

**Magyarország villamosenergia
ellátásának lehetőségei**



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 122.**

Magyarország villamosenergia ellátásának lehetőségei

**MMK FAP azonosító:
2024/103-ENT**

Budapest, 2024. október 10

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Energetikai Tagozatának gondozásában, a 2024. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:
Boros János / 01-2835
Csallóközi Zoltán / 01-9747
Dobó István / 13-12930
Hunyadi Sándor / 13-12024
Kállai-Borik Róbert / 07-1208
Podonyi Gábor / 13-2918
Szita Gábor / 01-7113
Dr. Szücs Botond / 01-17981
Pergerné Nagy Edit
Győri Csaba

Lektorálta:
Mórocz Imre

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara
1118 Budapest, Budaörsi út 125/A.
fap@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezető.....	5
2. Földgáz	7
3. Olaj és pakura.....	11
4. Szén	13
5. Atomenergia	14
6. Biomassza és hulladék.....	19
7. Földhő és geotermikus energia.....	21
8. Napenergia.....	22
9. Vízerőmű	24
10. Szivattyús-tározós erőművek.....	25
11. Szélenergia.....	29
12. Távhőszolgáltatás	31
13. A hazai villamosenergia rendszer	39
14. Összefoglalás	48
15. Irodalomjegyzék.....	49

1. Bevezető

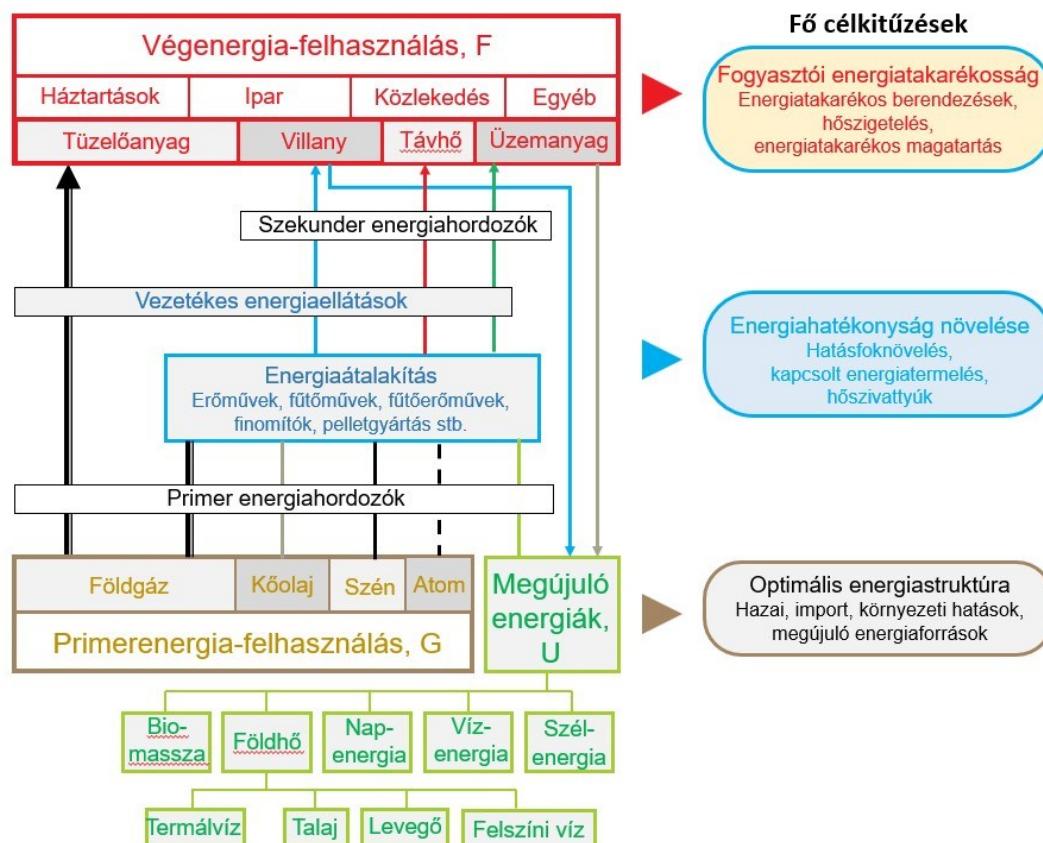
Magyarország villamosenergia szükségletének jövőbeli ellátásával kapcsolatban számos, esetenként egymásnak ellentmondó műszaki és gazdasági értekezés, tanulmány, cikk látott napvilágot. E terjedelmes irodalomban foglaltakat nem kívánjuk új ismeretekkel kiegészíteni, vagy akár vitatkozni egyik vagy másik állásfoglalással. E dokumentumban bemutatott gondolatsornak inkább az a célja, hogy az energetikában több évtizedes személyes gyakorlati tapasztalatokat szerzett mérnök kollégák józan és lényegi gondolatait összefoglalja, és nagyobb nyomatékot adjon azoknak a gyakorlati szempontoknak, amelyek a szakirodalomban nincsenek eléggé kihangsúlyozva.

A villamosenergia termelési technológia kiválasztásának korábbi szempontjai – gazdaságosság, megbízhatóság, pillanatnyi energiaigényhez való alkalmazhatóság – mellé meghatározó súllyal csatlakozott az energiatermelés által hagyott környezeti lábnyom, és az energiahordozók megbízható beszerezhetősége.

Tanulmányunk súlyponti témája a villamosenergia-ellátás. A villamosenergia előállítás több fontos technológiája a primer energiahordozók felhasználásán alapul, ezért röviden ezekkel is foglalkozunk. A teljesség kedvéért kitérünk a végenergia-felhasználás (lakosság) szempontjából fontos távhőszolgáltatás ismertetésére, mely folyamatnak a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (kogeneráció) révén van szerepe az erőművek üzemvitelében.

A primer energiától a fogyasztóig vezető utat és megoldásokat az energiaellátás (energiaszolgáltatás) rendszere keretén belül tárgyaljuk.

Az energiaellátás rendszerének egyszerűsített sémáját az alábbi ábra mutatja.



1. ábra: Az energiaellátás rendszerének egyszerűsített sémája ([1]1. ábrája alapján)

2. Földgáz

Földgáztüzelésű erőművek

A földgáz villamosenergia termelésre való felhasználása műszaki szempontból rendkívül kedvező. A földgáz viszonylag alacsony költséggel megvalósítható, jól szabályozható berendezésekkel (gázturbinákkal) jó hatásfokkal alakítható át villamos energiává. A gázturbinák teljesítménye gyorsan, széles tartományban változtatható, ezért különösen alkalmasak csúcserőműként való alkalmazásra. Ehhez fel kell tételezni, hogy az ellátó gázvezeték, illetve gáztároló létesítmény is követni tudja a teljesítmény változásokat.

A földgáz fő összetevőjét alkotó metánmolekulák négy hidrogén atomból és egy szénatomból állnak, így elégetésükkor kettő víz és egy széndioxid molekula keletkezik. Ez az arány környezetvédelmi szempontból az egyéb fosszilis energiahordozókkal összehasonlítva kedvező.

E kedvező tulajdonságok kihasználására Magyarországon létesült néhány gázturbinás erőmű (Kelenföld, Kispest, Százhalombatta, Ajka, Sajószöged, Csepel, Debrecen, Gönyű stb.). Ezek nagyobb része kapcsoltan távhőt is szolgáltató erőmű, a Gönyői Erőmű alaperőmű, és vannak ún. tercier tartalék erőművek, amelyek valamelyik nagyobb egység (Paks, Gyöngyös) leállása esetén néhány percen belül üzembe helyezhetők.

Jelentős a gázmotoros fűtőerőművek szerepe is, amelyek túlnyomó része szintén kapcsolt hőszolgáltatási célra létesült, de az utóbbi években fontos a rendszerszintű, szabályozásban való részvételük is.

Az EU Energiahatékonysági Irányelv szerint „A tagállamoknak olyan szakpolitikákat kell elfogadniuk, amelyek ösztönzik azt, hogy ... megfelelően vegyék figyelembe a ... a nagy hatásfokú kapcsolt energiatermelést alkalmazó rendszerek felhasználásában rejlő potenciált”.

A gáztüzelés villamosenergia termelésre való nagymértékű alkalmazásának feltétele az elfogadható áron hosszútávon megbízható módon rendelkezésre álló földgáz. Magyarország a jelenlegi igények kielégítésére is nagymértékű behozatalra szorul. A földgáz országokon, kontinenseken, esetleg tengereken áthaladó hosszú vezetékeken keresztül, vagy részben hajóval jut el hozzánk. Az ehhez szükséges kedvező geopolitikai helyzet elkövetkező évtizedekben való fennállása rendkívül kérdéses, amit ma egy szakértő sem képes komolyan megítélni. További gázerőművek építésére vonatkozó döntésnél ezt a bizonytalanságot nagyon komolyan kell mérlegelni.

Előnyök:

- alacsony beruházási költség
- jól szabályozható
- a legtisztább fosszilis energiahordozó

Hátrányok:

- magas és változékony ár
- magas importkitettség
- a források diverzifikálása nehéz

Földgázellátás

A fosszilis energiahordozók közül a földgáz a világ energiaigényének 26-28 %-át biztosítja. Az EU országokban a földgázfelhasználás részaránya 24-26 %, Magyarországon ez a részarány 32-34 %. Az EU országok közül ennél nagyobb részarány csak Hollandiában (39-41 %) és az Egyesült Királyságban van (36-38 %).

Magyarország éves gázfelhasználása az elmúlt 9-11 milliárd m³ között változott az alábbi táblázat szerint:

1. táblázat
Magyarország éves gázfelhasználása az utóbbi öt évben

Év	Milliárd m ³ / év
2018	10,29
2019	9,88
2020	10,04
2021	11,14
2022	9,39

Az elmúlt öt év tényadatait értékelve a hazai gázfogyasztás – a következő évekre is – átlagosan 10 milliárd m³-re prognosztizálható. Ezen értéken változást hozhat várhatóan 2027-ben a Tiszai Erőműben üzembe helyezendő 2x500 Megawatt teljesítményű, illetve a Mátrai Erőműben létesítendő 650 Megawatt teljesítményű gázerőmű. A két új beruházás gázigénye kb. 2 milliárd m³/év.

A magyarországi gázigények kielégítése három forrásra épül:

- Δ hazai gáztermelés

- Δ gáztárolói készletek
- Δ import szállítás

A hazai gáztermelésből az éves gázigények 15-18 %-a biztosítható. Az elmúlt öt év termelési adatait a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat
A hazai gáztermelés elmúlt öt évi adatai

Év	Milliárd m ³ / év
2018	1,75
2019	1,58
2020	1,57
2021	1,78
2022	1,71

Annak ellenére, hogy az elmúlt években több új földgázmező került üzembe, a hazai termelés volumene érdemben nem növelhető, mivel a jelenlegi készletek viszont folyamatosan elapadnak.

Gáztárolói kapacitás volumene Magyarország egyik legfontosabb biztonsági tényezője: Megkülönböztetünk kereskedelmi és stratégiai tárolókat, amelyek kapacitásait a 3. táblázat mutatja be:

3. táblázat
A gáztárolók kapacitása

Tároló típus	Tárolói kapacitás milliárd m ³ / év	Napi kitárolható kapacitás millió m ³ / nap
Kereskedelmi tároló	5,1	53,1
Stratégiai tároló	1,45	20,0

A 6,55 milliárd m³ tárolói kapacitás a 6. legnagyobb Európában. Ennél nagyobb tárolói kapacitása Németországnak (23,9), Olaszországnak (20,1), Hollandiának (14,1), Franciaországnak (12,5) és Ausztriának (9,3) van.

A kitárolható napi 53,1 millió m³ kapacitásnak kiemelt szerepe van az országos napi csúcsfogyasztás kielégítésében. Az elmúlt években a napi csúcsfogyasztás 50-60 millió m³ között változott, így amennyiben, ha nincs import szállítás, akkor is a napi igények a tárolókból kielégíthetők.

Magyarország éves gázfelhasználásának 80-85 %-a származik IMPORT szállításból. Az import források biztosítására Magyarország 2021. októberében kötött 10+5 évre vonatkozó szállítási szerződést az orosz Gazprommal. A szerződött mennyiség évi 4,5 milliárd m³. Ebből:

- Δ 3,5 milliárd m³ Oroszország-Törökország-Bulgária-Szerbia útvonalon, az ún. Török Áramlaton érkezik.
- Δ 1,0 milliárd m³ pedig Ausztria felől: Ukrajna-Szlovákia-Csehország-Ausztria útvonalon érkezik.

További import szállítás:

- Δ 1,0 milliárd m³ cseppfolyós földgáz a horvátországi Krk szigeten lévő LNG terminálon történt visszagázosítás után.
- Δ 1,75 milliárd m³ Romániából ún. határkeresztező vezetéken.

A gázforrások összetétele:

- orosz gáz
 - Δ a Török (Balkán) Áramlaton 3,5 milliárd m³
 - Δ Ausztria felől a HAG vezetéken 1,0 milliárd m³
 - Horvátországból LNG gáz 1,0 milliárd m³
 - Romániából 1,75 milliárd m³
- gáztárolói kapacitás a töltöttségi szinttől függően 3-5 milliárd m³
- saját termelés 1,5 milliárd m³

A fenti táblázatot értékelve megállapítható, hogy amennyiben az orosz gáz szállításokban politikai okok vagy esetleges műszaki problémák nem lépnek fel, úgy Magyarország gázellátása biztosítható.

3. Olaj és pakura

Olaj és pakuratüzelésű erőművek

Az olajból előállított tüzelőanyagok (könnyű és nehéz tüzelőolaj, gázolaj stb.) mára kiszorultak a villamosenergia termelésből. Viszont fontos szerepet töltenek be tartalék tüzelőanyagként. Minden nagyobb hazai földgáztüzelésű erőmű tartalék tüzelőolajat tárol, amit a gázellátás akadozása megszűnése esetén tud felhasználni. Így az ország villamosenergia ellátásának biztonságát szavatolják.

Ritkán üzemelő tartalék erőműveknél szerepel elsődleges tüzelőanyagként (Litér, Lőrinci, Sajószöged és Ajka). Szilárd tüzelésű erőműveknél indítási fázisban olajjal fűtik fel a kazánokat. Az indítási folyamat azonban néhány óránál nem tart tovább.

Előnyök:

- jól készletezhető (magas energiasűrűség)
- könnyen felhasználható (akár gázturbinákban is)

Hátrányok:

- magas ár
- fosszilis tüzelőanyag

Kőolaj ellátás

A másik fosszilis energia a kőolaj a világ energiaigényének 31-32 %-át biztosítja. Az európai országokban ez a részarány 28-30 %, Magyarországon pedig 31-33 %.

Magyarországra kőolaj két útvonalon érkezik:

- Δ Ukrajna felől az ún. Barátság vezetéken
- Δ Horvátország felől az ún. Adria vezetéken.

A több, mint 4.000 km hosszú Barátság vezeték a dél-kelet oroszországi Szamara városnál kezdődik, ahol a vezetékbe a Nyugat Szibériából, az Ural-ból és a Kaszpi-tengertől érkező olajat táplálják. A Barátság vezeték Ukrajnában – a magyar-szlovák határ közelében – két irányba ágazik el.

Egyik ág az Ukrajna irányából lép be Magyarországra, ez a Barátság II. vezeték, amely 1972-ben készült el. A határ és a hazai finomító (Százhalombatta) közötti szakasz hossza 290 km. A Dunai Finomító kapacitása évi 8,1 millió tonna.

A másik ág Szlovákia, illetve Csehország felé megy. Ez szállítja az olajat a Slovnaft – a MOL csoport leányvállalatának – pozsonyi finomítójába. A pozsonyi finomító kb. 6,0 millió tonna kőolajat tud feldolgozni.

Az Adria kőolajvezeték horvátországi Krk szigeten lévő Omisalj kikötőtől a százhalmobattai Dunai Finomítóig épített, kb. 505 km kőolajvezeték, amely tengeri úton szállított elsősorban arab országokból származó olajat továbbítja Magyarországrészére.

A vezeték kapacitása évi 10 millió tonna. A csővezeték Berzence mellett lép be Magyarországra. A horvát szakasz (300 km) üzemeltetője a JANAF, amely társaság a horvát állam többségi tulajdonában van.

A MOL 205 km-es magyarországi szakasz kapacitását – 2015-ben – évi 13,2 millió tonnára bővítette. A horvát oldalon Sisak és Visjak között mintegy 80 km-es szakaszon kapacitásszűkület áll fenn, így a szállítás max. évi 10 millió tonna.

Magyarországra két irányból érkezhets kőolaj, így ellátásbiztonsági szempontból a jelenlegi helyzet megnyugtatónak minősíthető.

4. Szén

A széntermelésnél két alapvető technológia létezik: a mélyművelés és a külszíni fejtés. A mélyművelésű szénbányák több száz méteres mélységben működnek. A külszíni fejtéses bányák esetén pedig néhány tíz méter mélységből bányásznak szenet úgy, hogy a teljes fedőkőzetet eltávolítják. A mélyműveléssel jobb minőségű szén termelhető, de sokkal magasabb költséggel. A külszíni fejtés esetén nagyon alacsony a kitermelhető szén minősége, de gazdaságossága jobb a magas gépesítésnek köszönhetően.

A kitermelt szenet erőművi kazánokban elégetik, és a termelt hővel gőzt állítanak elő, amely megforgat egy gőzturbina-generátor gépcsoportot, ami villamosáramot termel. A tüzelésnél két alapvető technológia létezik: erőművi léptékben a portüzelés, amikor a szenet porrá őrölik és befűjják a tűztérbe, valamint a fluidtüzelés, ami egy speciális tüzelési eljárás.

Bármely szén eltüzelése esetén komoly probléma a környezetszennyezés. A környezet védelme érdekében számos füstgáztisztító berendezést kell beépíteni (gázmosók, porszűrők stb.). A legnagyobb és máig megoldatlan probléma a magas szén-dioxid kibocsátás, amelyet csak mérsékelni lehet az erőművi hatásfok növelésével. A korábban kutatatott leválasztási technológiák (tisztá szén technológia) nem eredményeztek piacképes megoldást. Az erőművek viszont „büntetést” fizetnek a kibocsátott szén-dioxid után, amit szén-dioxid kvótának nevezünk. A szén-dioxid kvóta ára az alacsony hatásfokú szén-erőművek üzemeltetését gazdaságtalanná teszik.

Korábban napirenden volt a Mátrai Erőmű leállítása az évtized végéig. Ez csak akkor valósítható meg, ha a jelenlegi programnak megfelelően, a villamosenergia-termelő és rendszerszabályozási funkciókat ellátó kapacitásokat alacsony karbon-intenzitású, kombinált ciklusú gázturbinás egységgel (CCGT) pótolják.

Előnyök:

- jelentős hazai készlet külszíni fejtés esetén
- ellátásbiztonság
- munkahelyteremtés
- a korszerű lignit blokkok képesek az ingadozó megújuló termelést kiegyenlíteni

Hátrányok:

- klímavédelmi célok sérülése
- magas beruházási költség
- bizonytalan megtérülés

5. Atomenergia

Az atomenergia termeléssel járó veszélyek és a környezeti lábnyom megítélése nyugszik talán a legkevésbé objektív alapokon, mivel a jellemzői a hétköznapi gondolkodás számára nehezen felfoghatók. Az atomerőművek és a nukleáris hulladékok átmeneti és végleges tárolásában ismereteket és gyakorlatot szerzett kollégák számára azonban ezek a problémák elveszítik misztikus jellegüket, és kezelhetővé, elfogadhatóvá válnak.

Az atomerőművek technikai színvonalában, a megfelelő nukleáris biztonság elérésében rohamos a fejlődés. Különösen a kis teljesítményű moduláris reaktorok (SMR) térhódítása ígéretes. Az atomerőmű teljesítményének gyakori, illetve nagymértékű változtatása mind műszaki, mind gazdaságossági szempontból kedvezőtlen. Ezért az atomerőmű elsősorban alaperőműként alkalmazható. Bár ezen a területen is van fejlődés, az újabb típusok szabályozhatósága javul.

Az atomerőművek villamos teljesítményével a más energiahordozót átalakító erőművek különösen Magyarországon nem versenyezhetnek. A biztonsági agggodalmakkal szemben felhozható óriási előny, hogy nulla a globális felmelegedést elősegítő üvegházi gáz kibocsátás.

A nukleáris fűtőelemekbe beépített uránium földkéregben való előfordulása és eloszlása bár nem a legkedvezőbb, a rendelkezésre álló információk szerint ez a belátható jövőben mégsem gátolja az atomenergia elterjedését. A könnyen szállítható, kis méretű fűtőelemeket több, különböző politikai beállítottságú és gazdasági stabilitású országtól is be lehet szerezni.

Magyarország villamosenergia ellátásában az atomenergia alkalmazása kikerülhetetlen. A kérdés inkább az, hogy melyik megbízható gyártótól rendeljék meg az erőművet, és a nagy és kis teljesítményű blokkok milyen arányban létesüljenek. Az erre vonatkozó döntés a mai gyorsan változó világban 60-100 év elkötelezettséget jelent a szállító felé, ezért nagyon körültekintően, a szakmai és megbízhatósági szempontok maximális érvényesítésével kell eljárni.

Az atomerőművek biztonsága és teljesítménye az idő előrehaladásával jelentősen nő. Egyszerű hasonlattal élve az 1970-es években, a Paks 1 létesítése idején épülő atomerőművek és a jelenleg létesülők között a fejlettség szintjének eltérése körülbelül akkora, mint az akkor gyártott és a jelenleg gyártott autók közötti eltérés.

Magyarországon jelenleg a Paksi Atomerőmű négy blokkja összesen 2026,6 MW kapacitással vesz részt a villamosenergia termelésben. A blokkok eredetileg 30 évre tervezett élettartama lejárt, ezért 20 évvel meghosszabbításra került. Az üzemeltetés

meghosszabbított élettartam alatti biztonsága megfelelő vizsgálatokkal igazolásra került. Az Országos Atomenergia Hivatal elfogadta az Atomerőmű által benyújtott engedélyezési dokumentumot, amely tartalmazta a biztonságot igazoló vizsgálatok eredményeit. A meghosszabbított élettartam lejártakor az eredeti terv szerint az újonnan létesülő Paks 2 erőmű 2400 MW teljesítménye pótolta volna a jelenleg üzemelő atomerőmű teljesítményét. Mivel a Paks 2 üzembehelyezése az eredetileg tervezett időpontban várhatóan nem valósul meg, a Paks 1 további üzemidő hosszabbítását határozták el. Ennek engedélyezési eljárása előkészítés alatt áll, a megalapozó vizsgálatok folyamatban vannak.

Az új atomerőművek létesítése nemzetközi szinten is egyre bonyolultabb folyamat. Többek között a fukusimai baleset hatására az biztonsági előírások szigorúbbá, a létesítendő biztonsági rendszerek, berendezések egyre komplikáltabbá váltak. Még a gazdaságilag és műszakilag nagyon fejlett, tapasztalt szervezetekkel rendelkező országokban is igen jelentős késedelemmel valósulnak meg az új atomerőművek. Ezért nem lehet csodálkozni azon, hogy a Paks 2 munkálatai is késedelemben vannak. A létesítés hosszú folyamata során számtalan probléma merülhet fel, amelyek megoldása nem egyszerű, és rendkívül időigényes. Az újabb határidők kitűzésénél ezekkel a potenciális problémákkal általában nem számolnak. Ezt figyelembe véve véleményünk szerint nem lehet komolyan megjósolni, hogy a Paks 2 mikor lesz üzembe helyezve. Ezért a meglévő atomerőmű további üzemidő hosszabbítása jelenti a megbízható megoldást.

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy az atomerőmű rendkívül bonyolult rendszer. Tapasztalat szerint, ha egy hagyományos erőművek vagy ipari energiaellátó rendszerek tervezésében, üzemeltetésében gyakorlatot szerzett mérnök átkerül az atomerőművi területre, a szokatlan bonyolultság sokszerűen éri. Az atomerőmű működési elve egyszerű, benne van a fizikakönyvekben és az általános energetikai szakirodalomban. Eszerint az urán 285 izotóp atommagok hasadása következtében fejlődő hő átadódik a fővízkörben keringő hőhordozó közegnek, ami a gőzfejlesztőben hőjét a tápvíznek átadja. A gőzfejlesztőben képződő gőz pedig meghajtja a turbinát. Az viszont nem jelenik meg az irodalomban, hogy ahhoz, hogy a hőhordozó közeg minősége megfelelő legyen és maradjon, a Paksi Atomerőmű blokkjaiban hat víztisztító és több bórkezelő rendszer üzemel, amelyekben tartályok, szivattyúk, szűrők, hőcserélők, különleges berendezések és csővezetékek olyan számban és kombinációban fordulnak elő, amelyek között való kiigazodás a kezelő és tervezé személyzet körében csak igen hosszú gyakorlat eredményeként alakul ki. Ezen kívül a nagy számú hűtő és biztonsági rendszer is próbára teszi a kollégák türelmét. E berendezések a nukleáris biztonság szempontjából fontosnak minősülnek, ezért valamennyire külön-külön is le kell folytatni az engedélyezési eljárást.

A bonyolult műszaki rendszer mellett az üzemeltetésnél, tervezésnél, és az engedélyeztetési eljárásokban figyelembe veendő szabályozás – eljárásrendek, biztonsági szabályzat, hazai és nemzetközi ajánlások, útmutatók – elsajátítása és alkalmazása szintén komoly erőfeszítéseket igényel.

A műszaki bonyolultság és a szabályozás szigorúsága nagyban hozzájárul az atomerőművek létesítésének akadozásához, és a jelentős késedelmekhez.

Az alábbiakban [2] alapján az atomerőművek fejlődését, történetét foglaljuk össze.

Az első kereskedelmi célú atomerőműveket az 1950-es években helyezték üzembe, azóta jelentősen fejlődött a nukleáris technológia. A nukleáris biztonságban és az energiatermelés hatékonyságában minőségi előrelépést hozó új koncepciók, megoldások alapján az alábbi atomerőmű generációkat különböztetik meg. A rendszerek, rendszerelemek jellege, kialakítása jól jellemezhető azáltal, hogy az ezeket magában foglaló erőmű mely generációhoz tartozik.

Első generáció

Az 1950-es és 1960-a években építették az első generációs erőműveket. Ezeket az atomenergia katonai alkalmazását szolgáló berendezésekből fejlesztették tovább polgári célú villamosenergia termeléshez. Az első generációs erőműveknél a nukleáris biztonság érdekében nem alkalmaztak külön erre szolgáló rendszereket.

Európában már az összes első generációs erőművet leállították.

Második generáció

A második generációs erőműveket az 1960-as évek vége felé kezdték építeni. A ma is üzemelő atomerőművek döntő többsége, közülük a Paks 1 blokkjai, ehhez a generációhoz tartozik. Ezeket az erőműveket tipikusan 40 év (Paks 1-et eredetileg 30 év) üzemidőre terveztek. A tervezett élettartamuk vége felé járó erőművek egy részének üzemidejét 50-60 évre hosszabbították.

A nukleáris biztonság érdekében külön, megfelelő redundanciával kialakított, automatikusan, vagy a kezelő által indított biztonsági rendszereket alkalmaztak. A biztonsági rendszerek jellemzően elektromos vagy mechanikus működtetésűek, de már a passzív biztonsági rendszerek is megjelennek. A második generációs blokkok jellemzően könnyűvízes konstrukciójúak, de néhány nehézvízes blokk is üzemel. A nyomottvízes reaktorok az atomtengeralattjárók reaktorainak továbbfejlesztésével jöttek létre.

Harmadik generáció

A harmadik generációs erőműveket az 1980-as években kezdték tervezni. A Paks II erőműbe is harmadik generációs blokkokat terveztek. A harmadik generációs erőművek jellemzői:

- A második generációsnál rutinszerűbb, költséghatékonyabb tervezés, ami lehetővé teszi a gyorsabb engedélyezést, lerövidíti az építési időt.
- Egyszerűbb, robusztusabb, kevésbé sérülékeny konstrukció, könnyű kezelhetőség.
- Olyan passzív biztonsági rendszerek alkalmazása, amelyek nem igénylik az aktív, automatikus, vagy kezelői indítást. A passzív működés nem minden biztonsági rendszernél oldható meg, de ahol lehet, alkalmazzák.
- Hosszabb, jellemzően 60 év üzemidő.
- Zónaolvadás, repülőgép becsapódás ellen védelmi rendszerek alkalmazása.
- A fűtőelemek jobb hatásfokú, nagyobb mértékű kiégetése, ami csökkenti a szükséges fűtőelemek számát és a keletkező hulladékot.
- Moduláris konstrukció

A harmadik generáción belüli fejlesztés a harmadik+ generáció. Az új biztonsági rendszerek által a harmadik generációs erőművek bonyolultabbak és költségesebbek lettek, ezért a kisebb költségű, egyszerűbb létesítés érdekében további fejlesztéseket végeztek. Ezek eredményeként több a moduláris elem. Az újabb passzív, inherens biztonsági elemek növelik a biztonság szintjét. A blokk teljesítménye 25 %-tól flexibilisen változtatható.

Negyedik generáció

A negyedik generációs atomerőművek fejlesztés alatt állnak, gyakorlati alkalmazásukra még várni kell. Terv szerint a ma üzemelő blokkoktól radikálisan eltérnek. Zárt fűtőelem ciklust valósítanak meg, a hulladék képződés minimális lenne. Üzemelésüket energetikai célú hidrogén termeléssel lehetne kombinálni.

Előnyök:

- a fűtőelemek jól készletezhetők
- rendkívül nagy teljesítmények érhetők el

- alacsony üzemeltetési költség
- klímabarát villamosenergia

Hátrányok:

- magas beruházási költség
- összetett tervezés és kivitelezés
- biztonsági kockázat
- alacsony energetikai hatásfok

Az eredő energetikai hatásfok javítható a hulladék hőnek a hőszolgáltatásban történő felhasználásával. Erre itthon is készültek tanulmányok, de ez a világon csak egy-két atomerőműnél valósult meg.

6. Biomassza és hulladék

Biomasszának, minden olyan anyagot nevezünk, amely a bioszférában, biológiai úton keletkezett és éghető anyagot nevezünk. Lehet gáznemű (biogáz), folyadék (bioüzemanyagok a közlekedés számára) és szilárd (faapríték, szalma stb.).

A gáznemű biomasszák felhasználása fontos terület, számos biogáz erőmű létesült az országban. Ezek minden esetben szerves hulladékokat semmisítenek meg (pl.: ételmaradékok stb.) A termelt biogázzal hőt és villamosenergiát állítanak elő, de léteznek már olyan gáztisztítók, amik a biogázt biometánná azaz a földgázhálózatba táplálhatóvá teszik.

A folyadék biomasszák (bioetanol, biometanol stb.) szerepe a közlekedés zöldítésében jelentős. A szilárd biomasszák pedig elsősorban lakossági és fűtőerőművi felhasználása figyelemreméltó. Magyarországon számos biomassza tüzelésű fűtőerőmű van (Pécs, Dorog, Ajka, Dunaújváros, Szakoly, Oroszlány) és még több biomassza fűtőmű is (csak hőtermelésre). Ezek előnye, hogy a lokálisan keletkező biomasszákat környezetbarátmód (füstgáztisztítással) hasznosítják és így termelnek megújuló alapú villamosenergiát és távhőt. A kapcsolt termelés segíti, hogy a korlátos mennyiségű biomassza energiatartalma minél nagyobb mértékben hasznosuljon, valamint a villamosenergián elért árbevétel mérsékli a hőtermelés költségét.

Az erőművi és fűtőművi célra felhasznált biomasszák sokszor olyan alacsony minőségűek, hogy sem bútorigari sem lakossági célra nem alkalmasak már. Amennyiben a faapríték fenntartható erdőgazdálkodásból származik (amely az erőmű üzemeltetőinek is érdeke, hiszen hosszú évtizedeken keresztül szeretnék működtetni) a termelés teljes mértékben fenntartható. Számos esetben maga az erdőgazdálkodás is kezdeményezi egy-egy biomassza fűtőmű létesítését, mivel a gazdálkodás során hátramaradt egyéb célra nem értékesíthető biomasszák foglalják az erdőtelepítés elől a helyet.

A biomassza fűtőerőművek rendelkeznek olyan korszerű füstgáztisztító berendezésekkel, hogy válogatott és feldolgozott, anyagában már nem hasznosítható hulladékból előállított tüzelőanyagot (SRF, RDF) hasznosítsanak. Ez a technológia Nyugat-Európában bevett gyakorlat, amely elősegíti a körkörös gazdaság kialakulását és csökkenti a deponálásra kerülő hulladék mennyiségét.

A kommunális hulladékok túlnyomó részét a fejlettebb országokban értékes nyersanyagnak vagy energiahordozónak tekintik, és újra feldolgozzák, vagy energetikai célra hasznosítják, a lerakás aránya kevés vagy minimális. Nálunk az energetikai hasznosítás csak mintegy 10 %, és mintegy 50 % még ma is lerakóba kerül.

A hulladékhasznosítást ez évtől átveszi a MOL, és ezzel remélhetőleg nálunk is nagy lépést tesz előre a gazdasági hasznosítás.

Előnyök:

- fogyasztóközeli energiatermelés
- időjárástól független megújuló energia
- magas energetikai hatásfok kapcsolt termeléssel

Hátrányok

- fajlagosan magas beruházási költség
- korlátozott tüzelőanyag mennyiség

7. Földhő és geotermikus energia

Magyarország a geotermikus energia (földhő) használatában nagy hagyományokkal rendelkezik. Az eddig feltárt, döntően alacsony hőmérsékletű (<120°C) készletekkel jellemzően fűtési igényeket elégítünk ki. A szénhidrogén- és földtani kutatás eredményeképpen azonban több olyan geotermikus mező is ismertté vált, amelyek entalpiájuk alapján alkalmasak segédközeges (binary cycle) villamosenergia termelésre. Mérvadó szakértők véleménye alapján ezekre támaszkodva 150-250 MW erőművi kapacitás hozható létre. Helyenként igen jelentős a feltárt termálvizek kísérő gáztartalma, ami a szénhidrogén ipar ingerküszöbét még nem érte el, viszont geotermikus hasznosítással együtt már kifizetődő lehet kitermelésük. Fontos szempont, hogy a geotermikus erőművek termelése gyorsan fel- és visszaterhelhető, ezáltal akár kiegyenlítő erőműként is szolgálhatnak.

Jelen ismeretünk és technológiai szintünk alapján nem várható, hogy az országos igények kielégítésében nagymértékben építhetnénk a geotermikus energiára, de az eddigiénél sokkal nagyobb figyelmet érdemelne ez a szakterület.

Előnyök:

- időjárástól független megújuló
- szabályozható termelés
- fenntartható

Hátrányok:

- magas beruházási költség
- magas kockázat a fúrásnál
- a termelt hő ára függ a villamosenergia áráról (visszasajtolás okán)

8. Napenergia

Magyarország természeti adottságaiból fakadóan az egyik legkedvezőbb lehetőség villamos energiatermelésre. Magyarországon a napsütéses órák száma nagyon kedvező, egy napelem akár napi 12-14 órás termelésre is képes. Ugyanakkor a fotovoltaiikus villamosenergia-termelés rendelkezésre állása a téli időszakban rapszodikus, és rendkívül alacsony. A november-februári átlagos kapacitáskihasználás 7,65 %. A napsütéses órák átlagos száma ebben az időszakban 2,0 h/nap, ami jellemzően a villamos csúcsidőn kívül van.

Egyik probléma, hogy nem a megfelelő napszakban termeli a villamosenergiát. Magyarországon a napi fogyasztás tekintetében két csúcs idő létezik, a reggeli és az esti. A napenergia termelés a két időszak közötti realizálódik.

A másik probléma az áramszolgáltatói hálózatunk. Magyarországon a háztartási méretű napelemek energiatermelése a közcélú hálózatba történik, ami több esetben csak korlátozott mértékben alkalmas az energia fogadására. A hálózatot át kellene alakítani, hogy nagyobb mennyiségű villamos energiát is tudjon fogadni, és továbbítani a többi hálózatba.

A harmadik probléma, ami eddig erősen korlátozta a szélesebb körű elterjedését az, hogy egy kisebb napelemes rendszer és az energiatárolás kivitelezése több millió forintos beruházás, amit nem mindenki tudott megengedni magának. Több állami támogatásra lenne szükség.

A nagyobb napelemes rendszerek már nem a 0,4kV-os, hanem közép- vagy nagyfeszültségű hálózatokba táplálják be a villamos energiát. Ezeket az 1 hektáros napelemes rendszereket lehet látni a néhány főút mellett a szántóföldek környékén. Ezek már sokkal jobbak és hatékonyabb, mint a kisebb testvéreik. De itt is akad egy kis probléma. Néha a jól termő földeket veszik ki a termelésből, annak érdekében, hogy napelemes rendszereket telepítsenek. Szerencsére itt is vannak jó példák is. A fotovoltaiikus kapacitások egyre nagyobb részét helyezik el épületek tetejére.

Mindent összesítve, a napelemes rendszerek telepítése jó megoldás a villamos energiatermelés szempontjából. Nulla CO kibocsátás, nincs zaj és hő terhelés, nincs hulladék. A jelenlegi energia árak mellett viszonylag gyorsan megtérülnek.

Az időjárás függő termelésű naperőművek azonban nem tudják helyettesíteni az a szabályozható termelésű erőműveket, de kiegészítő termelés szempontjából a legjobb megoldásnak tűnnek.

Előnyök:

- pontosabb előrejelzések, mint szél esetén
- területileg egyenletesen telepíthető az országban
- kis teljesítményeken (háztartási méretű, < 50 kW) is telepíthető

Hátrányok

- nagy területigény
- időjárás függő, ingadozó termelés
- tartalék képzés szükségessége (felhős rossz időben is kell áram)
- energiatárolás szükséges a termelés és fogyasztás megfeleltetéséhez

9. Vízerőmű

A hazai vízenergia potenciál jelentős része nem kerül hasznosításra. Nagyteljesítményű vízerőművek csak a Tiszán épültek (Tiszaöld és Kisköre, lehetséges helyszín még Csongrád). A nagyteljesítményű dunai vízerőművek létesítése komoly politikai vitát váltott ki, ezért ezek megvalósítása elmaradt (lehetséges helyszínek Nagymaros, Adony és Fajsz).

Hazai környezetben a vízerőművek elsősorban vízgazdálkodási és hajózási szempontokat szolgálnak, a villamosenergia termelés másodlagos. Kisebb „törpe” vízerőművek létesültek az elmúlt években (Tass 1,2 MW és Dunakiliti 2,1 MW).

Előnyök:

- klímabarát villamosenergia
- ellátásbiztonság
- rendkívül hosszú élettartam (Magyarország legöregebb vízerőműve az Ikervári vízerőmű, amelyet 1900-ban adtak át és többször felújították)

Hátrányok:

- beavatkozás a folyami élővilágba
- magas beruházási költség
- társadalmi elfogadottság alacsony

10. Szivattyús-tározós erőművek

A villamos energia rendszer szabályozása és kiemelten a nagy kapacitású energiatermelők kihasználása, különös tekintettel a napenergia termelés növekedésére, az energia tárolásának nagyságrendi növelését és a dinamika biztosítását teszi szükségessé. Sokszor használják az erőmű kifejezést is, ami megtévesztő lehet, hiszen a szivattyús tározó villamos energiából állít elő villamos energiát, szemben a megszokott erőművekkel, amik valamilyen más energiahordozóból állítják elő a villamos energiát.

A villamos energia önmagában nem tárolható, így a fogyasztásnak és a termelésnek minden egyes pillanatban meg kell egyeznie. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor a kiegyenlítődé miatt változni fog a frekvencia, ami az elektronikus eszközök meghibásodásához illetve tönkremeneteléhez vezethet. Volt már arra példa, hogy a teljesítmény egyensúly megtartása érdekében lakossági fogyasztókat is le kellett választani a hálózatról.

A tárolás a kisterhelésű időszakok - amikor a rendszerben többlet energia áll rendelkezésre - termelésének átvitelét oldja meg más nagyterhelésű napszakokra. A dinamika biztosítása a rendszer üzemében bekövetkező üzemzavarok kiszabályozásához szükséges.

A szivattyús energiatároló létesítményeknél két különböző vízszintmagasságú víztest között kell biztosítani a víz áramlását, csővezetéseken. A felső tározóba eljuttatott víz a szükséges időszakokban, annak gravitációs úton történő leengedésével a turbinák segítségével visszaalakul elektromos energiává. A tárolás hatásfoka nem 100 %, az energia visszanyerés részaránya a nemzetközi szakirodalom szerint 75-90% közötti.

A nemzetközi statisztika szerint a Világon túlnyomórészt (több mint 90%-os mértékben) szivattyús energiatározók építésével oldják meg a villamos energia nagy léptékű tárolását, ami eszközeiben kiforrott, bevált és több mint 100 év tapasztalataira támaszkodhat. Az első kereskedelmi célú szivattyús energia tározó 1879-ben létesült. Jelenleg több mint 300 erőmű üzemel, a technológia kiforrott. Az üzemelő erőművek száma: Japán 41, USA 40, Franciaország 30, Németország 39, Olaszország 23, Ausztria 22, Lengyelország 7 stb.

Annak érzékeltetésére, hogy egy szivattyús energiatározó létesítése mennyire kívánatos és egyben gazdaságos is, álljon példaként Litvánia, ahol közismerten a domborzat kifejezetten kedvezőtlen. Ennek ellenére elhatározták és meg is valósították annak a szivattyús energiatározónak a létesítését, amelynek során a tengerpart mellett egy 90 méter magas mesterséges dombot hoztak létre. A domb

tetején alakították ki a felső tározót és a 90 méteres szintkülönbség ellenére az egész beruházás eredményesen működik. A második szivattyús energiatározójuk építése hasonló körülmények között folyamatban van!

A döntések egyöntetűségében alapvető a tárolási mód költséghatékonysága, hosszú élettartama és a nagy kapacitásokban való kipróbáltsága. Üzemanyaga a feleslegben képződő elektromos energia, közvetítő közege a víz. A villamos energia rendszer kiszolgáltatottsága egyes energiahordozók felé, és a villamos hálózat szabályozásának problémái felhívják a figyelmünket a környezetvédelem fontosságára, illetve az energetika környezetre gyakorolt hatására.

Magyarországon az első és mindez ideig egyetlen szivattyús energiatározó 1912-ben került üzembe állításra, azóta is az eredeti gépekkel üzemel! Sajnálatos módon a trianoni döntés következtében ma már nincs Magyarországon.

A magyar villamos energia rendszerben a hiányzó rendszerszabályozási kapacitás és a piacon a növekvő rendszerszabályozási költségek következtében magas teher hárul a fogyasztókra anélkül, hogy a keletkező problémák hosszú távú megoldását szolgálná! Az üzembiztos és rugalmas rendszer működéséhez, a különböző termelő típusok rendszerbe illesztéséhez, valamint a rendszerirányítás költségeinek stabilizálásához sürgős szükség mutatkozik szivattyús energiatározó létesítésére! A jelentkező gondok megoldásának fontosságát mutatja a rendszerirányítás költségeinek gyors ütemű növekedése is.

Magyarországon a geológiai és domborzati viszonyok 70 és 510 méter közötti esésmagasságot tesznek lehetővé. Részletes vizsgálatokat az alábbi helyszínekre végeztek el: Dunakanyar (Duna és a Keserűs-hegy között), Zempléni hegység (Aranyos-völgy és a Nagykorsós-hegy között), Keszthelyi-hegység (Szigligeti-medence és az Ederics-hegy között). A vizsgálatokat azonos szempontok alapján végezték. A Dunakanyar bizonyult a legalkalmasabb területnek, de a másik kettő is megmaradt opciónak.

A Dunakanyar Visegrád és Dömös határvonalán lévő részén az 510 méteres szintkülönbséggel sajnálatos módon ez a variáns nem került kivitelezésre, pedig ennek 1985-1987-es árszinten 100 milliárd forint alatt lett volna a beruházási értéke. Ez a megoldási lehetőség, alap nélkül, össze kapcsolódott a Bős-Nagymaros vízlépcsőrendszer problematikájával és ez a körülmény, valamint a természeti értékekre történő hivatkozás megghiúsította a beruházást. Az érintett felső tározó területére elkészült egy részletes botanikai vizsgálat, amely megállapította, hogy nincs védett növény a tervezett építési helyszínen.

Ennek figyelembevételével a 2000-es évek elején az MVM megrendelésére elkészült egy tanulmány, amely 44 ilyen helyszínről állapította meg, hogy alkalmas szivattyús energia tározó megépítésére Szentgotthárd és Sárospatak között.

Új fejleményt hozott, hogy 2011-ben az EU ETS Irányelv által Magyarország részére biztosított CO₂ mennyiség értékesítésének bevételeiből magyarországi helyszínen megvalósítandó 600 MW teljesítőképességű szivattyús energiatározó létesítését irányozták elő. Erről Kormányhatározat készült. Az előkészítő munkának az EU CO₂ piacának összeomlása vetett véget. A félbe szakadt munkának és az EU támogatási igényének folytatása nem lett.

A Magyar Kormány 2023 második felében döntött arról, hogy egy szivattyús erőmű megvalósíthatósági tanulmánya készüljön Magyarország területén. A geológiai fúrások elkészültek, az eredmények még nem ismertek. Annyit lehet tudni, hogy a két vizsgálati helyszín a Markazi tó, illetve Borsodivánka térségében található.

Az energia import függőség enyhítésére igen alkalmas a szivattyús energiatározó. A csúcserőművekhez hasonlóan, nagyon gyorsan, másodperces nagyságrendben lehet terhelését változtatni. A tározós és szivattyús tározós erőművek a fő ellátói a szekunder szabályozásnak. Abban az esetben, ha előreláthatóan sokáig áll fenn valamilyen hiány a rendszeren belül akkor a gazdaságosság figyelembevételével a terhelést egy alaperőmű veszi át.

Manapság egyre többet hallunk a környezet és a természet védelméről. Nagyon fontos, hogy utódainkra lehetőség szerint egy tisztább, élhetőbb világot hagyjunk. Ennek egyik alapfeltétele, hogy a légkört és a talajt, valamint az alapkőzeteket ne szennyezzük olyan mértékben, hogy az már ne legyen visszafordítható. Ebből kifolyólag kap az energetika egyre nagyobb figyelmet, hiszen a légszennyezés igen nagy hányadáért ez az iparág a felelős! A szivattyús energiatározás, tekintettel arra, hogy nulla emisszióval üzemel a legszigorúbb környezet védelmi követelményeknek is megfelel.

Sokak félelme, hogy a szivattyús tározó tájesztétikai és természetvédelmi szempontból kifogás alá eshet. Nem akármilyen látvány egy hegyekbe süllyesztett szivattyús tározó illetve annak megépítése. Svájcban a Limmern szivattyús tározó az utóbbi évek egyik legjelentősebb bővítési projektje volt, mely során a Limmernsee tóból a 630 méterrel magasabban lévő Muttsee tóba szivattyúzzák fel a 23 millió m³ vízmennyiséget (a Velencei tónak kb. 60%-a). Az erőmű tervezési és építési ideje kb. 10 év volt, az alapkőletételre 2009-ben került sor, 1000MW teljesítményével egy hatalmas akkumulátor a Glarner-Alpokban. A Muttsee gát 1054 méter hosszú – a leghosszabb Svájcban – kb 2500 méteres tengerszint feletti magasságban található.

A nemzetközi gyakorlatban kialakultak a kivitelezés és a környezetbe illesztés természetvédelmi szempontból is elfogadható módszerei.

Természetvédelmi területen jelentős szivattyús energiatározók létesültek. ilyen pl. a Dinorwic szivattyús energiatározó Észak-Walesben a Snowdonia National Park területén, Cierny Vah szivattyús energiatározó Szlovákiában az Alacsony Tatra Nemzeti Parkban, Skóciában a Loch Nessi tavon a Foyers szivattyús energiatározó, Bajina Basta szivattyús energiatározó az egykori Jugoszláviában a Tara Nemzeti Parkban, Dlouhe Strane szivattyús energiatározó Észak-Morvaországban a Jeszenik hegység tájvédelmi körzetében, Imaichi szivattyús energiatározó Japánban a legszigorúbban védett Nikko National Park területén, ugyancsak a Nikko Nemzeti Park területén a Numappara szivattyús energiatározó.

Összességében kijelenthető, hogy a szivattyús tározós erőművek minél korábbi létesítése és üzemeltetése elengedhetetlen a magyarországi rendszerirányítás és energiaszolgáltatási biztonság szempontjából.

Előnyök:

- klíma és környezetbarát kiegyenlítő energiát tud szolgáltatni
- még több megújulót lenne képes befogadni a hazai villamosenergia rendszer
- a napelemek tárolt termelését az esti fogyasztási csúcsban is fel lehetne használni

Hátrányok:

- magas beruházási költség
- az építés jelentős beavatkozást igényel a környezetbe

11. Szélerenergia

Szélerőműveknek olyan erőművek, amik a szél kinetikus (mozgási) energiáját alakítják villamos energiává.

A szél kinetikus energiájának a hasznosításával egy teljesen új eddig (villamosenergia termelésre) nem hasznosított megújuló energiaforrás felé nyílt meg az út. A szélerőművek műszaki kialakításuk szerint lehetnek függőleges és vízszintes tengelyűek. Ezek közül a vízszintes tengelyűek terjedtek el, mert gazdaságilag kedvezőbbek, az alacsonyabb indítási szélesebességük miatt (többet termelnek). Telepítés helyét tekintve lehetnek szárazföldiek (on-shore) és tengerre telepítettek (off-shore). A technológia rendkívül nagy fejlődésen ment át az elmúlt két évtizedben az egységteljesítmények és ezzel a gépméret is jelentősen nőtt, ami javította a gazdaságosságát a termelésnek.

A magyar naperőművek évi átlagos kihasználása 16 %, a november-februári kihasználás 7,65 %. A szélerőművek átlagos kihasználása 23,3 %, a november-februári kihasználás 16,55 %, vagyis az átlagos kihasználás másfélszerese, a téli kihasználás több, mint kétszerese a naperőművékének. A november-februári napsütéses órák átlagos száma 2,0 h/nap, ami jellemzően a villamos csúcsidőn kívül van, míg egy napon belül a szélviszonyokban nincs túl nagy eltérés.

A szélerőművek legnagyobb hátránya a fizikai eredetű, erősen ingadozó termelés. A szélerőmű teljesítménye köbösen függ a szél sebességétől. Ezért egységnyi hiba a szélesebesség előrejelzésben harmadik hatványú hibát okoz a termelési előrejelzésben. Ebből kifolyólag szélerőmű csak olyan villamosenergia rendszerbe telepíthető, ahol megfelelő mennyiségű és minőségű jól szabályozható erőművek vannak (víz, szivattyús tározó, gáz, modern szén stb.).

A szélerőműveknek nálunk az elmúlt időszakig negatív volt a megítélése, várható, hogy közeljövőben ez változni fog.

Előnyök:

- klímabarát megújuló energia
- hosszú gép élettartam
- könnyen telepíthető

Hátrányok:

- időjárás függő, ingadozó, nehezen becsülhető termelés
- nagy területigény, kevés kedvező („szeles”) terület

- zajszenyezés

12. Távhőszolgáltatás

A modern városok környezetbarát fűtési módja

A távhőszolgáltatás az épületek hőellátásának korszerű módja, amit az egész világon elterjedten használnak. A központi fűtéstől abban különbözik, hogy a hő előállítása nem az épületekben, hanem attól távolabb, olykor nagy távolságban történik. Ez jelenti egyben egyik legnagyobb előnyét: nem szennyezi a közvetlen lakókörnyezetet a hőtermelés szennyező anyagaival, adott esetben az égéstermékekkel és a felhasználóknak sem kell bajlódniuk a hő előállításával.

A szennyezett levegőjű városokban a távhő nélkülözhetetlen levegőminőség-javító eszköz.

A távhő kényelmes és biztonságos, mérés szerint értékesíthető szolgáltatás, nagy előnye, hogy mindenféle energiaforrást képes hasznosítani, anélkül, hogy a lakóépületek fűtőberendezésében bármiféle változtatásra lenne szükség. Ebből következik, hogy manapság, amikor a széndioxid kibocsátás csökkentésének óriási jelentősége van a klímavédelemben, a távhő az egyik legjobb döntés, hiszen könnyen hasznosítja a kis kibocsátású, vagy akár széndioxid kibocsátás mentes energiaforrásokat. Ezért a távhőellátás és az erre épülő távhőszolgáltatás napjainkban felértékelődött és a környezetvédelem mellett a klímavédelem szolgálatába is állítható a megújuló energiaforrások egyre elterjedtebb felhasználása által.

Mik ezek a megújuló energiaforrások?

A megújuló energiaforrások a környezetszennyező és klímaváltozást okozó fosszilis energiaforrások alternatívái, amelyek segítséget nyújtanak az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentéséhez. Megújuló energiaforrás például a szélenergia, a napenergia, a geotermikus energia és a biomassza. A távhő előállítására felsorolt megújulók közül jelenleg leginkább a biomasszát és a földhőnek is nevezett geotermikus energiát használják, de egyre nagyobb szerep juthat a napenergiának is. Ezeknek az energiaforrásoknak alkalmazása a távhőszolgáltatásban lehetőséget nyújt a fosszilis energiahordozók kiszorítására.

Ha a **biomasszát** fűtőerőművekben hasznosítják, az energetikailag előnyös kapcsolt villamos energia és hőtermelés is megvalósulhat, az így megtermelt hő a távhőrendszerek energiaforrásául szolgál. A fűtőműi biomassza hasznosítás is fontos eszköze a távhőrendszerek megújuló alapra helyezésének. A fűtőművekben kizárólagosan hőtermelés folyik. Tüzelőanyagként elsősorban másutt nem hasznosítható erdőgazdálkodási, mezőgazdasági és fafeldolgozó ipari melléktermékeket használnak.

A **földhőhasznosítás**on sokszor a mélyebb rétegekből származó termálvíz hasznosítását értik, de a sekélyebb mélységben, alacsonyabb hőmérsékletszinten elérhető hőenergia is a geotermikus energia. A magasabb hőmérsékletű hőforrások hője távhőellátásra közvetlenül felhasználható, betáplálható a már működő ellátási rendszerekbe. Az alacsonyabb hőmérsékletű kinyerhető energia csak az alacsony hőmérsékletű, korszerű fűtési rendszerekhez kínál közvetlen ellátási lehetőséget, ilyenek például a felületfűtéseket ellátó távhőellátó rendszerek. A hőszivattyúk azok a technikai eszközök, amelyek segítségével megoldható az alacsonyabb hőmérsékletű hőforrások kihasználása, hasznosítása.

A távhőtermelésben nagyon magas arányú földgáz részesedés csökkentésében a földhőhasznosításnak óriási jelentősége van, növelése a távhőszolgáltatás egyik kiemelt kérdése, fejlődésének záloga.

A **napenergia közvetlen felhasználása** a hőellátásban egy bevált, elérhető, költséghatékony megoldás, ami segíthet a dekarbonizációs célok elérésében. Előnye a szükséges technológia rendelkezésre állása, a napkollektorokkal történő hőtermelést, ami a felhasznált földterülettel arányos energiahozamot biztosít, kiegészíti egy szezonális hőtároló, ami hagyományos építési technológiákkal hozható létre.

A napenergiával megvalósuló hőtermelés jól illeszthető a távhőszolgáltatáshoz, annak jó gyakorlatai, valamint biomasszával, hőszivattyúkkal és hőtárolókkal való kombinációja könnyen kialakítható.

Európában több száz város használ napenergiát hőforrásként.

A napenergiával megtermelt hőt, mivel a hőtermelés szakaszos és időjárásfüggő is, tárolni szükséges, hogy a felhasználásra alkalmas legyen.

Alapvetően kétféle tárolórendszer létezik, az egyik rövidebb idejű tárolást tesz lehetővé, a másik a szezonális tároló, ami a nyári hónapokban keletkező hőt tárolja, és az őszi-téli időszakban használják fel. A felhasználói helyek közelében (vagy a hagyományos hőtermelő helyén) elhelyezett tárolók (úgynevezett csúcs tárolók) első sorban a csúcsok simítását végzik, de egy hőfelhasználói optimalizálói rendszernek is elemei lehetnek.

A közvetlenül előállított naphő, egyéb hőtermelési módokkal, hőszivattyúkkal, különböző tárolási rendszerekkel és technológiákkal kombinálva számtalan formában felhasználható.

Nem a klasszikus értelemben vett megújuló hőforrás, de mindenképpen szót kell ejteni a hulladékok energiahasznosításából eredő hő távhőrendszerekben való

felhasználásáról. A településeken keletkező gigantikus mennyiségű hulladékokkal kezdeni kell valamit, ha már a keletkezésüket nem sikerült megakadályozni. Az anyagukban nem hasznosítható hulladékrészek ártalmatlanításáról gondoskodni kell. A hulladék lerakókban való elhelyezése csak kényszermegoldásként fogadható el, hosszú távon tarthatatlan. A kommunális hulladékok túlnyomó részét a fejlettebb országokban értékes nyersanyagnak vagy energiahordozónak tekintik, és újra feldolgozzák, vagy energetikai célra hasznosítják. Az energetikai hasznosítás az ártalmatlanítás olyan formája, aminek jelenleg nincs alternatívája. Az ártalmatlanítást szigorú környezetvédelmi előírások betartásával, ellenőrzötten hajtják végre, a keletkező hő városi távhőrendszerekben hasznosítható, kapcsolt termelés esetén a villamos áram is értékesíthető. Vannak törekvések és példák is arra, hogy az így előállított villamos energia, illetve hőenergia részben vagy egészben megújuló energiának számítsa, esetleg a hőenergia hulladékegy energiát minősítést kapjon, ami a közreműködő távhőrendszer megítélését és fejlesztési lehetőségeit is kedvezően befolyásolná.

A távhő fontos szerepet tölt be **a villamos rendszer szabályozásban**. Magyarországon egyre elterjedtebb a napelemes villamos energiatermelés, sokszor előfordul, hogy a termelt villamos energia meghaladja a szükségleteket. A napelemes rendszerek minél jobb kihasználása érdekében célszerű hőtermelő, illetve hőtároló kapacitásokat kiépíteni. Az egyik ilyen felhasználási, illetve tárolási lehetőséget a távhőrendszerek kínálják. A hőenergia kis veszteségű tárolása akár éves léptékben is megoldható, de a villamos csúcsok kezelésére, rövidebb idejű tárolásra a távhőrendszerek alkalmasak, vagy alkalmassá tehetők és ezzel fosszilis tüzelőanyag megtakarítására nyílik lehetőség.

Hasonló megfontolásból a többlet zöld villamos energia gáz halmazállapotú tüzelőanyagok előállítására is alkalmazható, amelyek azonnal felhasználhatók, vagy tárolhatók. Az egyik ilyen fontos gáz a hidrogén.

A **power-to-hydrogen (P2H2)** (a hidrogén előállítását jelenti, lehetőleg zöld áram felhasználásával) jelentős szerepet fog játszani a jövőbeni fenntartható energiarendszerekben. Az előállítás során, akár zöld hidrogénről van szó, akár nem, a bevitt villamos energiának egy jelentős része nem kerül a termékbe (akár 30-40 %-a), ez pedig hő formájában veszteségként jelentkezik. A P2H2-ből származó hőáramok szinergiákhoz vezethetnek a távfűtési rendszerek hőellátásával.

Ez a hulladékhőpotenciál, amely a folyamat hűtéséből, a sugárzási és konvekciós veszteségekből áll, megfelelő hőmérsékletű ahhoz, hogy az alacsony hőmérsékletű távhőellátási rendszerekben hasznosítható legyen.

A hidrogén és a távhő egy jövőbeli, fenntartható energiarendszer két pillérének is tekinthető.

A hatékony távfűtés/távhűtés

A távhő pozitív energetikai szerepének, hasznosságának a megítéléséhez bevezettek és törvénybe rögzítettek egy fogalmat, a hatékony távfűtés/távhűtés fogalmát. Ennek a fogalomnak a megértéséhez ismernünk kell a hulladékhő és a kapcsolt hőtermelés mibenlétét is. A hulladékhő egy technológiai folyamat során melléktermékként keletkező hő, amely hasznosítás nélkül kárba vész. A kapcsolt hőtermelés pedig azt jelenti, hogy a villamos energiatermelés mellett óhatatlanul keletkező hőenergia is hasznosításra kerül. Ez a kettős célú energiatermelés kiegészíti egymást: összességében lényegesen kevesebb energiahordozót kell így felhasználni, kisebb a környezeti terhelés, kevesebb a szén-dioxid-kibocsátás, javul a hőtermelés és a villamos energiatermelés gazdaságossága.

A távhőt akkor nevezzük hatékonynak, ha a jogszabály által meghatározott mértékben hulladékhőt, megújuló energiaforrásból, illetve kapcsolt energiaforrásból előállított hőt tartalmaz. Jelenleg „Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2023/1791 irányelve (2023. szeptember 13.) az energiahatékonyságról és az (EU) 2023/955 rendelet módosításáról” tartalmazza egyre szigorodó megfelelési követelményeket.

Miből állnak a távhőrendszerek?

A hőtermelő egységen kívül a távhőrendszerek tartalmaznak vezetékhálózatot, amelyben a hőhordozó fűtővíz kering és egy olyan berendezést, amely gondoskodik a fogyasztóknak megfelelő nyomású és hőmérsékletű fűtővízről, ezt a berendezést hőközpontnak nevezik. A fűtési szabályozók a külső időjárás függvényében a fűtőberendezések által mindenkor igényelt hőmérsékletű fűtővíz előállításáról automatikusan gondoskodnak. A használati melegvíz előállításának szabályozása is önműködő, ezért a hőközpontok állandó kezelőszemélyzet nélkül, automatikusan üzemelnek. A hőcserélőkön kívül a hőközpontokban kerülnek elhelyezésre többek között az épületekben keringtetést biztosító szivattyúk, a használati melegvíz tárolók, a nyomástartás eszközei, a biztonságtechnikai- és szabályozó berendezések. A hőközponti szabályozást követően a mindenkori időjárásnak megfelelő hőmérsékletű fűtővíz kerülhet a lakások hőleadóiba, ahol a távfűtést igénybe vevő lakók beállíthatják a nekik megfelelő helyiséghőmérsékleteket.

A távhőellátás a legkorszerűbb „okos” eszközöket is képes integrálni, illetve kiszolgálni. Az okos rendszerekben hőfelhasználási adatok az interneten keresztül az otthoni

számítógépeken vagy mobil eszközökön is követhetőek, ez segíti a fogyasztók energiatudatosságát és takarékoskodásra ösztönöz.

Az energia előállítása és szállítása

A hőhordozó közeg felmelegítése általában erőművekben villamosenergia-termeléssel együtt történik vagy fűtőművekben, ahol csak hőtermelés folyik. A legáltalánosabban valamilyen tüzelőanyag eltüzelésével állítják elő a hőenergiát. A tüzelőanyag ma még javarészt a fosszilis földgáz, de nagy erőfeszítések történnek a földgáz kiváltására, a széndioxidmentes hőtermelésre. A Paksi Atomerőmű is termel távhőt.

A hőtermelőben előállított forróvizet a hőfelhasználási helyekre kell juttatni, hőtartalma hasznosul a fűtőberendezésekben, végül a lehűlt vizet vissza kell szállítani a hőtermelőbe újabb felmelegítésre. Ez a magyarázata annak is, hogy a távhővezetékek párosával kerülnek elhelyezésre. A hőhordozó közegnek az áramlása zárt csővezetékrendszerben történik, keringtetését nagy teljesítményű szivattyúk végzik. A csővezetékek nagyfokú hőszigetelése lehetővé teszi, hogy az olykor nagy távolságba történő szállítás során a hőveszteség minimális legyen.

A távhővezetékeket a településeken belül, a többi közműhöz hasonlóan, a föld alatt helyezik el, lakott területeken kívül előfordul a régebben létesült vezetékek felszín fölötti elhelyezése is. A modern távhővezetékeket acélból vagy műanyagból készítik, gyárilag előszigetelik, védőcsővel látják el, a felhasználási helyszínre szállítva már csak az elhelyezést és az elemek csatlakoztatását kell megoldani. Szokásos még a közműalagút alkalmazása, ahol a távhővezetékek a többi közművezetékkel és elemekkel együtt helyezhetők el, ez igényesebb, de költségesebb megoldás. A **közműalagútban** az üzemeltetés, felügyelet, karbantartás, ha szükséges a javítás, bővítés egyszerű módon, ellenőrzött körülmények között valósítható meg. A fejlesztés, technológiaváltás a külső környezet zavarása nélkül történhet. Közműalagút alkalmazásával a sűrűn lakott városrészek utcáinak zöldítése, fásítása is megoldható.



2. ábra: Városi közműalagút, forrás: Index (Tenczer Gábor)

Egy kis távhőtörténelem

Ha kicsit visszatekintünk a múltba, akkor már a középkorban is találkozunk olyan hőellátó rendszerrel, amit távhőellátásnak lehet nevezni.

A maihoz hasonló távhőrendszerek első példáit a 18. században találjuk.

Különálló épületeket csővezetékkel összekötő távfűtést Svédországban alkalmaztak először 1716-ban.

Párizsban már 1825-ben létesült forró-víz keringtetésű távfűtési rendszer.

Az amerikai Haditengerészeti Akadémián, Annapolisban alkalmaztak először gőz alapú távhőszolgáltatást 1853-ban. Az első, kereskedelmileg is sikeres távfűtési rendszert, amely 5 km hosszú volt, Lockportban hozták létre 1877-ben, ezzel megszületett a modern távhőszolgáltatás előfutára. Öt évvel később már elindult az első kapcsolt termelésű erőmű és a távfűtési rendszer New Yorkban.

Magyarországon 1899-ben helyezték üzembe az első távhőrendszert, amely a Parlament épületének távfűtését biztosította. Az '50-es évek elején ipari üzemekből történt távhőszolgáltatás, főként a környező lakótelepek számára, majd 1958-ban Budapesten, ahol már ekkor az elégetett hulladékból előállított hővel fűtöttek, elindult a tömeges hazai távhőellátás. A nagyarányú fejlődést ekkor még a háztartási technológiával gyártott panelépületek nagy száma biztosította. Mára 98 távhőszolgáltató 215 távhőrendszeren keresztül, mintegy 660 ezer lakást (a teljes magyarországi lakásállomány több mint 15%-át) és több ezer nem lakossági létesítményt lát el távhővel, legalább másfél millió ember mindennapjait közvetlenül

érinti a távhőellátás, ez is indokolja, hogy a távhőszolgáltatás létesítését, működtetését külön törvény szabályozza.

Ha magyarországi távhőről beszélünk, akkor mindenképpen meg kell említeni Knuth Károly mérnök, feltaláló és vállalkozó nevét, aki már 1932-ben kifejtette a budapesti távhő kiépítésének fontosságát, mint a város füstmentesítésének alapvető eszközét. Róla nevezték el a távhő szakma legrangosabb díját is, amit évente ítélnék oda a legkiválóbb távhős szakembereknek.

Mi az a Távhő Ökocímke?

Környezetvédelmi szempontból távfűtés és távfűtés között is nagyon nagy különbségek lehetnek. Nem mindegy, hogy a hőenergiát milyen tüzelőanyagból állítják elő, mennyi szén-dioxid kerül eközben a levegőbe és mekkora része veszik el a melegnek, amíg az erőműtől eljut a radiátorig.

A Távhő Ökocímket a Magyar Távhőszolgáltatók Szakmai Szövetsége 2017-ben azzal a céllal vezette be, hogy megítélhető legyen, hogy az egyes városokban mennyire környezetbarát és hatékony a hőellátás és tájékoztasson a távhőrendszerek környezetre gyakorolt hatásairól, hasonlóan a háztartási elektronikai eszközök jól ismert energiacímkeihez.

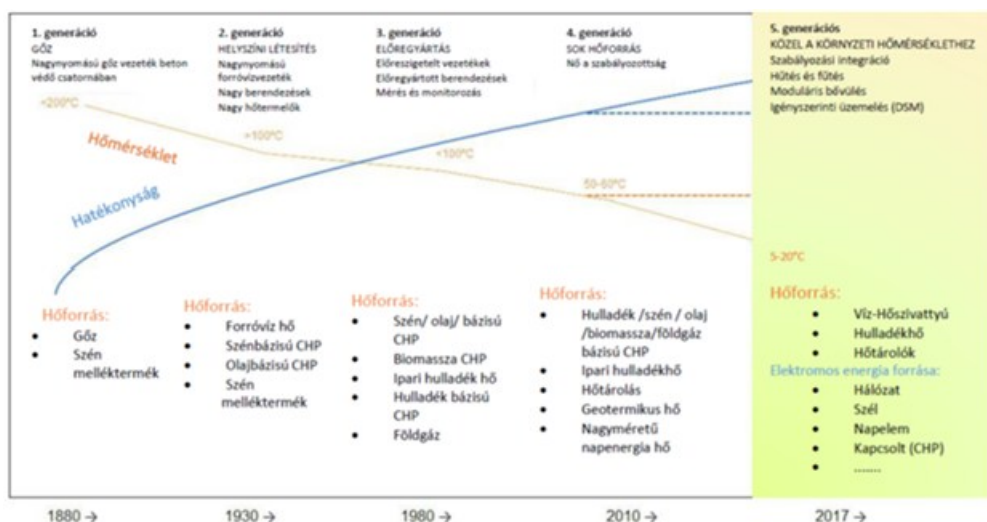
Az ökocímke jelenleg három fő tényezőt vizsgál. A primerenergia-hatékonyság egyszerűen fogalmazva azt mutatja meg, hogy a hőtermelőben megtermelt energia mekkora része jut el ténylegesen a lakásokba. A pontos számot sok minden befolyásolja a hőtermelő hatásfokától a távhővezetékek szigetelésének minőségén át a fűtővizet keringető szivattyúk áramfogyasztásáig.

Az ökocímke másik két minősítő tényezője a távhő előállításához felhasznált zöld, vagyis megújuló energiaforrások arányát és a szén-dioxid-kibocsátás mértékét mutatja meg.

A jövő

A megújulóenergia-források egyre nagyobb mértékű kihasználásának kényszere a kihívásokon kívül a távhőellátásnak különleges lehetőségeket kínál. A távhőellátás egyre jobban felértékelődik, ugyanis a már rendelkezésre álló távhőhálózatok jelentősebb beruházások nélkül képesek az újabb és újabb megújuló hőforrások befogadására, a hőenergia tárolására kihasználásuk hatékonyságának javítására, összességében a zöld átállás, a dekarbonizáció kiszolgálására, támogatására.

A távhő a 18. századbeli indulását követően jelentős változáson ment keresztül. Megváltozott többek között az alkalmazott hőhordozók hőmérsékletszintje, megváltoztak az energiahordozók, a hőtermelés technológiája az ellátás eszközszerkezete, valamint a távhőszolgáltatás energetikai, energiapolitikai szerepe. A folyamatos változás legfontosabb tényezőit generációkba rendezve az alábbi ábrán lehet végig követni.



3. ábra: A távhőszolgáltatás fejlődése, Forrás: MaTáSzSz

A legújabb változásokat a rendkívül alacsony szállítási hőmérsékletek és az ezt lehetővé tevő hőszivattyú alkalmazások jellemzik leginkább.

Az ötödik generációs távfűtés a környezeti hőmérsékletű távfűtés, ahol egy vagy több hőforrás szállít energiát a hőszivattyúknak, amelyek a felhasználói helyen állítják elő az igényelt szintű hőenergiát, lehetővé téve a felhasználóknál akár a fűtéssel egy idejű hűtésszolgáltatást is. Ebben a rendszerben a fogyasztó hőtermelővé is válhat, elszámolhatóvá válik a fogyasztó által az ellátó rendszerbe betáplált hőenergia.

Az ötödik generációs távhő jól illeszkedik az energiaközösségek lokális energiafelhasználásának igényeihez.

13. A hazai villamosenergia rendszer

Napjainkban életünk minden területén nélkülözhetetlenné vált a villamos energia. Jelentőségét csak akkor vesszük észre, ha valamilyen okból kifolyólag rövidebb időre megszűnik. A villamos energia nem tárolható nagy mennyiségben jelentős beruházás nélkül, ezért azt folyamatosan kell előállítani.

A folyamatos, zavartalan villamosenergia-szolgáltatás csak úgy biztosítható, ha az egyes fogyasztókörzetek között összeköttetéseket építünk ki, vagyis rendszeregyesítést végzünk.

A villamosenergia- rendszer kialakítása

A fogyasztók elektromos árammal való ellátása gyakorlatilag az egész világon az együttműködő villamosenergia-rendszerek által valósul meg. Ezek az általában nagy földrajzi kiterjedésű rendszerek adják meg a lehetőségét annak, hogy az energiaellátás biztonságos és magas színvonalú legyen. A rendszeren belül a villamos hálózatok biztosítják az átvitelt, a szállítást és az elosztást, eljuttatják a megtermelt energiát a fogyasztókig.

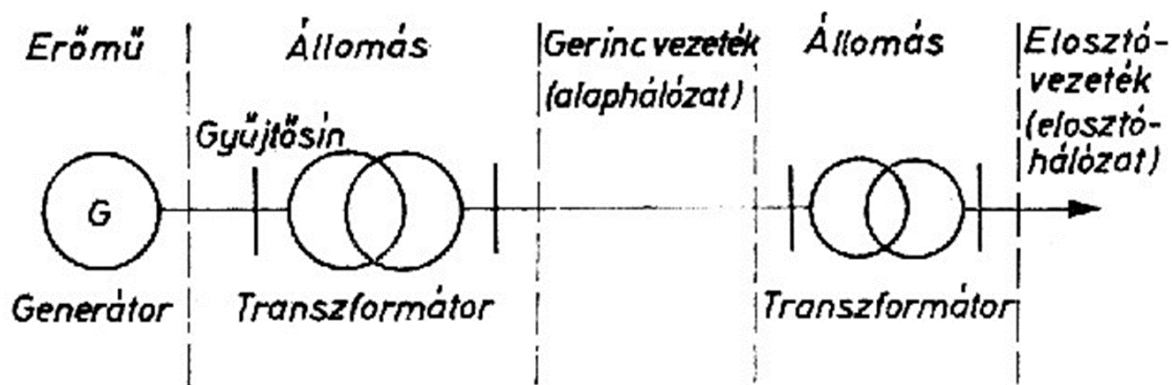
Villamosenergia-rendszerek általános bemutatása, valamint a magyar energiarendszer kialakulásának, felépítésének és irányításának leírása

A villamos energia áru. Előállítják, kereskednek vele, elosztják, van minősége, jellemző paraméterei, egységára, valamint a kereskedelmét jogszabályok irányítják (VET - villamos energia törvény). Külön cégek foglalkoznak az energia előállításával, kereskedelmével, szállításával és elosztásával.

A villamos energiát kizárólag nagyteljesítményű erőművekben állítjuk elő. Az erőművek helyét földrajzi, gazdasági és felhasználási szempontok figyelembevételével határozzák meg.

1885-ben a budapesti Ganz-gyár mérnökei (Bláthy, Déri és Zipernovszky) szabadalmaztatták a transzformátort, amely a váltakozó feszültséget minimális veszteséggel kisebb vagy nagyobb feszültségre alakítja át. Ez tette lehetővé az energia nagy távolságra való gazdaságos szállítását. Minél nagyobb a feszültség, akkor egy adott teljesítmény átviteléhez annál kisebb áram szükséges ($P = U \cdot I$). A vezeték vesztesége az árammal négyzetesen arányos ($P_v = I^2 \cdot R$)

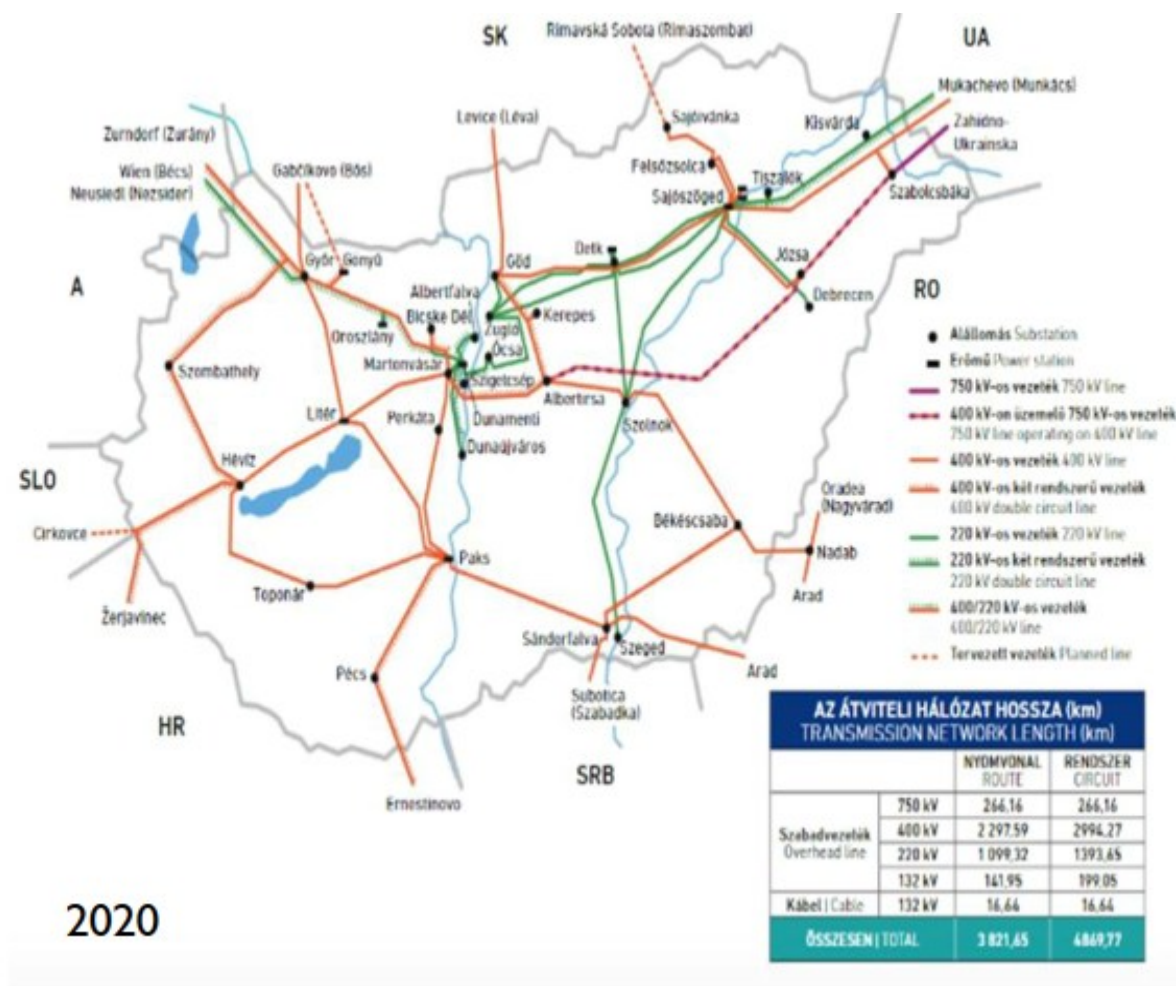
Egyenáramú energiaátvitelt ma nagyobb távolságú (> 500 km) energia átviteleknél használnak.



4. ábra: A villamosenergia útja az erőműtől a fogyasztóig

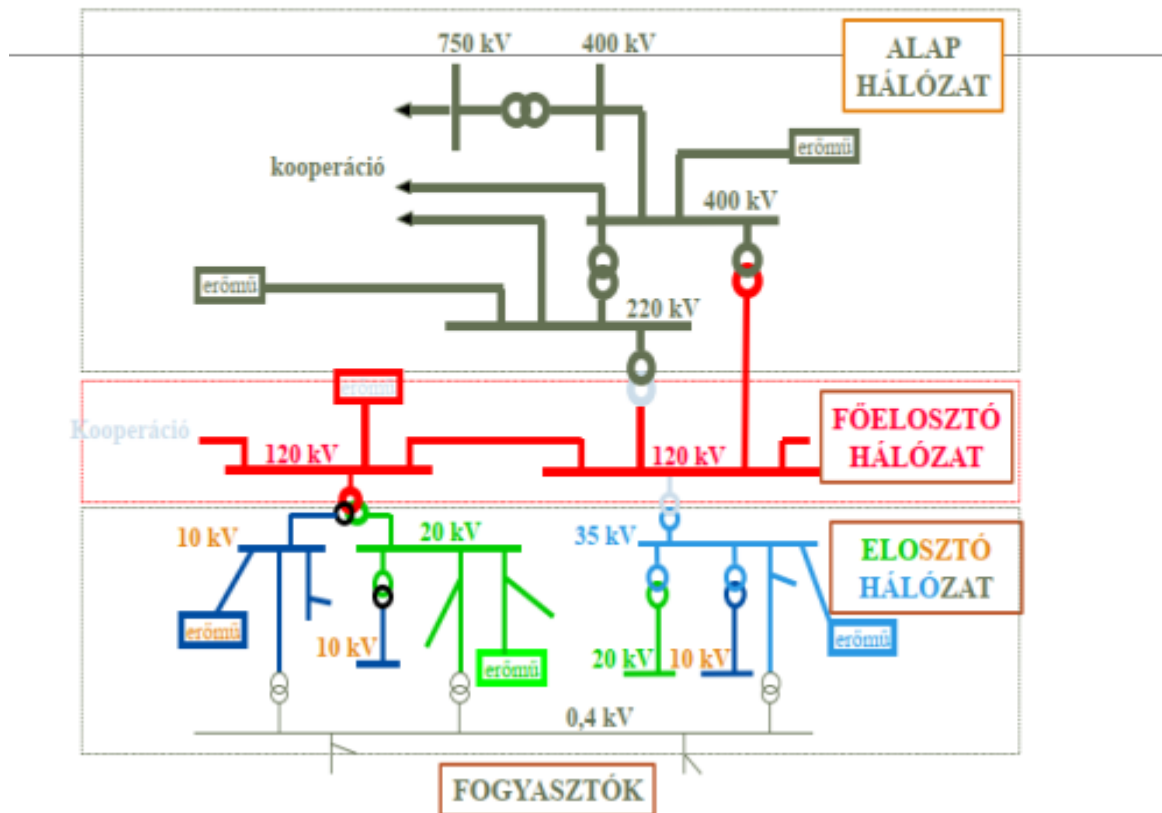
Az erőművek generátorai 6-18 kV nagyságú feszültséget állítanak elő. Ez a feszültség még nem megfelelő a nagyobb távolságokhoz szükséges energiaátvitelre, ezért a generátorok feszültségét még a helyszínen feltranszformálják a szállításhoz megfelelő értékűre. Ez lehet 35, 120, 220, 330, 400 vagy 750 kV. A feltranszformált feszültség nagyságát a távolság és az átviteli teljesítmény határozza meg.

Az erőművek transzformátorai táplálják az alaphálózatot. Az alaphálózat feszültsége 220, 400 vagy 750 kV. Az alaphálózat látja el a jelentősebb csomópontokban lévő transzformátorállomásokat.



5. ábra: A magyar villamosenergia-rendszer átviteli (120, 220, 400 és 750 kV-os) hálózata

VILLAMOSENERGIA ELOSZTÁSA



6. ábra: A magyar villamosenergia-rendszer átviteli (120, 220, 400 és 750 kV-os)

A villamos állomás azoknak a berendezéseknek az összessége, amelyek a villamos energiát transzformálják, egyen irányítják, elosztják és a villamos hálózat vezetékeit összekötik, kapcsolják és védik. Rendeltetésük szerint megkülönböztetünk erőművi állomást, hálózati állomást és fogyasztói állomást.

A hálózatokat gyűjtősínek, szabadvezetékek és kábelek alkotják. A hálózatokat csoportosíthatjuk rendeltetésük, feszültségük és alakzatuk szerint. A villamos hálózatok frekvenciája általában 50 Hz, viszont Amerikában a 60 Hz terjedt el.

A villamos hálózatokkal valósítják meg az erőművek együttműködését, a termelt energia országon belüli elosztását, valamint az egyes országok villamosenergia-rendszerei közötti kapcsolatot, azaz együttműködést (kooperációt).

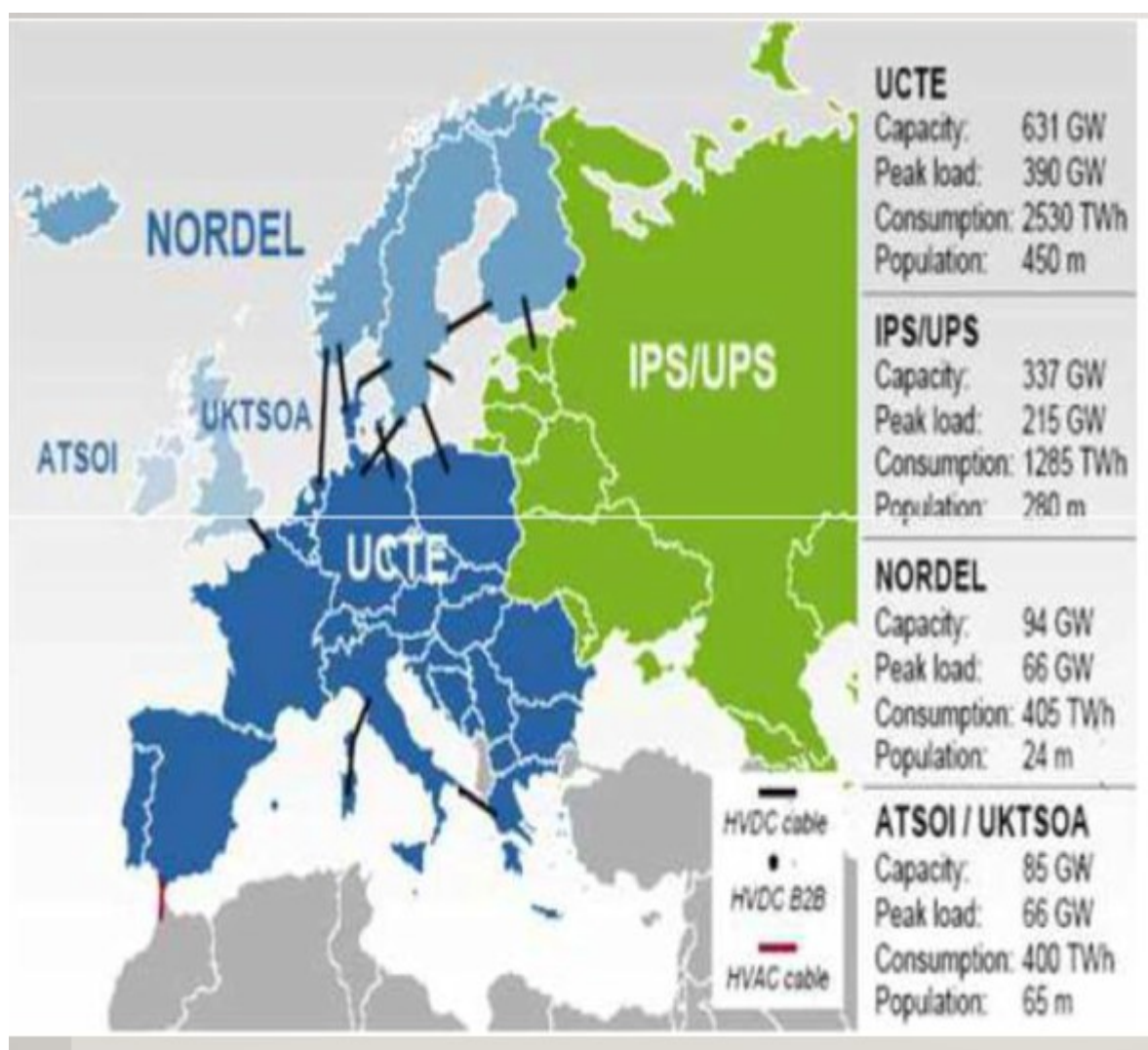
Kooperációs hálózat

Nemzetközi kooperációs hálózaton azokat a hálózatokat értjük, amelyek a szomszédos országok alaphálózatait kötik össze. A nemzetközi kooperáció villamosenergia-import, illetve -export céljára szolgálnak.

Nemzetközi rendszeregyesítések céljai

Az egyik a kölcsönös kisegítésre orientált egyesítés. Az összekapcsolt rendszerek kölcsönösen kisegítik egymást, az energiaszállítás az összekötő vezetékek teljesítőképességét nem használja ki teljesen. A szállítási távolságok és mennyiségek általában nem nagyok, ezért az átvitel megvalósítható akár 120 kV-os távvezetékekkel is (UCPTE,CENTREL,ENTSO).

A másik típus a szállításra orientált rendszeregyesülés, melynek alapvető célja a nagy teljesítményű, állandó, tervszerű energiaszállítás. Az átvitel igen nagy feszültségű távvezetéseken történik. Ilyen volt például a Szovjetunió energiarendszere



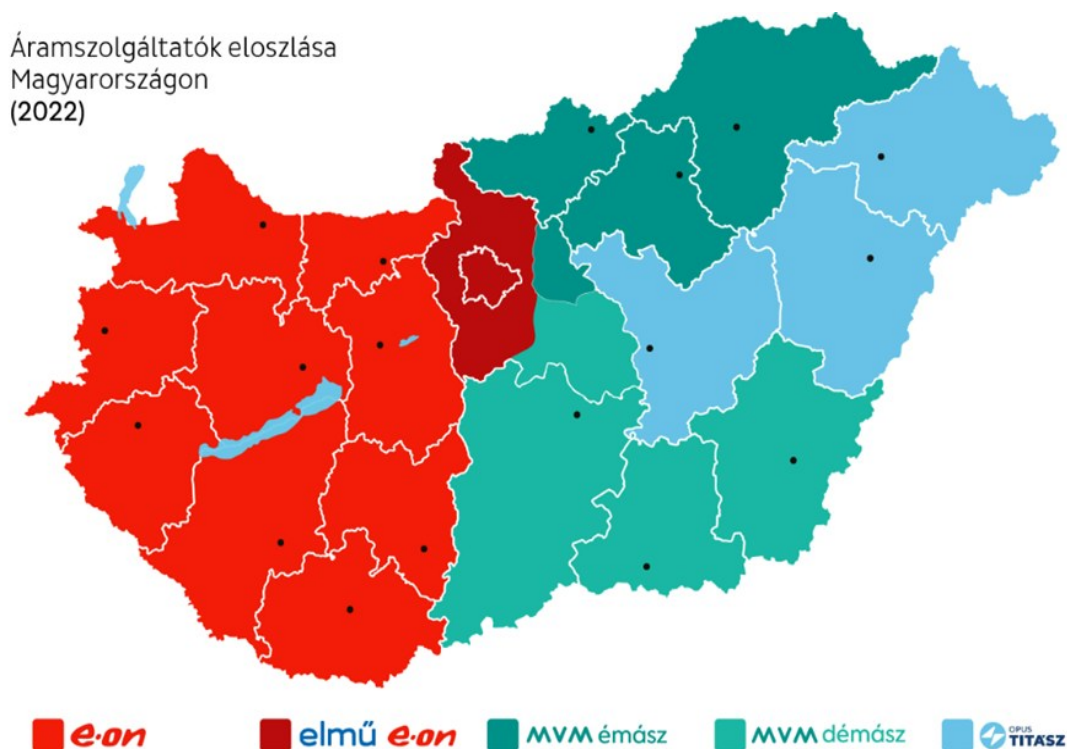
7. ábra: Nemzetközi rendszerek

Erőművek párhuzamos kapcsolása

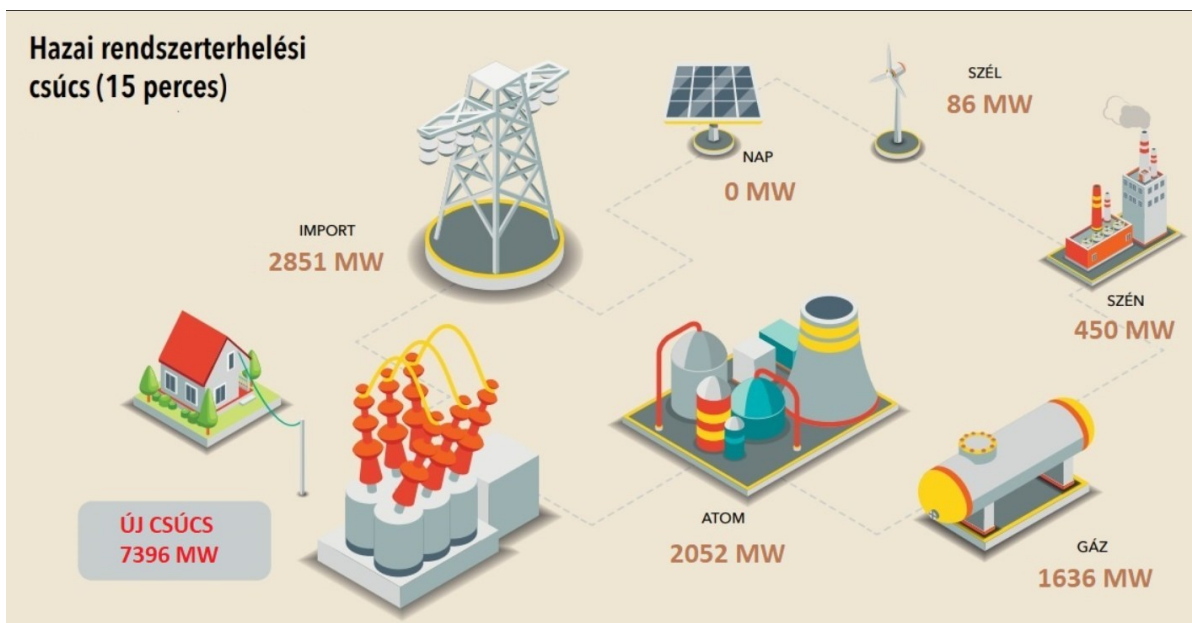
A villamos energiát régebben kizárólag nagyteljesítményű erőművekben állították elő. Az erőművek helyét földrajzi, gazdasági és felhasználási szempontok figyelembevételével határozzák meg.

Ma a megújuló energiák aránya egyre nő. Ezzel az energiatermelés pontjai sűrűsödnek, a rendszer decentralizálódik, ami új kihívásokat jelent a villamosenergia – rendszer számára (termelés fogyasztás kiegyenlítése, szállítás, energia raktározás).

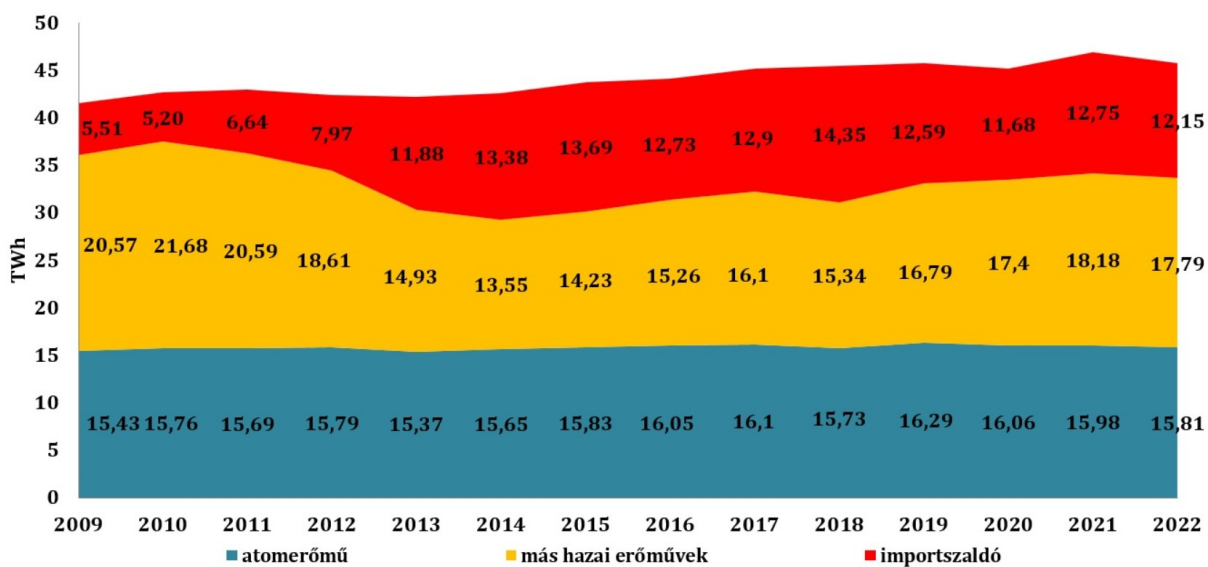
Az erőművek párhuzamos üzemének legfontosabb feltétele, hogy minden generátor frekvenciája pontosan egyforma legyen, mégpedig 50 Hz. Ez azért szükséges, hogy az egyes hálózatok között ne induljon kiegyenlítő áram.



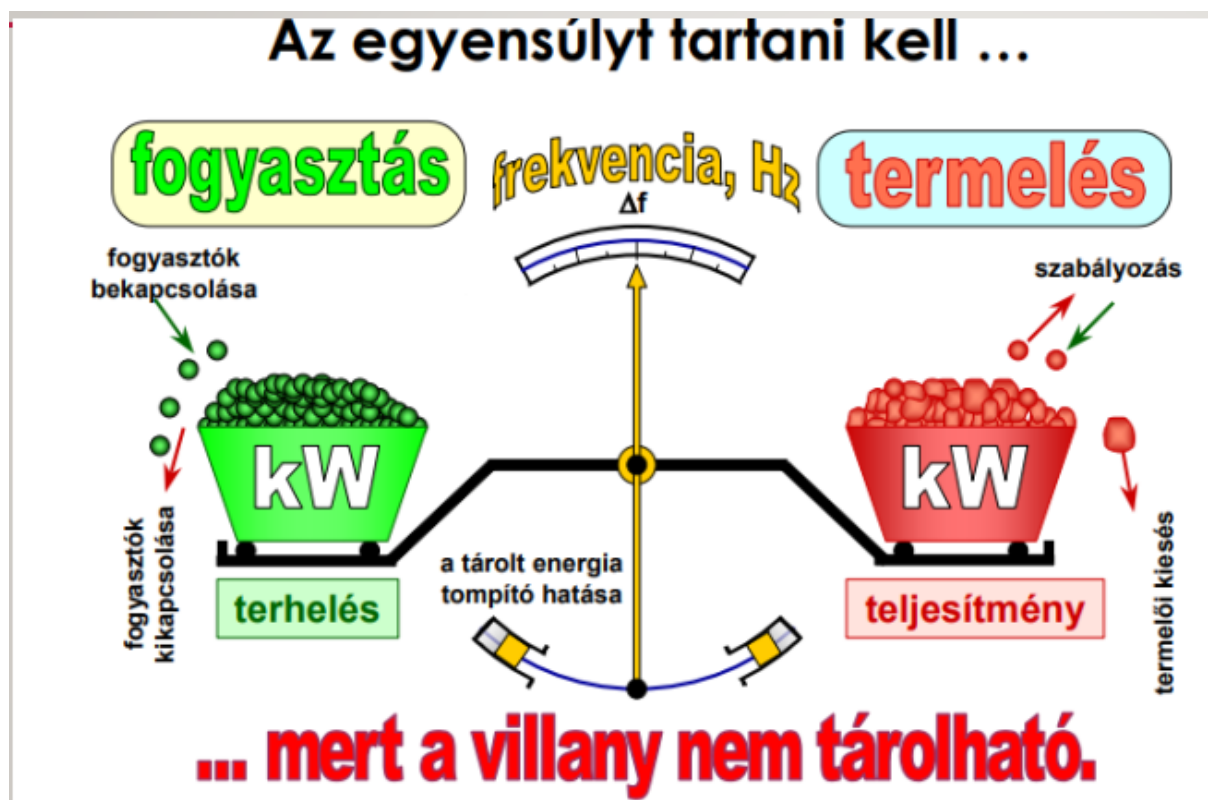
8. ábra: Az áramszolgáltatók eloszlása Magyarországon (2022)



9. ábra: A hazai rendszerterhelési csúcs 2022.Jan.25. 17:15 -kor



10. ábra: A magyar villamosenergia – rendszer termelés összetétele



11. ábra: A villamos rendszer szabályozása

Jövőbeli kihívások

Magyarország már most is nagy kihívásokkal szembesül, amelyek a jövőben súlyosbodhatnak. Az e-mobilitás és a hőszivattyús rendszerek, illetve az elektromos fűtés elterjedésével az igények növekedni fognak, amelyeket télen-nyáron és éjjel-nappal folyamatosan ki kell tudni majd elégíteni.

Európában most is kapacitáshiánnyal szembesülünk, amely a jövőben még drámaibb lehet, hiszen döntően klímavédelmi okok és a meglévő erőművek előregedése miatt hatalmas fosszilis kapacitás eshet ki termelésből, ez pedig jelentősen szűkítheti/megszüntetheti az importot. Az utóbbi időben azt is megtapasztalhattuk, hogy ha nagy a baj, akkor csak saját magunkra számíthatunk. Éppen ezért a nemzeti célokat az szolgálja a legjobban, ha a villamos energia döntő részét hazai erőművek termelik meg. Ehhez szükséges a Paks II. Atomerőmű (2x1200 MW) mihamarabbi, legbiztonságosabb módon történő megépítése, a Paksi Atomerőmű további üzemidő-hosszabbítása mellett (2026,6 MW) a megújuló, döntően a naperőművek jelentős fejlesztése. Természetesen mindezek mellett a hálózati fejlesztések is elengedhetetlenek. Sőt, korábban már felvetődött, hogy Magyarországnak középtávon szükség lehet a „Paks III-ra”, azaz egy új telephelyen újabb atomerőművi blokk vagy blokkok építésére is.

Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy Magyarország számára egy olyan egészséges energiamix elérése a cél, amely egyaránt figyelembe veszi az egyes villamosenergia-termelési módok sajátosságait az ellátásbiztonsági, versenyképességi és a klímavédelmi célok egyidejű teljesülése mellett. A hazai fogyasztóknak éjjel-nappal, télen-nyáron szükségük van villamosenergiára, éppen ezért létkérdés a hazai ellátásbiztonságot garantálni képes erőművi kapacitások létesítése. Annak érdekében, hogy a jelenleg is súlyos kockázatokat hordozó importszükségletünket minimalizálni lehessen, a naperőművek folyamatos fejlesztése elengedhetetlen. De a szerepüket reálisan és szakmai alapon kell megítélni az időjárás-függésük, a villamosenergia-rendszert érintő fejlesztések és a támogatási igényeik miatt.

14. Összefoglalás

Az optimális energia struktúra (energiamix) összetett feladat, amely az

- energetikai,
- gazdasági és
- környezetvédelmi szempontok

mellett tartalmaz

- biztonsági és
- politikai

követelményeket is.

A megújuló energiák hasznosítását is csak reálisan szabad értékelnünk, óvakodnunk kell minden szélsőséges felül- és alulértékeléstől. A reális és indokolt megvalósítás esélyét rontja minden olyan illúzió, amely a megújuló energiák túl könnyű vagy túl nehéz hasznosítását jelzi. Csak akkor juthatunk előbbre, ha a megújuló energiák reális hasznosítását is ugyanolyan műszaki, gazdasági és környezeti szemlélettel értékeljük, ahogyan azt tettük és tesszük a fosszilis és a nukleáris energiaforrásoknál, figyelembe véve a termelés és fogyasztás kiegyenlítése céljából szükséges tárolási kapacitás kiépítését.

Az energiaellátást a környezetvédelem követelményeinek betartásával kell megvalósítani. Az energetikai és környezetvédelmi követelményekben esetenként lehetnek különbségek, de elsősorban azt kell hangsúlyoznunk, hogy a helyes energetikai célkitűzések a környezetvédelemnek is maradéktalanul megfelelnek. Ez érvényes a megújuló energiák hasznosítására is, hatékony energetikai felhasználásuk a környezet- és klímavédelmet ugyancsak szolgálja ([1] p:14.).

15. Irodalomjegyzék

- [1] Büki G. (2010) Megújuló energiák hasznosítása. Köztisztületi Stratégiai Programok. Magyar Tudományos Akadémia. 142 p. ISBN: 978-963-508-599-6.

- [2] Az atomerőművi rendszerek és rendszerelemek tervezésénél figyelembe vett elvek összefoglalása, Gyakorlati útmutató, Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata, 2023/201-ENT, Boros János

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.-2022.

A korábbi kiadványokat keresse a kamara weboldalán (www.mmk.hu), a FAP pályaműveket tartalmazó menüben.

2023.

101.	SZILÁGYI Zsombor Dr.,	Az energiahordozók jövője
102.	BLAZSOVSZKY László	Szakmai útmutató felhasználási helyek gázellátását biztosító elosztóvezeték leágazásának létesítéséhez
103.	ÁKOSHEGYI György Dr., BORBÉLY Tibor, DIÓS András, EÖRDÖGH Zsolt	Medencés fürdők vízgépészeti tereinek tervezési szempontjai
104.	KISS Jenő dr., METZING Ferenc dr., CSERMELY Gábor, dr. HEGYI Dezső, KÖNCZÖL Gyula, DEZSŐ Zsigmond	Szakmai Útmutató az épületek, épületszerkezetek bontásához
105.	MÓGA István Dr.	Atomerőművi alapok
106.	BAK Edina, FEJES Gábor, HONTI Imre, HUDACSEK Péter, SCHELL Péter	Talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, azok megtervezése és eredményeinek felhasználása a geotechnikai tervezői gyakorlatban
107.	EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán	AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)
108.	BONDOR Gabriella, CSORDÁS Szilveszter, KANOSIK Ilona, PÓLYA Endre, VARJÚ József	Szakmai ismeretek a jogosultsági vizsgára
109.	KAKUK Ilona	Az Informatikai Tervező Szakmai Útmutatója (109./1-2-3.)
110.	GIORIS Nikolaos, MENYHÁRT István Zsolt, OLÁH Róbert, TAKÁCS Bence dr., VASS Imre	Digitális mellékletek készítése az M.2 (2021.) mérnökgeodéziai tervezési segédlethez
111.	ZSIDAI László Dr., SARANKÓ Ádám Dr., SZABÓ Péter	Az additív technológiák terméktervezési és technológiai sajátosságai
112.	REINIGER Róbert, BARNÁ Sándor, BITE PÁLNÉ DR. PÁLFFY Mária, MIHICS Dalma, PINTÉR István	A Li-ion alapú akkumulátor, illetve akkumulátor részegység gyártás környezetvédelmi hatósági engedélyezésének környezetvédelmi alapkövetelményei - Szakmai segédlet környezetvédelmi szakértők, illetve hatósági eljárási szereplők részére
113.	TOKODY Dániel Dr., SCHOTTNER Károly, HADDAD Richárd, ADY László, ÁGOSTON Gergő, DRABIK Gergő, HAN Xiaoping, CSAPÓ Dániel, SZÚCS Marcell, FELHŐS Dávid Dr.	Napelemes rendszerekkel együttműködő energiatárolók létesítése
114.	GYIMESI András Dr., BOHÁCS Gábor Dr., SÜLLE Miklós, GÓDOR Balázs	Építőgépész mesteriskola tantárgyi felépítés és a hozzá kapcsolódó tematika kidolgozása
115.	BOROS János	Az atomerőművi rendszerek és rendszerelemek tervezésénél figyelembe vett elvek összefoglalása
116.	PRIMUSZ Péter Dr.	Hajlékony útpályaszerkezetek szükséges erősítőrétegének meghatározása roncsolásmentes teherbírásmérés alapján

117. EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)

2024.

- | | | |
|------|---|--|
| 118. | SZABÓ Kinga Dr., ÓMAJTÉNYI András, TÓTH Péter, ZSIGMONDI András | A beruházáslebonyolító tevékenysége - Szakmai ajánlás a beruházáslebonyolító fogalmának meghatározására, felelősségére és jogosultságának szabályozására |
| 119. | SZILÁGYI Zsombor Dr., | Feladatok a klímacélok teljesítéséhez |
| 120. | BLAZSOVSZKY László | A csatlakozóvezetékek és a felhasználói berendezések létesítésével kapcsolatos gyakorlat, és a változtatás szükségességének elemzése |
| 121. | PÓLYA Endre, BALOGH Attila, ERDEI Tímea, VARJÚ József | Műszaki segédlet az orvostechikai eszközpark üzemeltetéshez - Tervezési segédlet, szakmai útmutató, tananyag az MMK kötelező szakmai továbbképzéshez, valamint dokumentum egészségügyi létesítménymenedzsment és minőségmenedzsment részére. |
| 122. | BOROS János, CSALLÓKÖZI Zoltán, DOBÓ István, HUNYADI Sándor, KÁLLAI-BORIK Róbert, PODONYI Gábor, SZITA Gábor, DR. SZÜCS Botond, PERGERNÉ NAGY Edit, GYŐRI Csaba | Magyarország villamosenergia ellátásának lehetőségei |
| 123. | DR. TAKÁCS Bence, HRUTKA Bence Péter, TAKÁCS Regina | Szakmai útmutató vonalas létesítmények 3D modellezéséhez (geodéziai tervezők részére) |
| 124. | LIPOVICS Tamás, SZENDEFY János, VÁSÁRHELYI Balázs | Kockázatok elemzése a mélyépítésben |
| 125. | KAKUKK Ilona Klára, NÓGRÁDI Gábor | Informatikai Tervező Szakmai Útmutató |
| 126. | EGRI Sándor | Az NMHH ESZTER aktuális verziójának használata során feltárt hiányosságok, problémák kezelése az AutoCAD programozási eszköztárával |
| 127. | DR. HANCZ Gabriella, DR. ENGI Zsuzsanna, JANCsó Béla | A kék-zöld infrastruktúra elemek tervezési irányelvei |
| 128. | HAJNAL János, DR. KOREN Csaba, LITKEI Bálint, VÁLÓCZI Dénes György | A Közúti biztonsági auditjelentések szerepe az önkormányzatok pályázati gyakorlatában |
| 129. | HÓZ Erzsébet, BORBOLÁNÉ KOVÁCS Gabriella, DR. MILETICS Dániel, PÁL Péter, VÁLÓCZI Dénes, VEDRŐDI Tamás | Személyi sérüléses közúti közlekedési balesetek adatgyűjtési módszertana |
| 130. | SZOMOLÁNYI Tiborné, LAKATOS István, LUKÁCS Tamás | Segédlet a megvalósulási dokumentációk készítéséhez, használatbavételi, fennmaradási és bontási engedélyek dokumentációinak elkészítési segédlete |
| 131. | KATONA Gábor, FÜZÉR Ferenc, MOLNÁR Béla | Hírközlési hálózatok építési technológiai gyűjtemény - Bontások, úttáfrások, anyag és munkaigények összefoglaló tervezői anyag |
| 132. | KOVÁCS József, NAGY Benedek, SZABÓ László, DR. SZEPESHÁZI Attila | Geotechnikai és tartószerkezeti tervező együttműködése talaj és felszerkezet egymásra hatásának vizsgálata esetén |

133. MÁRKUS Miklós, MUNTAG András Ipari zajmodell adatszolgáltatási segédlet - Segédlet szakági tervezők részére környezeti zajmodell készítéséhez