanságokat tartalmaz. Javaslom annak a scenáriónak a rendszerszintű műszaki és gazdasági vizsgálatát is elvégezni, amelyben visszafogottabb ütemű illetve mértékű időjárásfüggő megújuló

kapacitás létesítése mellett az ellátásbiztonságot és az importfüggetlenséget esetlegesen további új generációs, korszerű nukleáris reaktorok akár a kereskedelmi szakaszba lépést követően az SMR (Small Modular Reactors) segítségével valósíthatnánk meg. Ez esetben a rendszerstabilitási valamint dekarbonizációs célok teljesülése talán kevesebb a későbbi fejlesztések és innovációk eredményére hagyatkozó bizonytalansági tényezőt tartalmazhatna. A hazai szakmai háttér erősítését szolgálhatja a szakirányú oktatási intézmények és tervező irodák részvétele a fejlesztésekben a szakpolitika támogatásával.

A Mátrai Erőmű által megtermelt villamosenergia a nukleáris bázisú energia mennyiségét követő második legnagyobb hazai primerenergia átalakító volumen. 2018-ban a hazai termelési szerkezetben a széntüzelés még 14,57%-ot képviselt, azonban a kiöregedő szenes technológia 2019-ben már csak 12,4% részesedéssel járult hozzá a saját erőművi produkcióhoz. Magyarország keleti régiójában egyedüli nagyerőműként üzemel. Alaperőműként és szabályozhatósága révén menetrendtartó erőműként is hosszú évtizedek óta megbízhatóan látja el villamosenergiával az országos rendszert és hőenergiával a helyi fogyasztóit. Magyarország legnagyobb emisszióval rendelkező üzeme az energiaágazat széndioxid kibocsájtásának csaknem felét adja és a hazai szén-dioxid-emisszió 14%-áért felelős. A szenes blokkok a kiöregedésük és a 2029-ig lejáró üzemeltetési engedélyük miatt kivezetésre kerülnek. A kieső kapacitás megújításáról gondoskodni kell, amelyre jó lehetőséget kínál a meglévő erőművi és bányaművelési telephelyi adottságok felhasználása is. Az erőműnek a térségben betöltött szerepére jellemző, hogy közvetlenül és közvetve hozzávetőleg 27 000 ember megélhetésében játszik kulcsszerepet a munkahelyek és a foglalkoztatás révén. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

A prognózisok közül először a hazai villamosenergia-felhasználás szektoronkénti megoszlását érdemes vizsgálni. A Nemzeti Energia és Klímaterv modellezése alapján évente átlagosan 1,92%-os növekedés várható a teljes hazai bruttó felhasználás terén. A 2018-as évet megelőző 5 évben ez az érték 1,82% volt. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

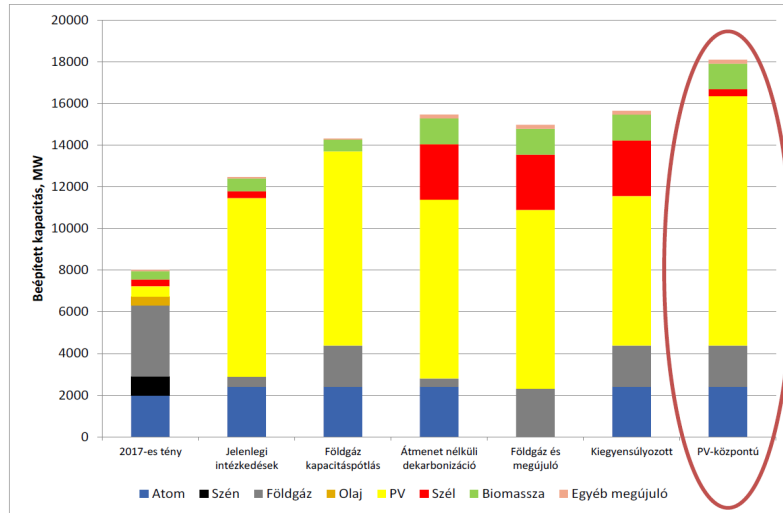
Vállalkozásfejlesztés a XXI. században 2020/2. kötet  
A környezeti változások és az új kihívások hatásai a szervezetek működésére



9. A hazai villamosenergia-felhasználás szerkezete 2016. és 2040. között. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

Az ipari termelés 3%-os mértékű éves átlaggal növeli a felhasználását. A közlekedés karbonmentesítési törekvéseit az ágazat jelentős villamosenergia-igénynövekedése is visszaigazolja. Az áramfelhasználás növekedése a közúti és a vasúti mobilitásban is jelentkezni fog, amelynek hatására akár évi 4,4 TWh is lehet a szektor villamosenergia-igénye 2040-re. A mezőgazdaság villamosenergia-vonzata az egyéb kategóriában szerepel. A lakossági ágazat felhasználási trendje érdekes képet mutat. Az elektrifikáció kiterjesztésével a háztartásokban kezdetben növekedni fog a villamosenergia-fogyasztás üteme, majd a digitalizáció nyújtotta automatizálás és a villamos készülékek fejlesztésének hatására javulni fog a felhasználás hatékonysága, amely az igényelt energiamennyiség csökkenéséhez fog vezetni. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

A Magyar Villamosenergia Rendszer (VER) jelenlegi beépített összkapacitása a 2019. év végi feldolgozott adatok alapján 9441,8 MW. Ebből 2012,8 MW a nukleáris, 1166,3 MW a szén és lignit, 4111,8 MW földgáztüzelés, 1729,8 MW a megújuló terjedeleme. (MAVIR, 2020)



10. Az erőművi scenáriók 2040-ig. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

A fenti ábrát elemezve a „jelenlegi intézkedések” teljesülése esetén 2037-ben leáll az MVM Paksi Atomerőmű 4. blokkja is a Paks II. új reaktorai viszont névleges terhelésen termelnek. A kiiregedés miatt a földgázt igénylő erőművekből mindössze 500 MW marad. Bővülni fog a biomassza kapacitás a napenergia hasznosításra mintegy 8500 MW beépítésével kalkulálnak. A második forgatókönyv 1500 MW többlet gázturbina teljesítőképesség megjelenésével számol. Az átmenet nélküli dekarbonizáció változatban az új nukleáris blokkok mellett az előirányzott napenergia volument jelentős szél és biomassza technológia fogja kiegészíteni minimális gázturbina rendelkezésre állással. A változatok között szerepel arra az esetre is vizsgálat ha a nukleáris kapacitás fenntartás valami miatt nem valósulna meg 2040-re. Ebben az esetben a gázturbina fejlesztések kerülnének előtérbe. A „kiegyensúlyozott” forgatókönyvben a szélkerekek mellett valamivel kisebb szerep jutna a solár hasznosításnak, de jelentős gázturbina állna rendelkezésre a szabályozáshoz. A fotovoltaiikus dominancia esetén a jelenleg is rendszerben található szélenergia alapú bővítését is a napenergia potenciál váltaná ki. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

Áttekintve az energiastratégia által vizsgált erőművi forgatókönyveket megállapítható, hogy egyetlen változat sem tartalmaz széntüzelésű technológiát. Ez arra enged következtetni, hogy a dokumentum készítője szerint kicsi az esély arra, hogy a CCUS tiszta szén technológiák versenyképes piaci alternatívát jelenthetnének a vizsgált időszakban. Ami szintén szembetűnő a kapacitás változatok között, hogy az új paksi blokkok mellett nincs további alaperőművi technológia. Ez viszont azt jelenti, hogy az ellátásbiztonságot jórészt a hazai beépített nukleáris teljesítmény többszörösét kitevő időjárásfüggő megújuló kapacitásokkal kell megoldania a rendszerirányítónak és az áramkereskedőknek

nemi gázturbina támogatással. A korábban tárgyaltak szerint jelentős villamos inercia és meddőszabályozási lehetőség fog hiányozni a hálózat villamos paramétereinek megtartásához. Van egy másik vetülete is az időjárás függvényében termelő technológiák uralmának. Nevezetesen a villamosenergia-rendszerben a megtermelt és elfogyasztott energiának egyensúlyban kell lenni. A relatív alacsony fogyasztói igényű, de a megújuló energiatermelés szempontjából kiugróan magas időszakban, vagy az erőművek leszállításával vagy a feleslegesen megtermelt többlet energia tárolásával lehet a hálózat teljesítményegyensúlyát biztosítani. A napsütés és szél hiányában viszont kialakulhat olyan energiahányos időszak, amikor vagy az import kitérítés növelésével vagy a költségesen és magas emisszióval termelő gázturbinák indításával lehet biztosítani a fogyasztói igények kielégítését. A magas megújuló hányad kompenzálására szolgáló energiatárolók létesítése a grafikon egyik szcenáriójában sem jelenik meg. Az ellátásbiztonság, a rendszerstabilitás és a klímavédelmi intézkedések teljesülése szempontjából ez kockázatot jelenthet. A kockázatok csökkentése érdekében a meglévő alternatívák mellett akár hosszabb időtávon megjelenítve egy többlet nukleáris kapacitással rendelkező szcenárió elemzését is el lehetne végezni. Ezzel is bővítve a mindenkori szakpolitika rendelkezésére álló információkat a lehetséges energiamix kialakításának kellő körültekintéssel átgondolt összeállításához.

### **Összefoglalás**

Az energia felhasználható formáiban történő rendelkezésre állása a jelenkori társadalmak és azok gazdaságainak egyik nélkülözhetetlen feltétele. Az energia egyre szélesedő felhasználási területe annak új megjelenési változatait hozza be a mindennapjainkba. A energiafelhasználás fokozódását egyrészt a termelés növekedése másrészt az energiához hozzáférő népesség bővülése fogja eredményezni. Az felhasznált energia döntő részben az urbanizált életmód eredménye. A 2017. évi adatokhoz képest a városlakók száma becsülhetően 2040-re több mint 1,7 milliárd fővel fog gyarapodni. Ugyanebben az időszakban a globális energia felhasználás mértéke várhatóan valamivel több mint egy-negyedével lesz nagyobb, mint 2017-ben volt. Meg kell jegyezni, hogy a szakpolitikai intézkedések hiányában a növekedés ennek az értéknek a négyszerese lenne. (WEO, 2018)

A globálisan és hazánkban is egyre növekvő villamosenergia igények kielégítése érdekében fogyasztás növekedését biztosító erőmű létesítéseken túlmenően a jelenleg üzemelő kiöregedő termelő kapacitások fenntartásáról illetve pótlásáról is gondoskodni kell mégpedig a komplex energiastratégiai szempontok figyelembe vételével. Ezek közé tartozik az Európai Energiastratégia ismerete is.

Az új nemzeti energiastratégia kiemelt feladatának tekinti az energiafüggetlenség, az energiabiztonság, a karbonmentesítés, az alacsony rezsiköltségek fenntartását és tovább erősítését. Magyarország nem bővelkedik a hagyományos energiahordozókban, ezért a fenti célok eléréséhez nélkülözhetetlen a nukleáris

energiatermelés fenntartása. A nemzeti energiastratégia részeként a dekarbonizáció kiterjesztése egyben az importfüggőség csökkentését is jelentheti. A stratégiát a következő négy program alkotja: a magyar fogyasztó érdeke az elsődleges, az ellátás biztonság növelése, a klímavédelmet szolgáló energiaátmenet, a műszaki fejlesztések és innovációk beépítése (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020)

Az új energiastratégia a fenti programokat tovább bontja projektekre. Az MVM Paksi Atomerőmű kapacitásfenntartó beruházás, mint megvalósítandó projekt az energia ágazat klímabarát fejlesztés program alá került. (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2020) Megítélésem szerint a nukleárisenergia-termelés hosszú távú fenntartása és ennek részeként a Paks II. beruházás mind a négy program teljesülésének elengedhetetlen feltétele.

Az új NEMZETI ENERGIASZTRATÉGIA több erőművi forgatókönyvet elemez a 2040-ig tartó kitekintési időszakban. Az megállapítható, hogy egyetlen változat sem tartalmaz széntüzelésű technológia felhasználást 2040-re. A CCUS tiszta szén technológiák jelenleg még nem állják meg a helyüket az energetikai piacon, azonban a dokumentum készítője 2040-re sem lát benne hazai felhasználási lehetőséget. Ami szintén figyelmet igényel, hogy a kapacitás változatok között az új paksi blokkok mellett nincs további alaperőművi technológia. Tehát a 2029-re tervezetten kivetett lignittüzelésű alaperőművi technológiát is jórészt megújuló alapon gondolják kiváltani az energiapolitika alkotói. Az ellátásbiztonság megvalósítását a hazai beépített új nukleáris teljesítmény többszörösét kitevő időjárásfüggő megújuló kapacitásokkal kell megoldania a rendszerirányítónak és az áramkereskedőknek időszakosan gázturbina támogatással. A rendszerüzemeltető kellektárából jelentős villamos inercia és meddőszabályozási lehetőség fog hiányozni. A fogyasztás és a termelés egyensúlyának biztosítását csak olyan tárolókapacitások rendszerbe integrálásával lehetséges megoldani, amely képes a relatív alacsony fogyasztási igényű, de a megújuló energiatermelés szempontjából kiugróan magas termelési időszakban a feleslegesen megtermelt többlet energia tárolására. A megújuló termelés leszabályozása is lehetőségként adódik, azonban ez a megoldás tovább csökkentené az időjárásfüggők egyébként sem magas éves teljesítménykihasználási tényezőjét. A napsütés és szél hiányában viszont kialakulhat olyan energiahányos időszak, amikor vagy az import kitettség növelésével vagy a költségesen és magas emisszióval termelő gázturbinák indításával lehet biztosítani a fogyasztói igények kielégítését. A magas megújuló hányad kompenzálására szolgáló energiatárolók létesítése ugyan egyik szcenárióban sem jelenik meg a szemléltető grafikonon, de az ellátásbiztonság, a rendszerstabilitás valamint a klímavédelmi intézkedések teljesülése szempontjából elengedhetetlen a szerepük. A kockázatok csökkentése érdekében a meglévő alternatívák mellett akár hosszabb időtávon megjelenítve egy többlet nukleáris kapacitással rendelkező szcenárió elemzését is el lehetne végezni. Ezzel is bővítve a mindenkori szakpolitika rendelkezésére álló információkat a lehetséges energiamezsg kialakításának kellő körültekintéssel átgondolt összeállításához.



### Hivatkozások

- [1.] Aszódi, A.; Boros I., (2015.): Fizikai Szemle 2015 / 11 szám
- [2.] Aszódi A., (2017.): Láncreakció;  
[https://aszodiattila.blog.hu/2017/09/25/miert\\_a\\_vver-1200\\_tehnologiat\\_valasztotta\\_magyarország\\_a\\_paks\\_ii\\_projekt\\_megvalosita\\_sakor](https://aszodiattila.blog.hu/2017/09/25/miert_a_vver-1200_tehnologiat_valasztotta_magyarország_a_paks_ii_projekt_megvalosita_sakor)
- [3.] British Petrol Energy Outlook, (2020):  
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>
- [4.] Csiszárík-Kocsir, Á. (2016a): A nemzetközi és az európai projektfinanszírozási piac átalakulása a válság hatására, Hitelintézeti Szemle, 15. évf. 1. szám, 2016. március, pp. 51–69.
- [5.] Csiszárík-Kocsir, Á. (2016b): A megújuló energiaforrások projektfinanszírozása a 2005 és 2015 között végrehajtott tranzakciók alapján, Journal of Central European Green Innovation 4. évf. 3. szám, pp. 127.-141.
- [6.] Csiszárík-Kocsir, Á. – Molnár, F. (2019): Energiaigény és projektfinanszírozás – prioritások a múltban és most, Hazai és külföldi modellek a projektoktatásban: Nemzetközi Tudományos Konferencia tanulmánykötete (szerk.: Dr. habil. Koltai László), Budapest, Magyarország, Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, pp. 415-422.
- [7.] Európai Bizottság (2018): A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, az Európai Tanácsnak, az Európai Gazdasági Szociális Bizottságnak, a Régiók Bizottságának, az Európai Beruházási Banknak, Tiszta bolygót mindenkinek, Európa hosszútávú stratégiai jövőkép egy virágzó, modern, versenyképes és klímasemleges gazdaságról, Brüsszel, 2018.11.28. (COM 2018) 773 Final Center For Climate And Energy Solutions  
<https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
- [8.] International Energy Agency, World Energy Outlook, 2018. (WEO, 2018) (2018.)
- [9.] International Energy Agency, World Energy Outlook, 2019. (WEO, 2019) (2019.)
- [10.] MAVIR (2020):
- [11.] MVM Paksi Atomerőmű Zrt.(2020):  
[http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/Korai\\_eredmenyek.pdf](http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/Korai_eredmenyek.pdf)
- [12.] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2020.):

<http://www.atomeromu.hu/hu/Latogatoknak/Lapok/default.aspx>

[13.] MVM Zrt., (2020.) adatszolgáltatás a termelési megjelenítő rendszer adataiból

[14.] Nemzeti Energiastratégia 2030, (2011.):

<https://2010-2014.kormany.hu/download/4/f8/70000/Nemzeti%20Energiastrat%C3%A9gia%202030%20teljes%20v%C3%A1ltozat.pdf>

[15.] Nemzeti Energiastratégia 2030, (2020):

<https://www.kormany.hu/hu/dok?source=11&type=402#!DocumentBrowse>

[16.] Paks II. Atomerőmű Zrt. (2020.) adatszolgáltatás.

[17.] Paks II. Zrt. (2020.): <https://paks2.hu/web/guest/w/az-europai-unioban-termelt-aram-tobb-mint-fele-karbonsemleges>

[18.] Remsei, S. (2018): What to Do with Biofuels in Transportation? Decidable Questions in Europe. *International Journal of Business and Management Studies* 07(02):445–456

[19.] Rokhshad Hejazi (2017): International Journal of Sustainable Built Environment, Nuclear Energy: Sense or nonsense for environmental challenges. Scince Direct 2017. július 08.