

A SZIVATTYÚS ENERGIATÁROZÁS

helyzete 2020 végén

A villamos rendszer tárolási kapacitás igényeinek megoszlása

Az EU DG ENER szerint az energiatárolás kulcsszerepet fog játszani az EU alacsony szén-dioxid kibocsátású villamos energia rendszerében. Az energia tárolás három szintje egyben meghatározza az eszközöket:

1. Az átviteli hálózati, központi tárolás

- A nagyfeszültségű átviteli hálózaton üzemel
- A nemzetközi szervezetek és az EU a szivattvús energiatárolókat preferálják

2. Az elosztó hálózati tárolás

- Az elosztó hálózati tárolás maximum 120 kV -ig üzemel.
- A helyi adottságoktól és a műszaki fejlődéstől függően akkumulátor vagy szivattvús energiatároló.

3. A végfelhasználói vagy termelői tárolás

- Kis- vagy középfeszültségen működő tárolás
- Főként akkumulátor lehet.

Az új termelőket egyik szinten sem kötelezik az integrálásukhoz szükséges tárolás megvalósítására (sem a megújulókat sem a nagyblokkokat), ezért a szükséges tároló kapacitás megvalósítása a legfelső szintre tolódik. A legfelső szinten felgyűlő tárolási, rendszer szabályozási és határfok növelési igények biztosítása központi , rendszerirányítói feladattá válik és beavatkozást tesz szükségessé.

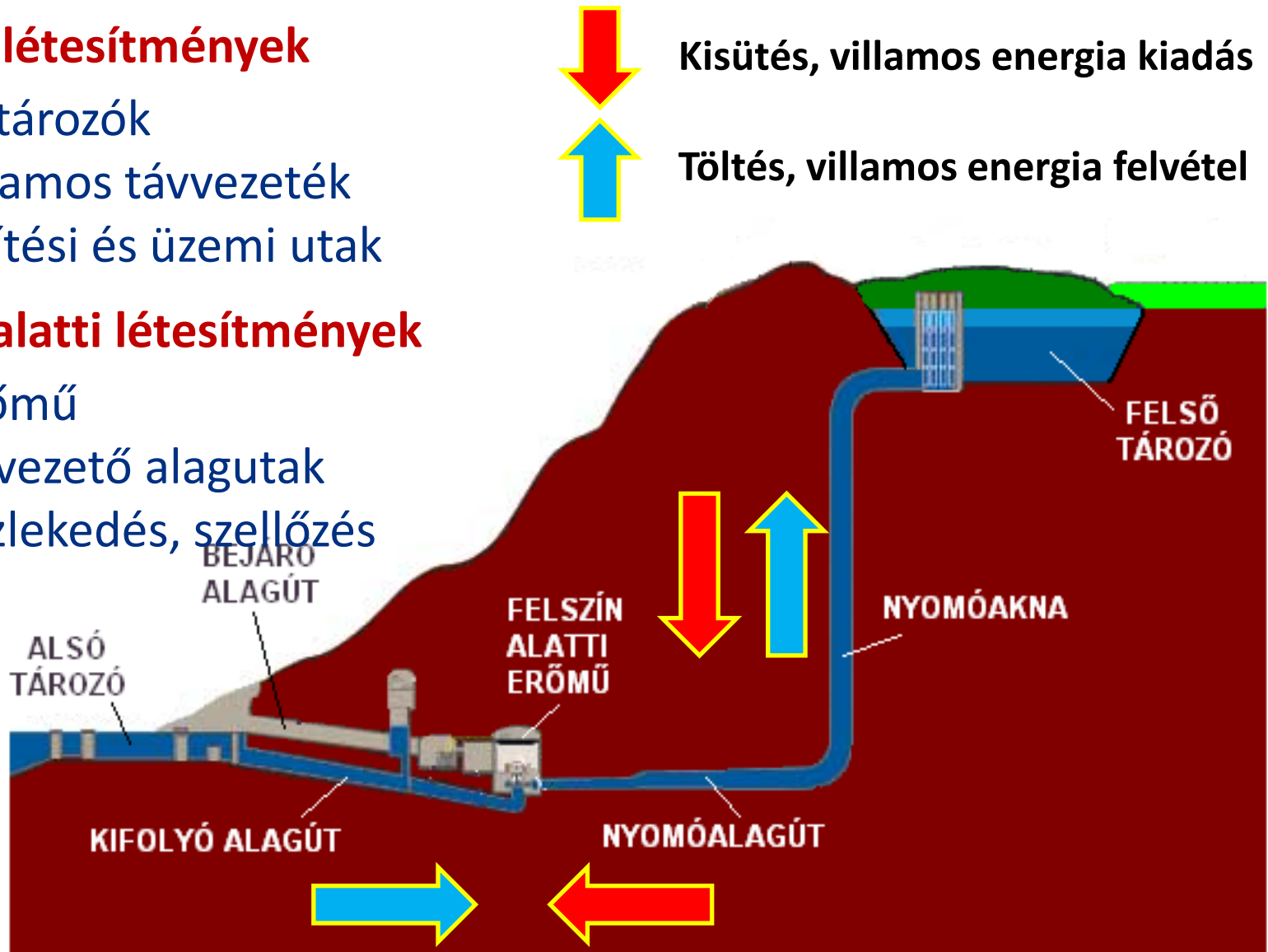
A szivattyús energiatározók működési vázlatja

Felszíni létesítmények

- víztározók
- villamos távvezeték
- építési és üzemi utak

Felszín alatti létesítmények

- erőmű
- vízvezető alagutak
- közlekedés, szellőzés



A szivattyús energiatározók kialakítása

1. A magasan elhelyezett tározóban tárolt víz helyzeti energiája más energiahordozóknál lényegesen gyorsabban nagyobb dinamikával vehető igénybe.
2. A szivattyús energia tározók **munkavégző közege természetes anyag** - **a víz**, és a vizet a természetben előforduló állapotban, hőmérséklet mellett hasznosítja.
3. Alapvetően két szivattyús energiatározó típus szokásos:
 - a **zárt rendszerű**, ami két víztározóval rendelkezik és az eredeti egyszeri töltővizet használja (veszteség pótlással). Természetes víztestet nem érint.
 - A **nyitott rendszerű**, ami az egyik víztározó helyett egy természetes felszíni vizet (tó, tenger, vagy folyó) használ és folyamatosan frissvizet vesz fel.
4. A létesítmény részei két csoportra bonthatók:
 - a **víztározó**, ami a tároló és
 - az **erőmű**, ami az energia átalakító.

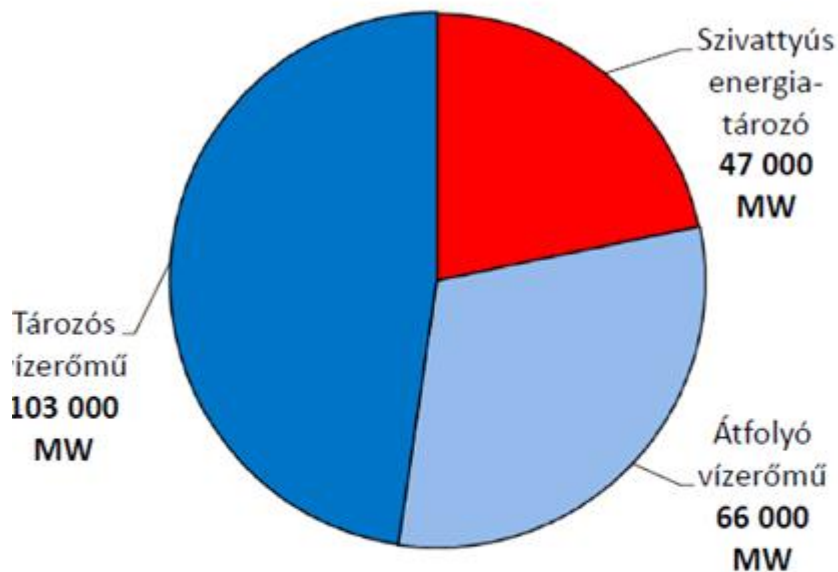
A vízenergia és a szivattyús energia tározók kapacitás növekedési trendje

A vízenergia felértékelődött Európában is

Az EURELECTRIC 2011 -ben közzétett állásfoglalása szerint:

1. A vízenergia **Európa belső forrása**. Hasznosítása diverzifikálja a forrásokat, **csökkenti a függőséget**.
2. A vízenergia **a legfontosabb megújuló energia termelési technológia Európában**, versenyképes, hatékony, klímabarát és részt vesz a rendszer stabilitás biztosításában.
3. A hasznosítását **gyors megtérülésű** és magas hatásfokú. Európa vízenergia készleteinek hasznosítását tovább kell folytatni.
4. A fenntartható vízenergia **központi szerepet játszik Európa energetikájának jövőjében**.

Az európai vízerőművek beépített teljesítménye 2015 ben (Forrás: DNV GL)



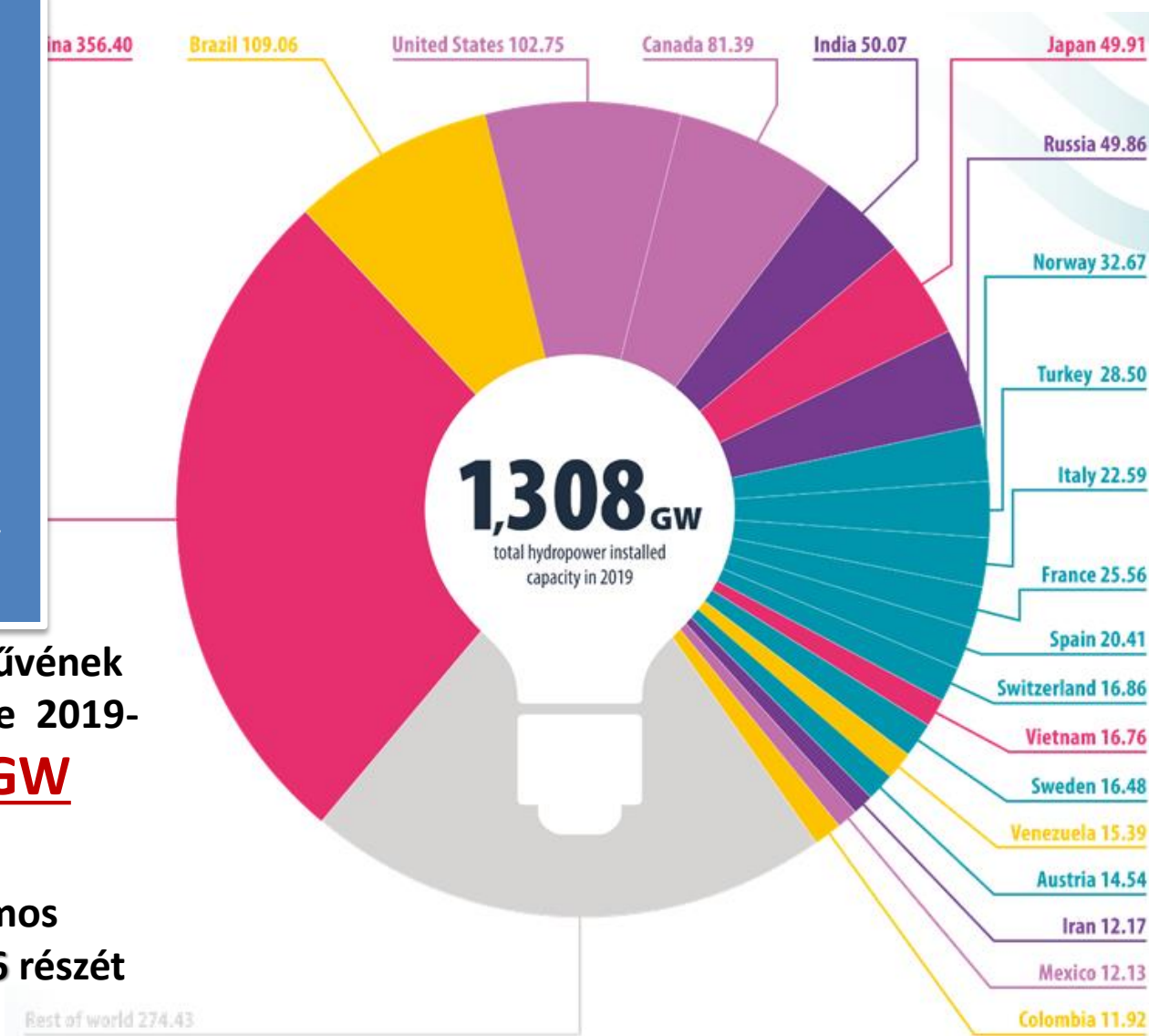
Szivattyú tározók teljes turbinaüzemi kapacitása kb. 47GW és a szivattyú kapacitása mintegy 40GW. Ezzel a szivattyús tározók közel 90GW széles teljesítmény tartományban alkalmasak rugalmasságot biztosítani a napi üzemhez.

A vízerőművek összes beépített teljesítménye 2019 végén

- *Kína 356 GW*
- *Brazília 109 GW*
- *USA 102 GW*
- *Kanada 87 GW*
- *India 50 GW*
- *Japán 49 GW*
- *Oroszország 49 GW*
- *Norvégia 32 GW*
- *Törökország 28 GW*
- *Olaszország 22 GW*
- *Franciaország 25GW*
- *Spanyolország 20 GW*
- *Svájc 16 GW*

A világ összes vízerőművének beépített teljesítménye 2019-ben elérte az **1 308 GW** nagyságot.

Termelésük kb. a villamos energia fogyasztás **1/6** részét teszi ki.

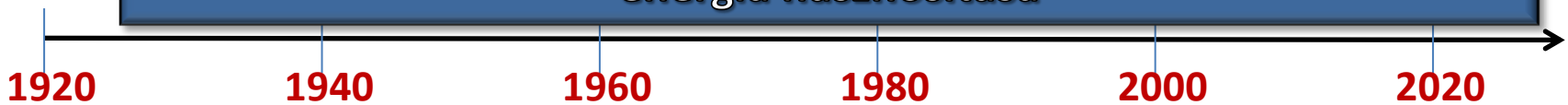


A vízenergia a primer energiaforrásként való hasznosítása rendszer rugalmasság, szabályozás, biztonság irányába tolódott

A vízenergia szerepe a primer energia forrástól fokozatosan a rendszer rugalmasság, szabályozás és biztonság irányába tolódott. Speciális lehetőségei ezen a téren rendkívül értékesekké váltak, különösen más megújuló forrásból termelhető villamos energia rendszerbe integrálásához.

Statikus funkciók

Dinamikus funkciók

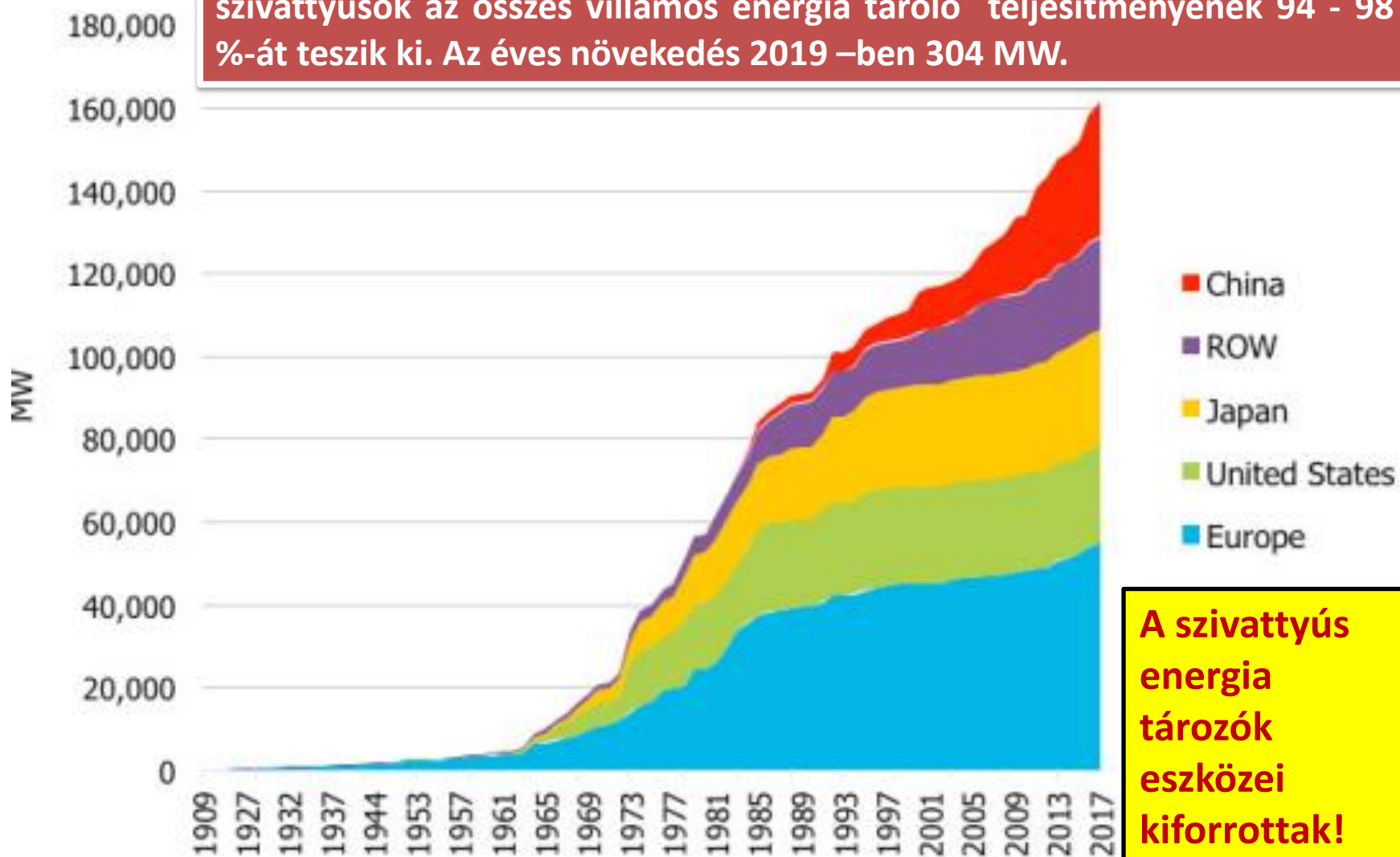


A szivattyús energiatároló a vízenergia hasznosítás egy formája

- A szivattyús energiatároló a **vízenergia hasznosítás** egy **speciális formája**. Vízerőműként működve képes a tárolt víz energiáját villamos energiává alakítani és szivattyúként a villamos energia többletet felvenni és helyzeti energiaként tárolni.
- A szivattyús energiatároló mindenkori funkciója a villamos energia rendszer fejlődésének szakaszaiban jelentkező igényekhez illeszkedett. Ma a **dinamika biztosítása** vált döntő jelentőségűvé. A szivattyús energiatárolók a villamos energia rendszerben betöltött szerepük szerint a versenyautók a villamos energia termelő erőművek között. *(Dr Kozák Miklós)* A gyorsreagálású, dinamikus képességeikkel a **villamos hálózat biztonságának és stabilitásának kiemelkedően értékes eszközei.**

A szivattyús energia tározók összes beépített teljesítménye 2019 végén

A szivattyús energia tározók teljesítménye 2019 végén **158 GW** volt. A szivattyúsok az összes villamos energia tároló teljesítményének 94 - 98 %-át teszik ki. Az éves növekedés 2019 -ben 304 MW.



A szivattyús energia tározók eszközei kiforrottak!

Magyarország első szivattyús energiatárolója



P = 500 kW

**1912 óta az eredeti
gépekkel üzemel**



A piac értékítélete alapján a szivattyús energiatárolók váltak a rendszerirányítás gyorsreagálású, flexibilis eszközeivé.

A rendszer irányítás eszközeinek radikális átalakítása vált szükségessé

- A magyar villamos energia rendszerből **hiányzik** a modern **szabályozó kapacitás a megfelelő rugalmassággal és terhelésváltási sebességekkel**. Az éjszakai terhelési minimumok gyakorlatilag kezelhetetlenek. A jelenleg rendelkezésre álló kapacitás **nem látszik hosszabb távon fenntarthatónak**.
- A földgáz tüzelésű berendezések kiszorultak a termelésből és leszabályozásra nem, vagy csak korlátozottan képesek. A tároló képesség hiányában **nem jelent eszközt a megújuló energia rendszerbe integrálásához**. A keresztfinanszírozás és a pénzügyi támogatás a verseny piacon tartósan nem megengedhető
- A rendszer szabályozás és a megújuló kapacitások rendszerbe integrálása terén a rendszerirányítás eszközeinek **radikális átalakítása vált szükségessé**.
- A villamos energia rendszer üzemi igényeinek teljesítése **legnagyobb komplexséggel és legnagyobb hatékonysággal szivattyús energiatároló** beléptetésével biztosítható.
- A villamos energia piac liberalizálása, a nagyblokkos erőműépítés és a megújuló energiaforrás hasznosítás tömegessé válásának hármasszorítása felértékelte a flexibilis üzemű szivattyús energiatárolókat.
- A rendszer szabályozás átalakítása csökkentheti a rendszerszintű szolgáltatások költségeit az árak stabilizálásával és az igény mérséklésével.

A transzeurópai energia infrastruktúra fejlesztésre vonatkozó EU elképzelésében határkeresztező vezetékek és energia tározó egységek megvalósításának támogatása szerepel.

A szivattyús energiatároló aktualitása eltérő képet mutat a lehetséges funkciók szempontjából elemezve



**A. A terhelés kiegyenlítés
többsége jelenleg az
importra hárul**

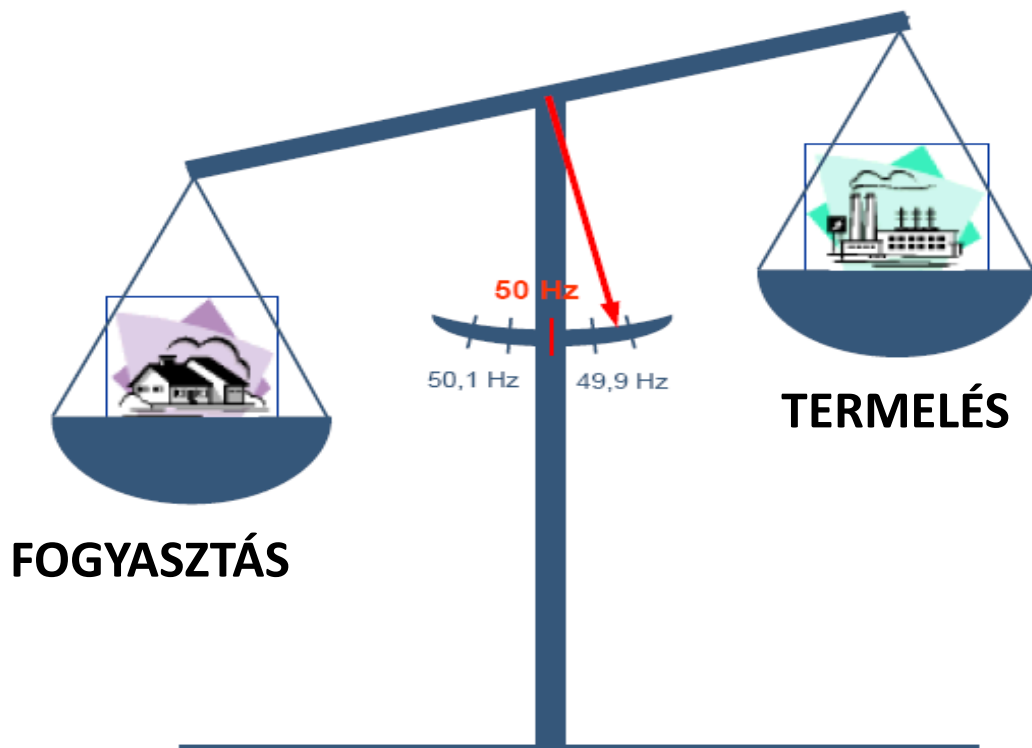
A napi és heti terhelés kiegyenlítés valamint a rendszer szabályozási igény csökkentésének aktualitása

„A”

a terhelés
kiegyenlítés
aktuális

- A rendszer terhelés kiegyenlítés és a szabályozási igény csökkentése műszaki szempontból **aktuális**.
- Az igényeket teljes körűen kielégítő megoldás a szivattyús energiatároló belépése lehet.
- Az éjszakai minimális terhelések növelésére nincs eszköz a rendszerben. Ez kényszereket okoz.
- A rendszer terhelés kiegyenlítés CO2 emissziót vált ki, beruházási igényt csökkent.
- A csúcsidei és völgyidei energia árkülönbsége kb. egy évtizede folyamatosan csökken.
- Az egyetlen termék a csúcsidei energia értékesítésére alapozott üzleti modell nem elegendő.
- A növekvő mértékű import a menetrendtartó erőműveket már kiszorította a rendszer üzeméből.
- A villamos energia nagykereskedelmi piac integrációja várhatóan erősíteni fogja a problémákat.
- A régiós versenypiacon minden új kapacitás versenyhátrányban van. A piacra segítségük módja és eszközei nem alakultak ki.
- A rendszer szabályozási igény csökkentéséhez szükséges eszközök megvalósulása piaci alapon nem várható.
- Más lehetőség hiányában a szabályozási igény kezelésének hatása áttolódott a rendszerszabályozásba. Ez megnövelte a rendszer szabályozási szolgáltatások volumenét és költségét.
- **Komplex gazdasági megoldás és piacra segítő intézkedések szükségesek.**

A termelés és a fogyasztás egyensúlyának biztosítása



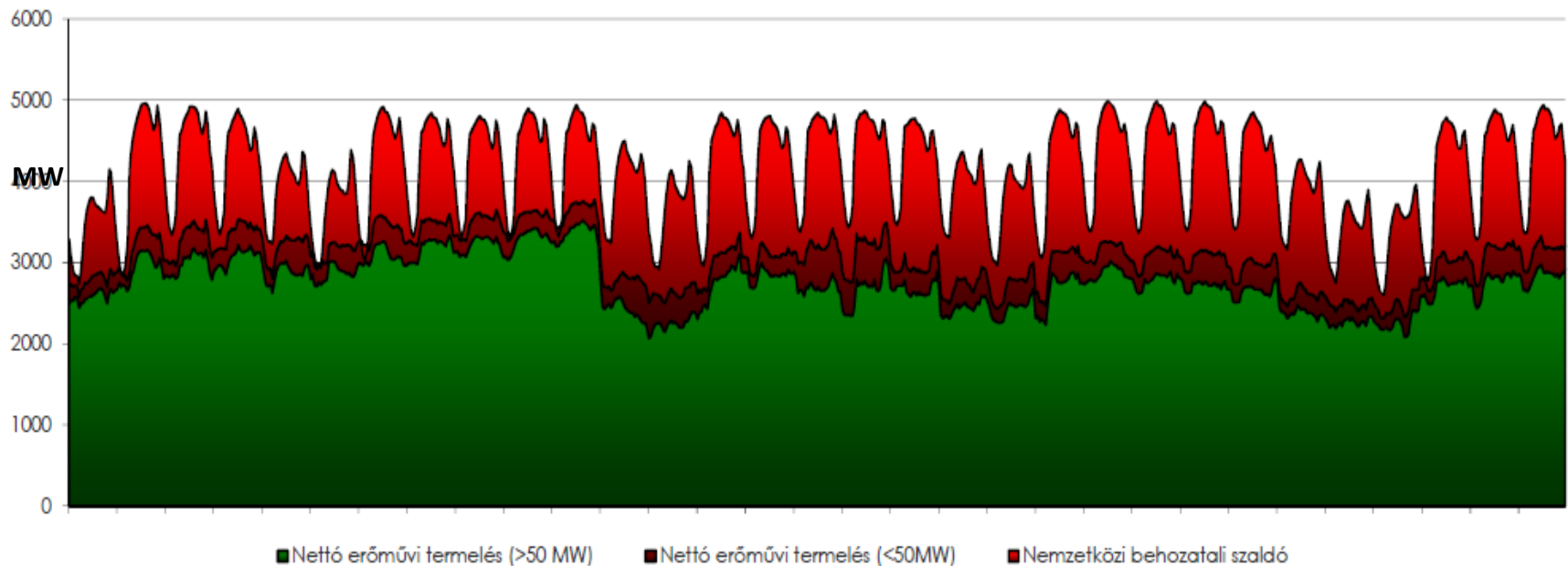
Az együttműködés szabályai szerint → **minden villamos energia rendszernek biztosítania kell a fogyasztás és a termelés egyensúlyát.**

- **HIÁNYOZNAK A SZÜKSÉGES ESZKÖZÖK**
- A termelés és a fogyasztás közötti változó különbségek áthidalása, az egyensúly biztosítása → gyorsan mobilizálható eszköz szükséges.

Ha a kereslet és kínálat egyensúlya megbomlik, a hálózati frekvencia eltér az előírt értéktől, ami a nemzetközi kooperációban együttműködő villamos rendszerek teljesítmény egyensúlyát megbontja és aktiválja a stabilitást biztosító rendszereket. Az egyensúly megbomlás elindítja a korlátozásokat, mint például a fogyasztók automatikus átmeneti lekapcsolását. A villamos energia szolgáltatás biztonsága és költségeinek viselhető szinten tartása intézkedéseket tesz szükségessé. Elsődleges a rendszer rugalmasságának biztosítása. A többlet költségeket az okozó viseli.

Az integráció következtében növekszik az import nyomás

- Az EU villamos energia **piacának integrációja** a terveknek megfelelően folytatódik.
- Az európai országokban hasonló a helyzet, mert a magas gázárak és az alacsony villamos energia ár miatt a gáztüzelésű erőművek mindenhol kiszorultak a piacról. Ahol az energiahordozók között a gáz aránya magasabb volt a változás mélyebb.
- **A hazai villamos energia termelésben főként alapüzemi (base load)** szolgáltatás maradt működésben, a terhelés követő erőművek nem voltak versenyképesek az importtal szemben.
- Az integráció előrehaladása **növeli az import nyomást**.



Az import és a hazai terhelés aránya az elmúlt évek nyári hónapjában – gyakorlatilag csak az alapüzem (base load) maradt a hazai termelőknek (Forrás: Mavir)

A jelenlegi piaci feltételek kizárják az új energiatárolók minden típusának létesítését és működését kereskedelmi alapon

A csúcsidei és mélyvölgyi ár különbsége rohamosan csökken (EXAA)

Az energia tárolás mértékadó árkülönbsége az elmúlt években rohamosan csökkent.

A hagyományos energia tárolás gazdasági szempontból ellehetetlenül. Kereskedelmi alapon energia tárolás a jelenlegi árrendszerben nem lehetséges! Ez a körülmény egyaránt lehetetleníti az akkumulátorok és energia tározók alkalmazását.

A kiegyenlítés műszaki és üzemi súlya szükségessége nem változik sőt növekszik. Állami vagy közösségi beavatkozás szükséges.



**B. Az új nagy blokkok
rendszerbe illesztése a
hatékonyságot és üzem
biztonságát növeli**

A nagyblokkos fejlesztés (atomerőmű bővítés) rendszerbe illesztésének aktualitása

„B”

nagy
blokkok
rendszerbe
integrálása
aktuális

- A Nemzeti Energiastratégia súlyponti elemét jelentő új atomerőmű blokkok belépéséhez elengedhetetlen a megfelelő nagyságú szivattyús energiatároló.
- A belépésének **igazodnia kell az új atomerőmű blokkok belépéséhez.** Aktualitása az előkészítés terén van.
- A rendszerbe illesztéséhez szükséges üzemzavari tartalék meg kell oldja az éjszakai terhelési minimum áthidalását is.
- A rendszerbe illesztéshez és a magas kihasználáshoz az éjszakai terhelési minimum áthidalása szivattyús energiatárolóval oldható meg.
- Az nagyblokk rendszerbe illesztésére a csúcsidei energia értékesítésére alapozott piaci üzleti modell nem megfelelő.
- A jelenleg üzemelő blokkok üzemzavari tartalék biztosítása áttolódott rendszer szabályozásba.
- A szabályozási piac díjai megfelelő gazdasági háttérrel biztosíthatnak.
- A régiós versenypiacon minden új kapacitás versenyhátrányban van. Piacra segítését biztosító intézkedések szükségesek.
- Megfelelő intézkedések nélkül nincs valószínűsége annak hogy spontán módon piaci alapon kialakul az új atomerőmű blokkok rendszerbe illesztéséhez szükséges feltételrendszer.
- **Komplex gazdasági megoldás és piacra segítési intézkedések szükségesek.**

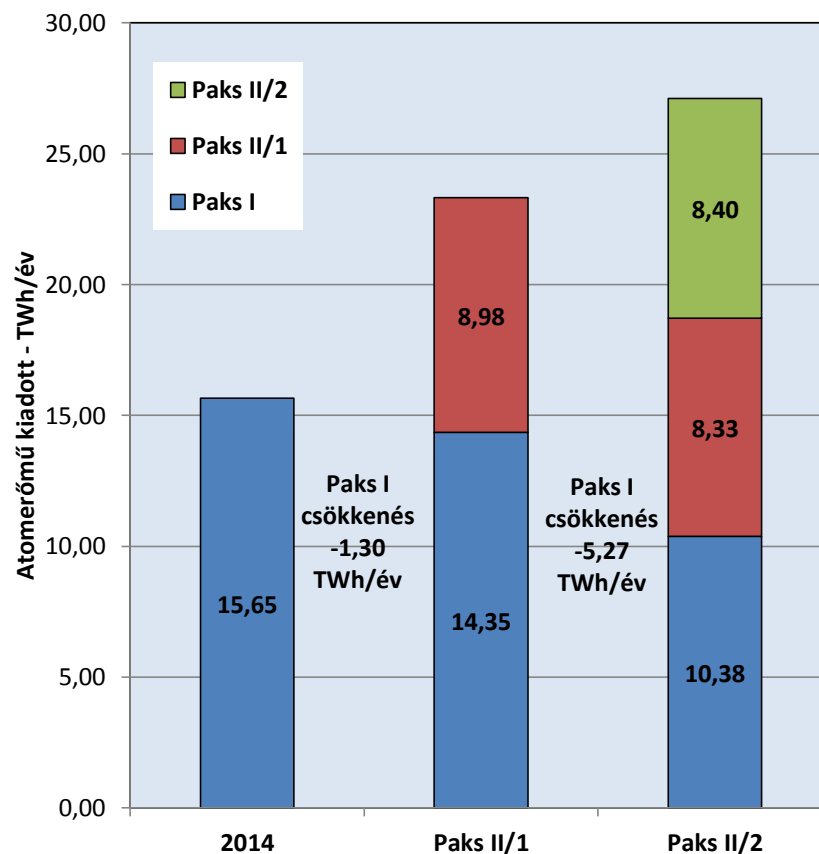
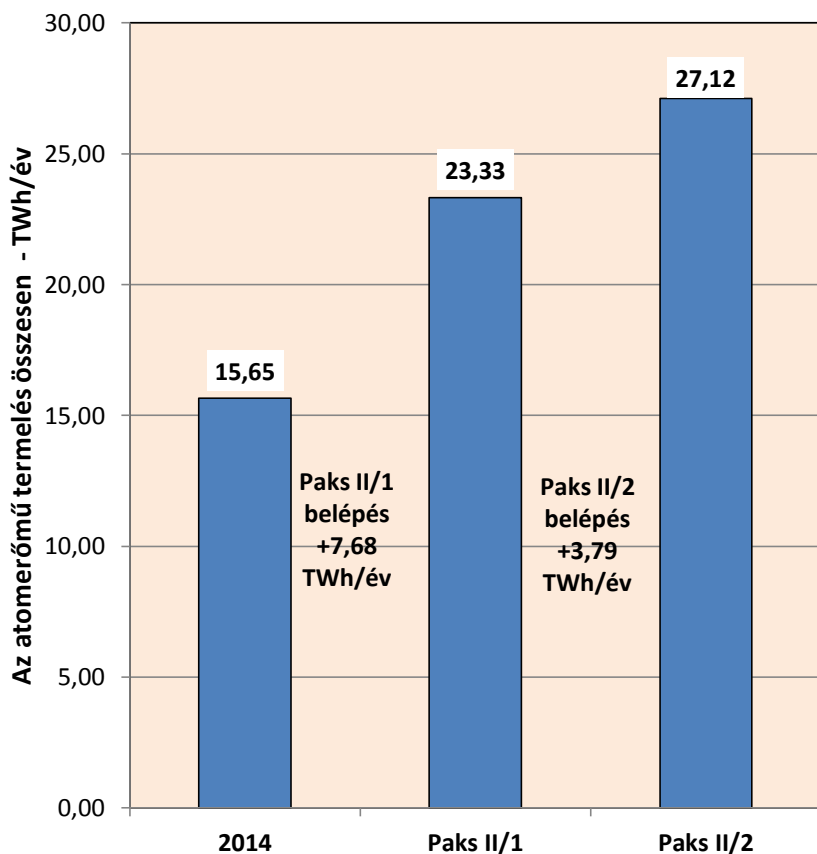
A nagy blokkok belépése a rendszer rugalmasság növelését teszi szükségessé

A nukleáris termelés növekedése a paksi bővítés eredményeként a terhelés energia tárolással való kiegyenlítése nélkül:

- Az első blokk az összes termelést 7,68 TWh/év –vel növeli
- A második blokk az összes termelést 3,79 TWh/év –vel növeli

A meglévő atomerőmű termelésének csökkenése a terhelés energia tárolással való kiegyenlítése nélkül:

- Az első blokk Paks I termelését 1,30 TWh/év –vel csökkenti
- A második blokk Paks I termelését 5,27 TWh/év –vel csökkenti



A rendszer rugalmasságának növelése növeli a termelő kapacitások hatékonyságát és a többlet 5,27 TWh/év

A terhelés kiegyenlítés hatása a rendszer üzemének hatékonyságra

- *A terhelés kiegyenlítés elsősorban a kapacitások optimális kihasználása terén érvényesíti gazdasági hatását. A komplex szolgáltatás biztosítására a szivattyús energia tározók bizonyultak legalkalmasabbnak.*
- *A nagy blokkok belépéséhez és rendszerbe illesztéséhez az (n-1) tartalék biztosítása szükséges.*

C. A megújuló energia rendszerbe integrálása

A megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásához szükséges kapacitás aktualitása

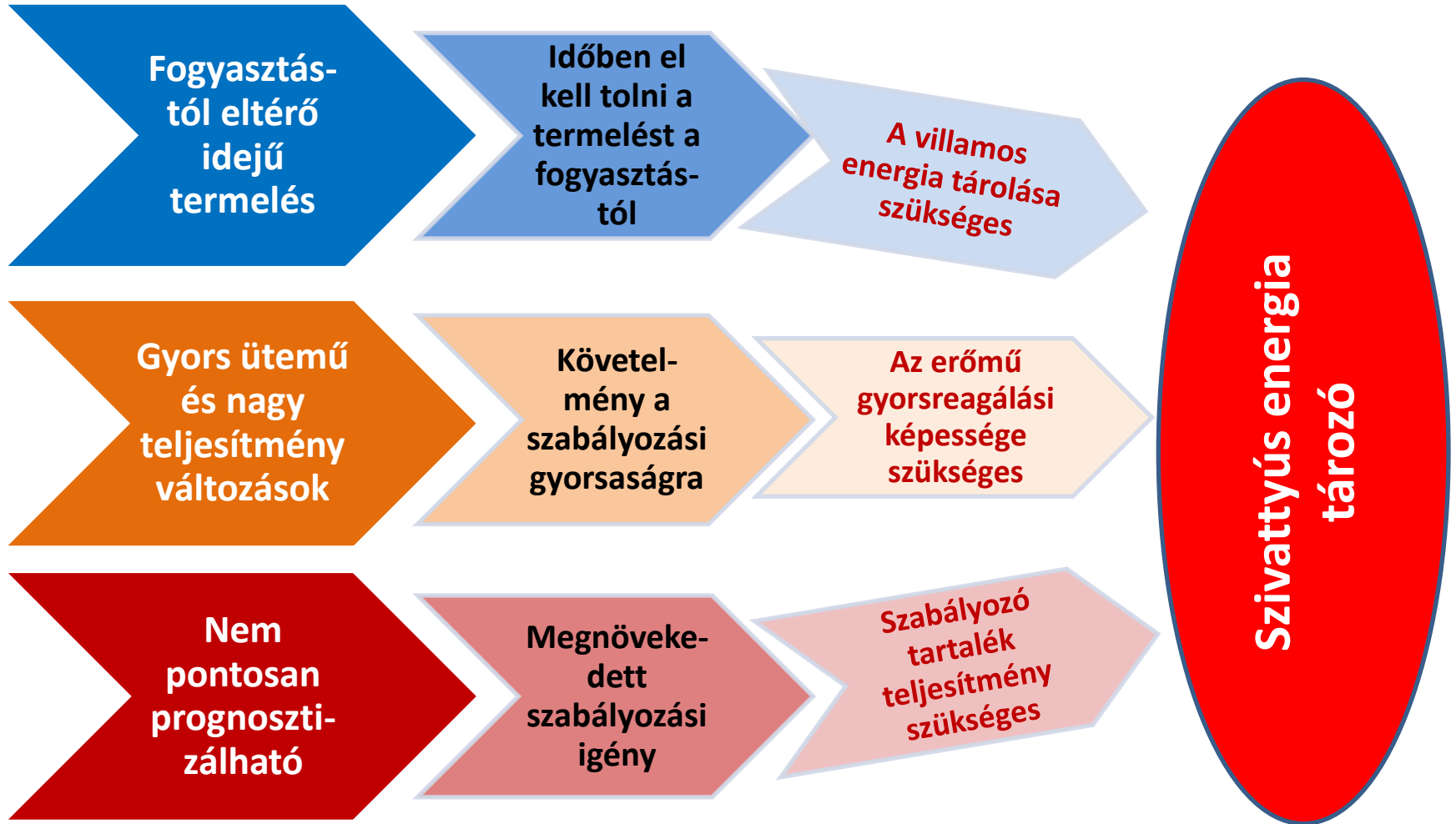
„C”

Megújuló
energia
rendszerbe
integrálása
aktuális

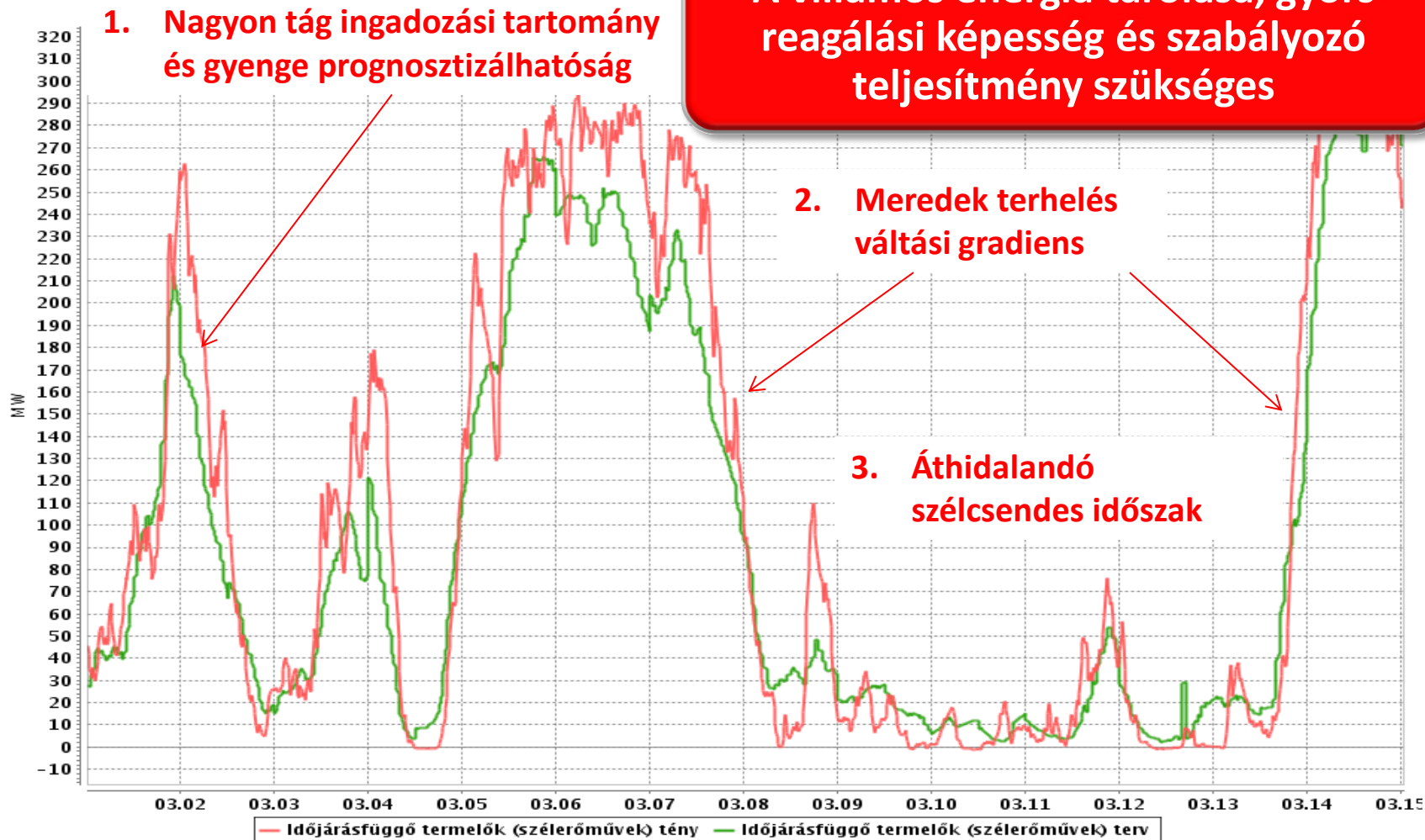
- A megújuló forrásokból termelt villamos energia rendszerbe integrálása mai is aktuális és a jövőben sürgőssége növekszik.
- A megújuló energia rendszerbe integrálása szivattyús energiatároló kapacitást tesz szükségessé. A rendszerbe integráláshoz szükséges tároló képesség, gyorsreagálási képesség biztosítása gyorsan mobilizálható háttér kapacitás egyidejűleg a szivattyús energia tározóban van jelen.
- A megújuló energia a szabályozott piacon, a piaci áraknál magasabb árakon kerül átvételre. Az árrendszer nem teszi lehetővé a tárolás többlet költségeinek viselését.
- A megújuló energia a szabályozott piacának működését meghatározó jogszabályok nem intézkednek a megújuló energia rendszerbe integrálásáról
- A megújuló energia által okozott üzemviteli kényszerek többlet költségeket eredményeznek, melyeket piaci alapon nem vállal senki.
- Más lehetőség hiányában a megújuló energia problémái áttolódtak a rendszer szabályozásba.
- Növeli a szabályozás volumenét és költségét. Mérséklése időszerű.
- A villamos energia nagykereskedelmi piac integrációja várhatóan erősíteni fogja a problémákat.
- A régiós versenypiacon minden új kapacitás versenyhátrányban van. A piacra segítségük indokolt.
- **Komplex gazdasági megoldás és piacra segítő intézkedések szükségesek.**

Az energia tárolás speciális lehetőségei rendkívül értékesek a megújuló energia rendszerbe integrálásához

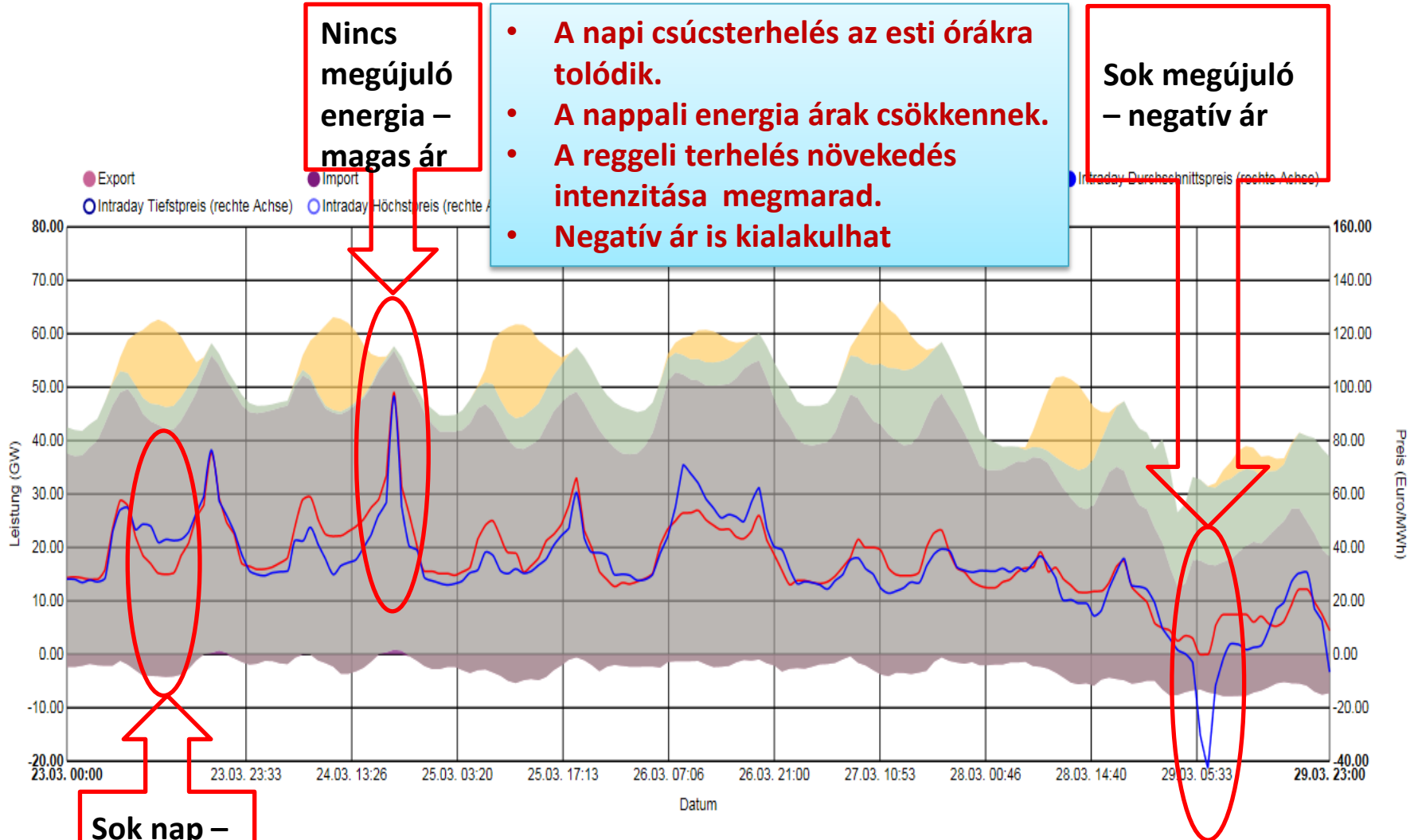
A megújuló energia rendszerbe integrálásának követelményei



A szélenergia problémái: a magyarországi szélerőművek leadott teljesítménye 2013. március 1. és március 15. között (MAVIR)



A megújuló energia termelés hatása a villamos energia árakra



2015. 13. hét Németország

A piac értékítélete a megfelelő megoldás terén

A nemzetközi gyakorlatban a komplex szolgáltatást biztosítani képes szivattyús energiatárolók bizonyultak legalkalmasabbnak.

- Szolgáltatásaik egésze nem helyettesíthető más megoldással, és csak egyes rész-szolgáltatások terén lehetnek versenytársai.*
- A műszaki és gazdasági egyenértékűség azonban ezekben a szolgáltatásokban sem áll fenn.*

D. A rendszer szabályozásában való gyors részvétel

A rendszer szabályozási szolgáltatások biztosításához szükséges kapacitás aktualitása

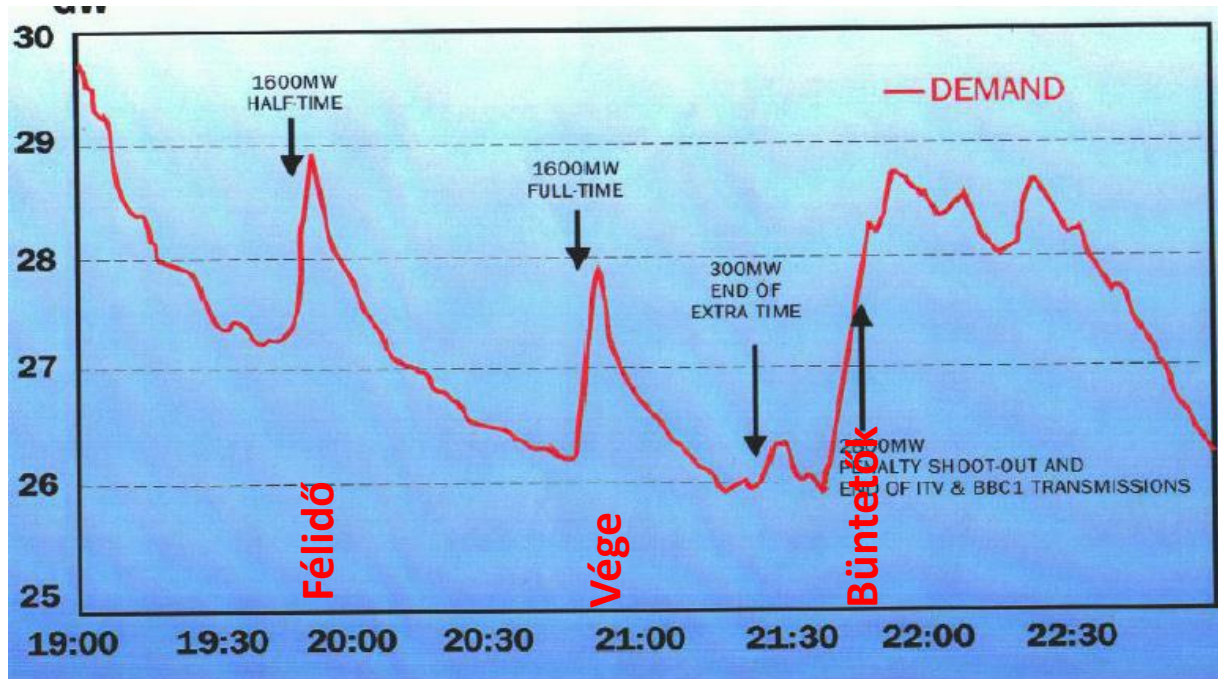
„D”

a rendszer
szabályozás
diverzifikálás
aktuális

- A rendszer szabályozást biztosító kapacitás nem diverzifikált.
- A földgázra alapozott kapacitások kiszorultak a rendszerből. Új kapacitások még nem léptek a helyükre.
- A fel irányú szabályozás régi kapacitásokkal biztosítható. Le irányú szabályozásra alkalmas kapacitás nincs.
- Létrejöttek a feltételei a diverzifikált szabályozás kialakításának. A megoldás aktuális.
- A rendszer szabályozási szolgáltatások szivattyús energiatározóból más lehetőségeknél rugalmasabban, a +100% és a –100% terhelés között fokozatmentesen biztosíthatók.
- Az energiatakarékossági célok teljesítése érdekében a tárolást tartalmazó megoldások kell prioritást kapjanak.
- A szivattyús energiatározóból biztosított szolgáltatás szükségtelessé teszi az üzemviteli kényszerek többlet költségeit és a keresztfinanszírozást. Feloldja az üzemviteli kényszereket és kiküszöböli azok többlet költségeit.
- A szabályozási piac integrációja várhatóan erősíteni fogja a régiós versenyt azokon a területeken is, ahol eddig nem volt verseny az országhatáron túli szolgáltatásokkal.
- A régiós verseny piacon minden új kapacitás versenyhátrányban van. A piacra segítségük módja és eszközei nem alakultak ki.
- **Komplex gazdasági megoldás és piacra segítő intézkedések szükségesek.**

Mit jelent a rendszer gyors szabályozása?

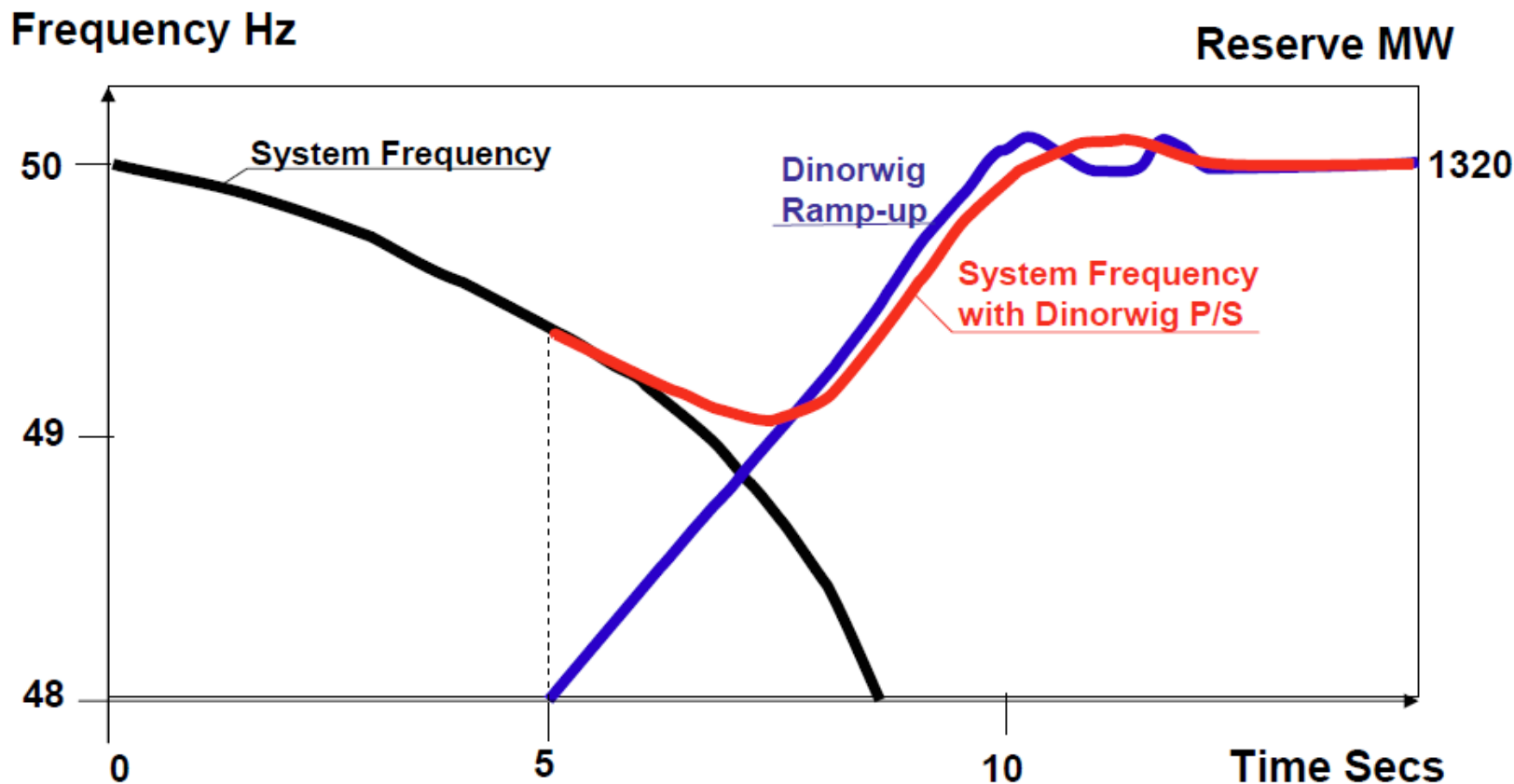
A villamos energia **termelő kapacitás és a fogyasztói igények közötti folyamatos egyensúly biztosítása** és a változó nagyságú különbségek áthidalása szükségessé teszi a gyorsan mobilizálható és a villamos energia szolgáltatás biztonságát támogató rendszer kialakítását. A hatékony támogató rendszer biztosítja a rendszer rugalmasságát, ami a különböző időtartamú változások zavartalan áthidalását eredményezi.



Fogyasztói viselkedés egy angol-német futball mérkőzés idején

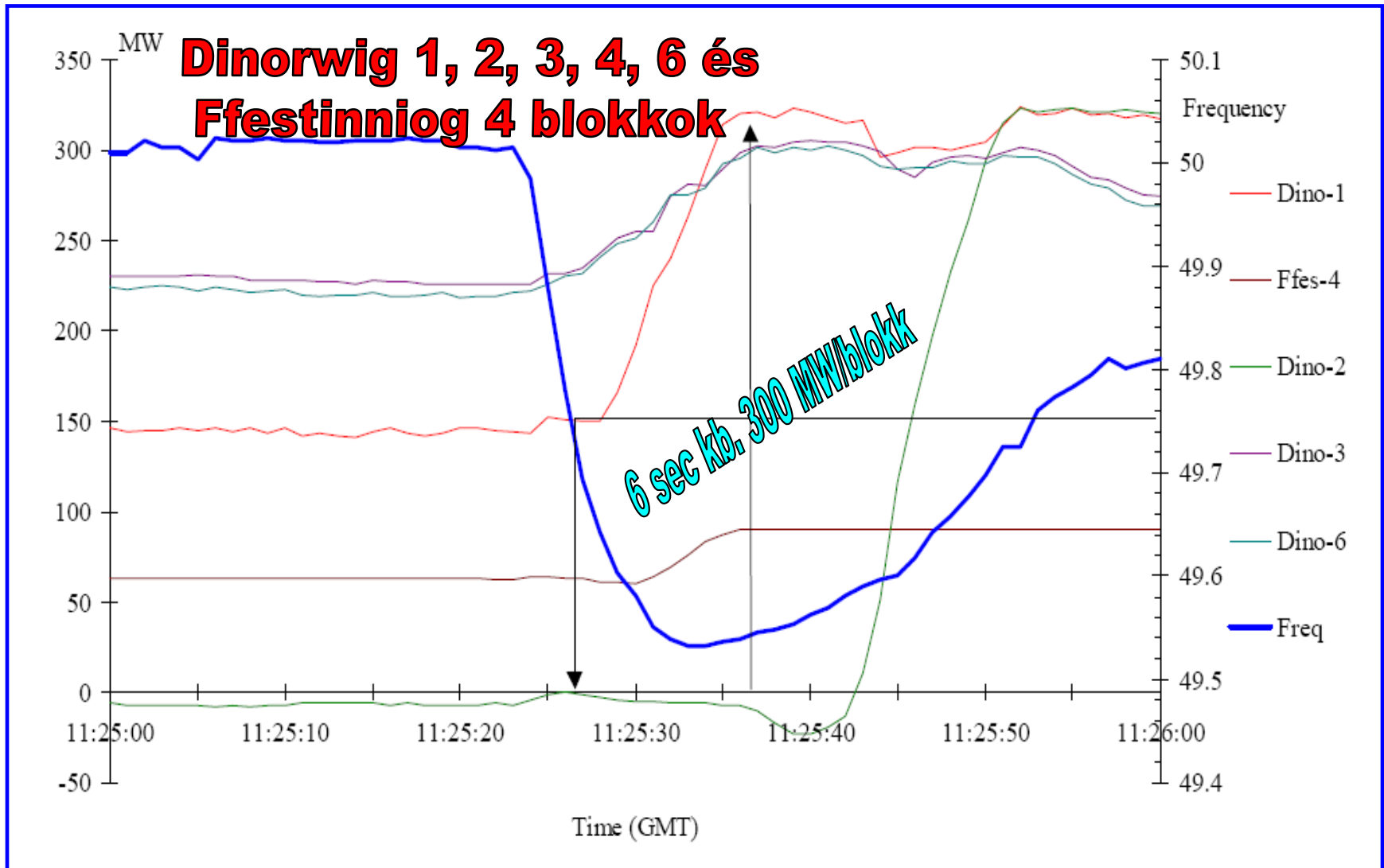
A kieső kapacitás pótlása szivattyús energiatárolóból

Különösen hatékony a szivattyús energiatároló üzemzavari helyzetekben, mert a kieső kapacitások másodpercek alatt pótolhatók, szemben más eszközökkel, melyek sokkal hosszabb idő alatt léphetnek be. Az ábra 1320 MW kieső atomerőmű egység helyettesítését mutatja kb. 10 sec időtartam alatt.

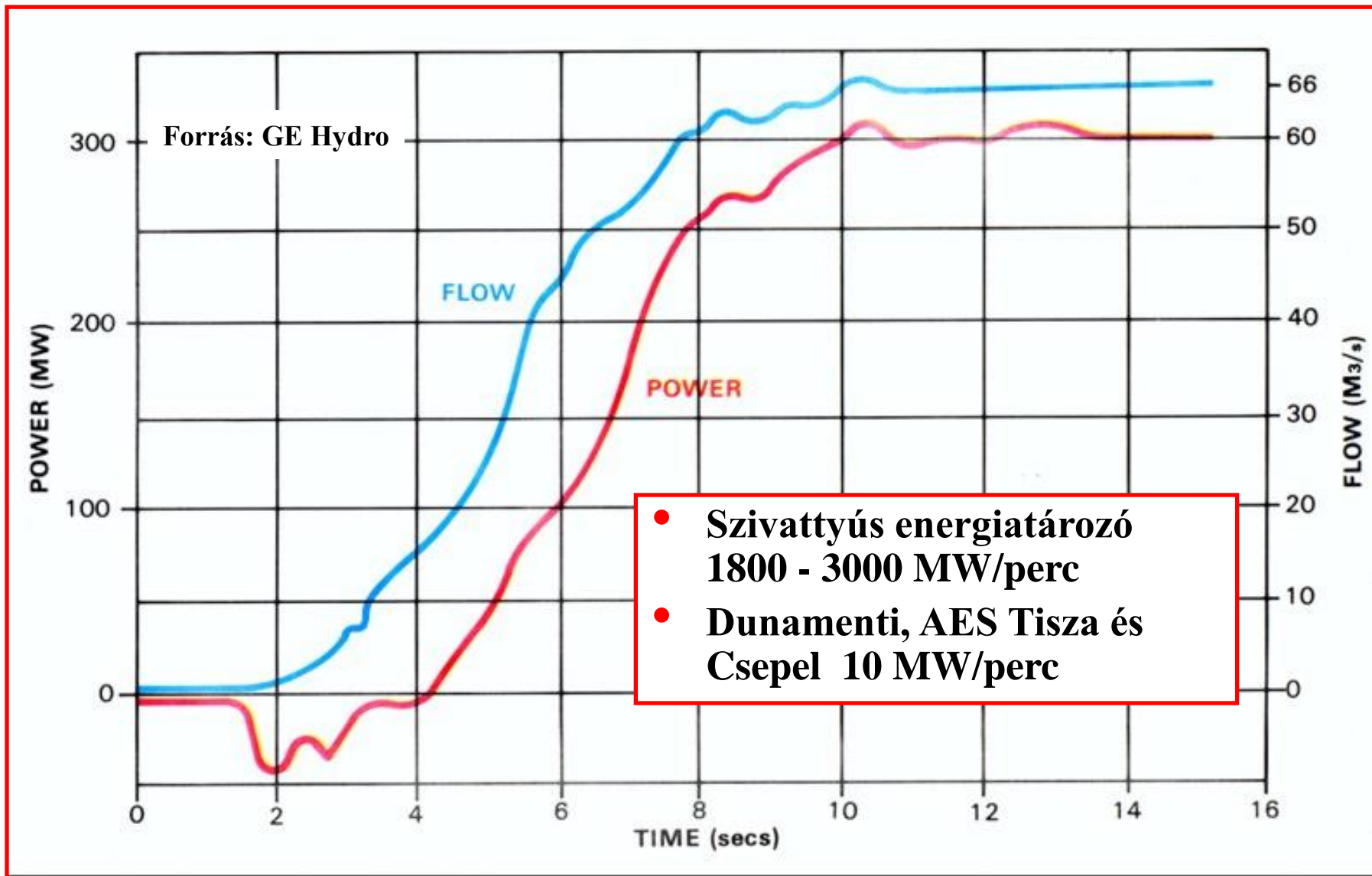


Source: National Grid Co. 1991

Frekvencia csökkenés kiszabályozása

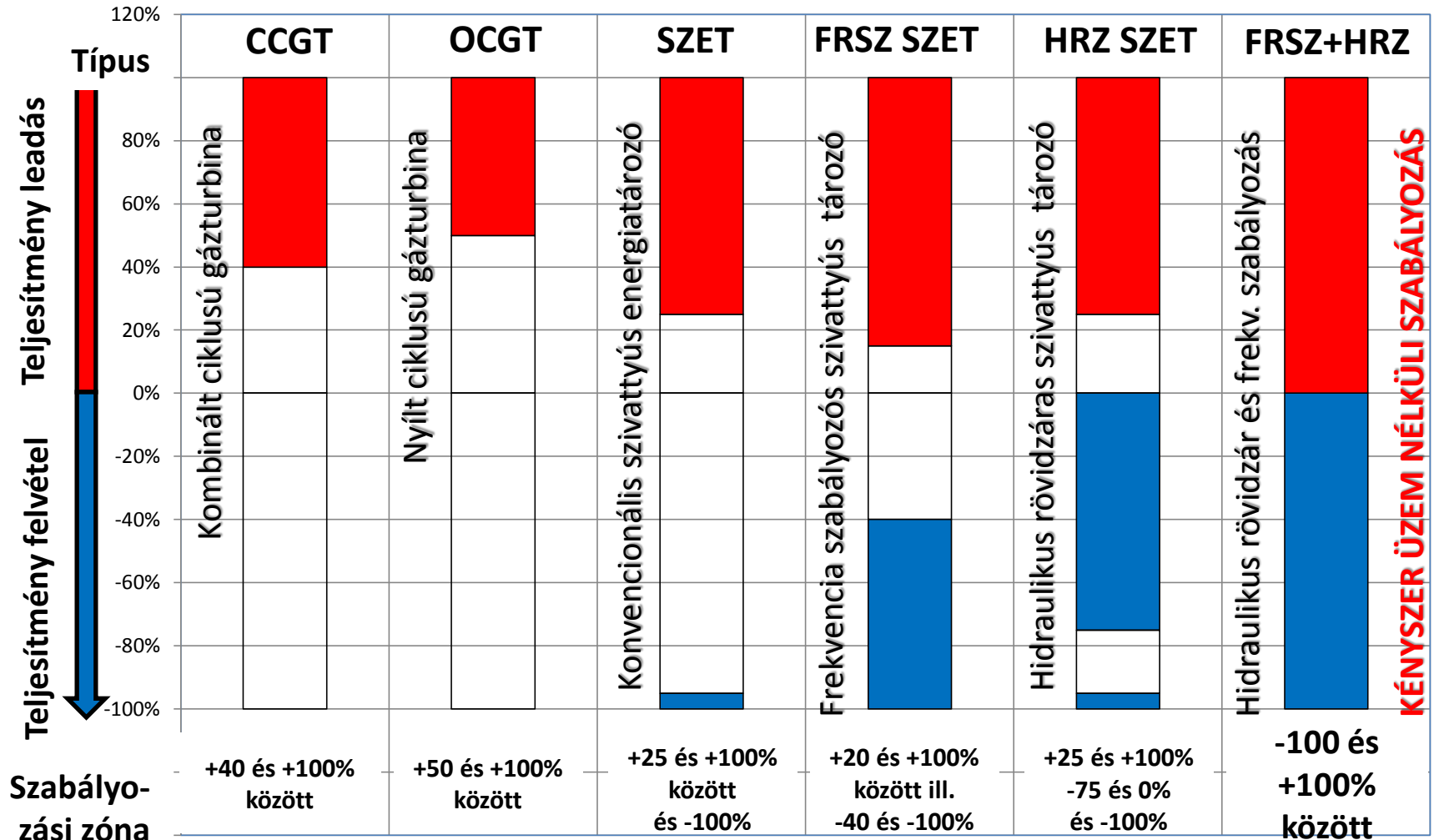


Jellemző terhelésváltási sebességek



A megfelelően kialakított SZET szabályozó képessége +100 % és -100 % határok között fokozatmentesen rendelkezésre áll!

A rendszer szabályozási eszközök szabályozási tartomány összehasonlítása



A jelenleg használt eszközök várhatóan a szekunder és a terciér szabályozásban nem tudnak az európai piac szereplőjévé válni

- A szabályozási költségek stabilizálása és versenyképességének biztosítása intézkedéseket tesz szükségessé.
- Az erőműveink terhelésváltoztatási sebessége maximum 10 MW/perc ↔ ezzel szemben a szivattyús energia energiatárolókban **1800 - 3000 MW/perc** megengedett.
- A megengedett éves indítások száma maximum 50/év ↔ ezzel szemben a szivattyús energiatárolókban szokásos **10 000-15 000/év**.
- A fel- és leszabályozás jelenleg → részterheléssel üzemelő gáztüzelésű egységekkel, üzemi kényszerek vállalásával a versenypiachoz nem illesztető, **versenyképtelen**,
- A részterhelésű üzem alacsony hatásfok → többlet tüzelőanyag költség, folyamatos **kényszer termelés és értékesítés** → kereskedelmi veszteségek, keresztfinanszírozás a veszteségek és költségek vállalására
- A magyar villamosenergia-rendszerben a rendszer **szabályozási igénye és azok reális teljesíthetősége közötti távolság növekszik**, ami növekvő mértékben **veszélyezteti az üzem biztonságát és a rendszer stabilitását**.
- A régió költség adataival való összehasonlítás alapján a **magyar szekunder szabályozás biztosítási mód költségei aránytalanul kedvezőtlenek**, és a szabályozó kapacitás rendelkezésre állási díja több mint tízszerese az azonos német díjaknak.
- Az egységes piac jelenlegi domináns egységeivel versenyképes új kapacitás ok szükségesek

Az osztrák és a német rendszerek szabályozási szolgáltatás árai alacsonyabbak a jelenlegi magyar árszintnél, a magyarországi rendszer szabályozási szolgáltatások versenyképesség hiányában várhatóan kiszorulnak a piacról

A rendszer szabályozásban gyors részvételt igényelnek következők:

- Primer szabályozás
- Szekunder szabályozás
- Tercier szabályozás
- Üzemzavari tartalék
- Rendszer újraindítása
- Frekvencia ingadozás stabilizálása
- Hálózati feszültség stabilizálása
- Hálózati lengések megszüntetése
- Meddő szabályozás
- Inercia biztosítása a kieső termelők esetén
- Csúcsidei teljesítmény igény mérséklése
- Terhelés változtatás szabályozása
- Stb....

A szivattyús energiatároló létesítési lehetőségek

A különböző vizsgálatokban szereplő helyszínek

A szintkülönbségek



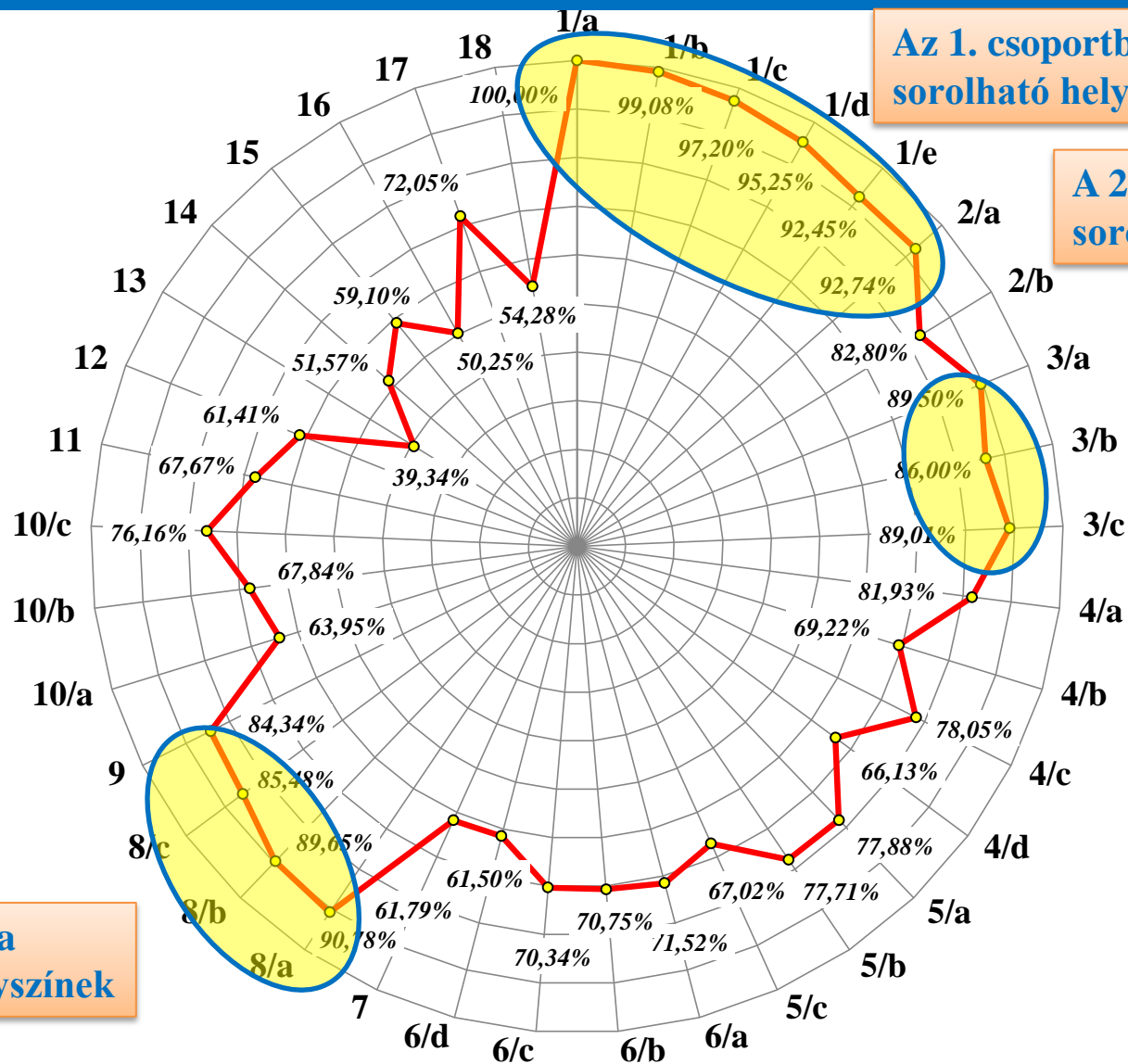
A lehetőségek
70 - 530 m
köztiek.



Piros – országhatáron belüli

Sárga – országhatáron kívüli

A több kritérium szerinti értékelés eredménye



Az 1. csoportba sorolható helyszínek

A 2. csoportba sorolható helyszínek

A 3. csoportba sorolható helyszínek

A szivattyús energiatároló funkciók és létesítési lehetőségek összefoglalása

- ✓ A nemzetközi gyakorlat értékítélete szerint szivattyús energiatárolók váltak a rendszer irányítás gyorsreagálású, flexibilis eszközeivé.
- ✓ Az igények legnagyobb komplexséggel és legnagyobb hatékonysággal szivattyús energiatárolóval biztosíthatók . A szivattyús energiatároló belépése csökkentheti a rendszerszintű szolgáltatások költségeit.
- ✓ A magyar rendszer igényeinek megfelelő hazai lehetőségek rendelkezésre állnak.



**Köszönöm a
figyelmüket!**

Dr. Szeredi István

MVM (ny.)

A műszaki tudomány kandidátusa

*Vízi sport az olasz Prezenzano
alsó tározóján.*