



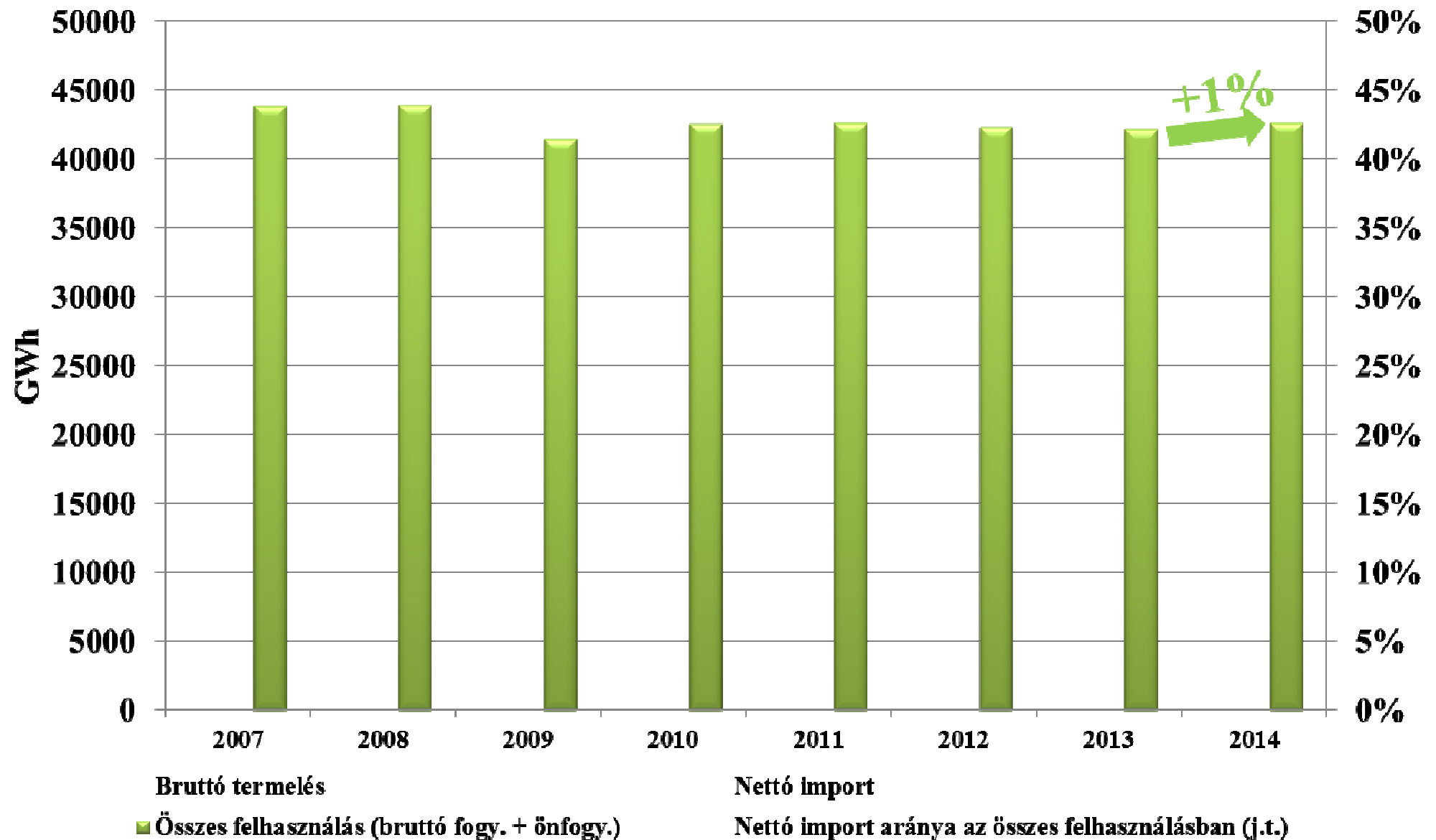
# Kapacitás fenntartás a Paksi Atomerőműben

**Prof. Dr. Aszódi Attila**

Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásáért felelős kormánybiztos  
Miniszterelnökség  
Egyetemi tanár, BME

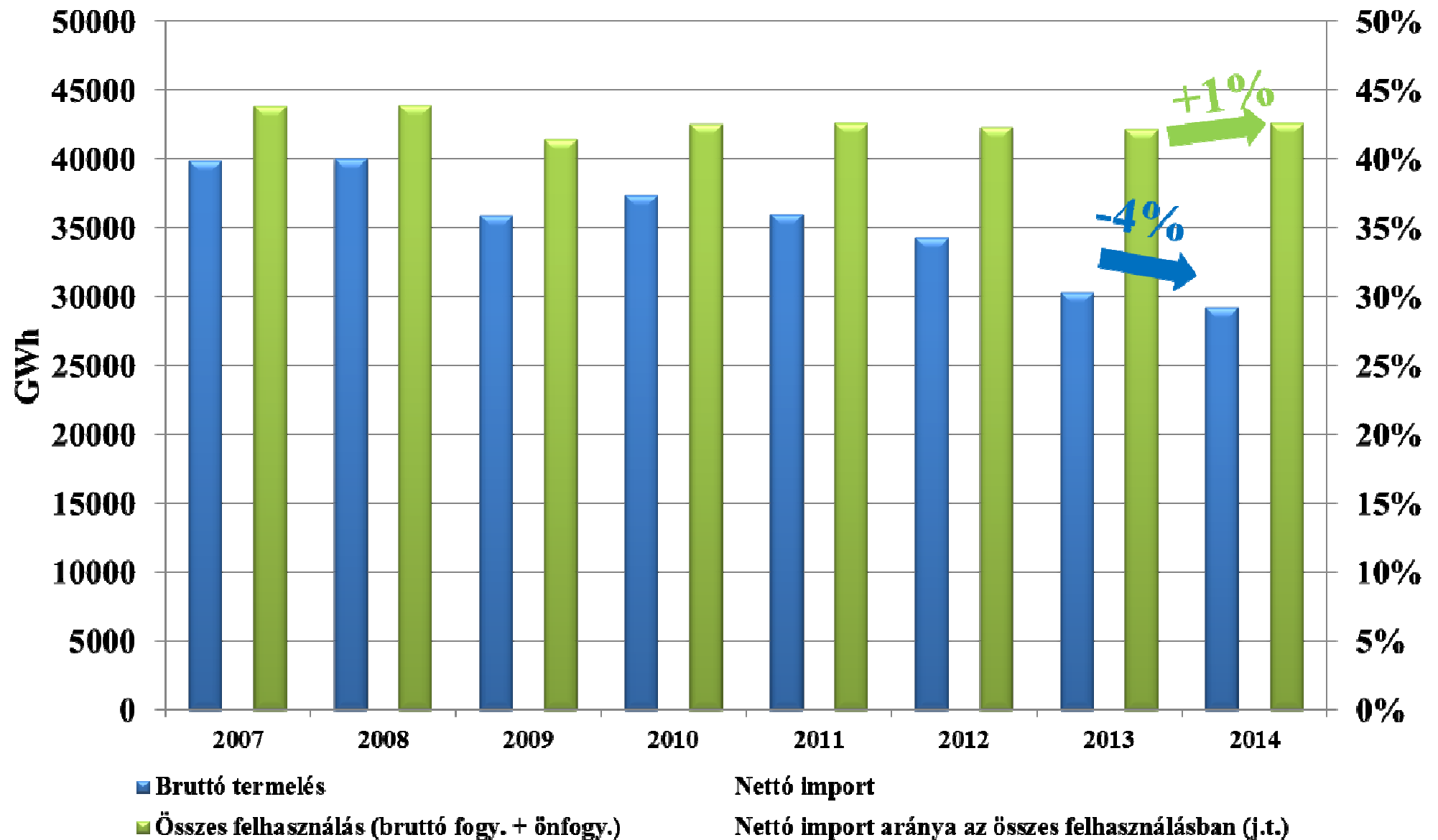
11. Energiapolitikai Fórum, EnPol2000  
Budapest, 2015. május 5.

# Az elmúlt évek folyamatai (2007-2014)



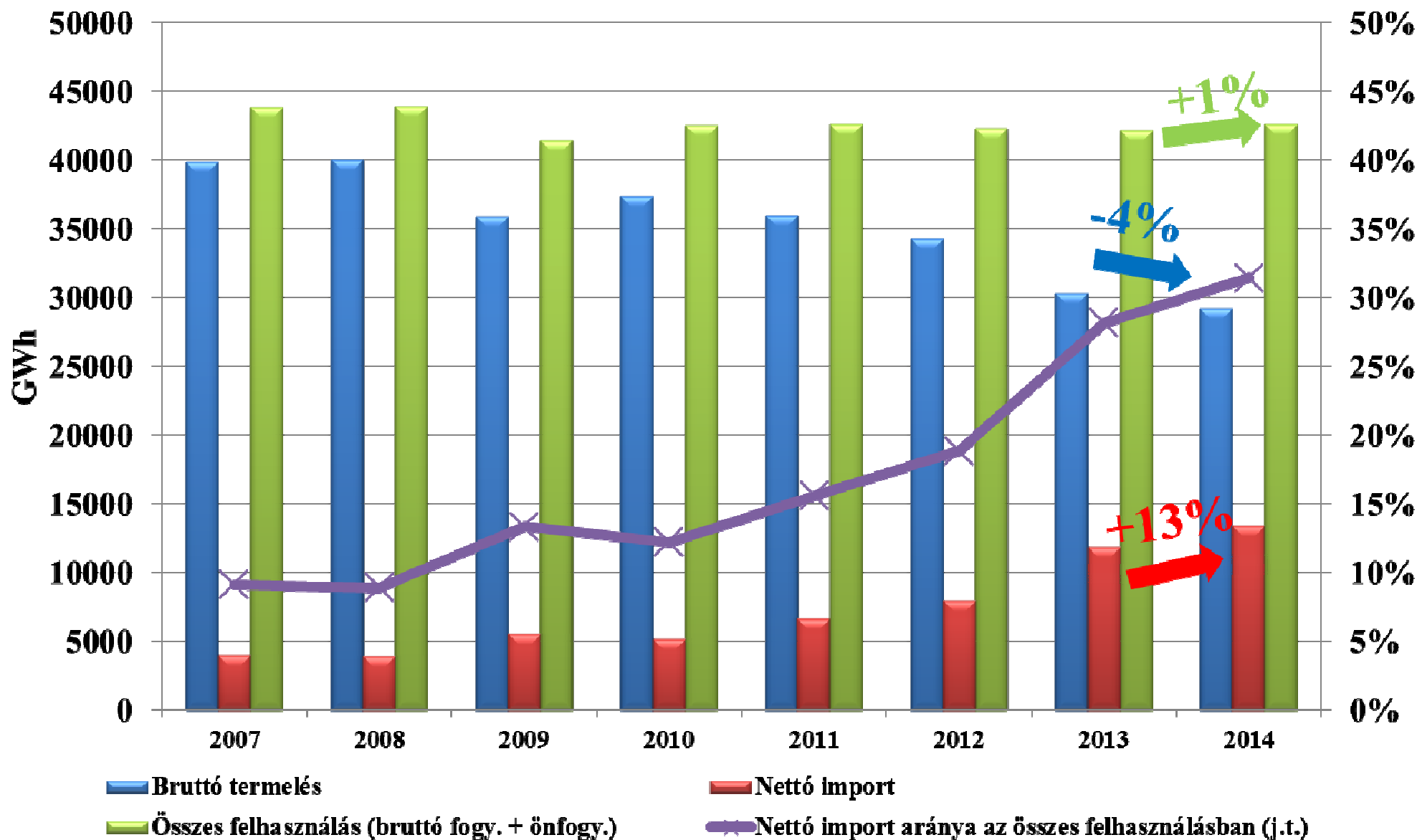
Forrás: Mavir (2014): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2013. évi statisztikai adatai, valamint Mavir (a 2014. évi adatok)

# Az elmúlt évek folyamatai (2007-2014)



Forrás: Mavir (2014): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2013. évi statisztikai adatai, valamint Mavir (a 2014. évi adatok)

Év	Csúcsterhelés (MW)	Hazai tény termelés (MWh)	Export - Import szaldó (MWh)	Rendszer összesen (MWh)	Import részarány (%)
2013	6307	30 311 469	11 877 704	42 189 173	28,15
2014	6461 (+2,44%)	29 200 924	13 388 078	42 589 002 (+0,95%)	31,44

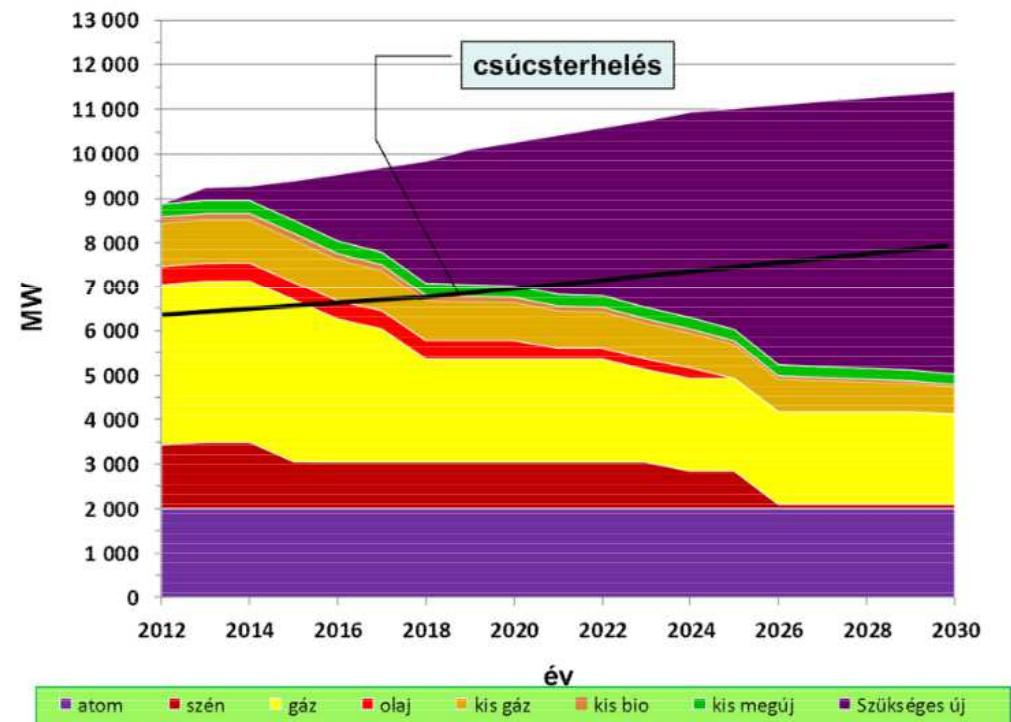
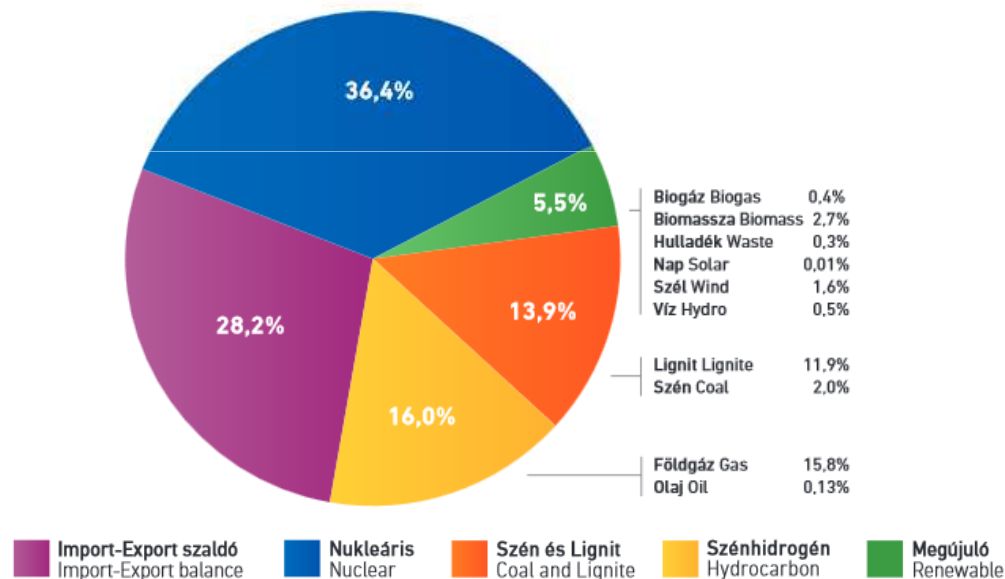


Forrás: Mavir (2014): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2013. évi statisztikai adatai, valamint Mavir (a 2014. évi adatok)

# A hazai villamosenergia-fogyasztás

- 2014: Teljes bruttó villamosenergia-felhasználás: 42 589 GWh
  - Hazai termelés: 29 201 GWh
  - Import energia: 13 388 GWh (31,5%)
- Várható energiaigény-növekedés: 1,3%/év (később 1%/év)
- 2030-ig kb. 7300 MW új termelő kapacitást kell létesíteni (MAVIR)
  - Ebből 3100-6500 MW-nyi lehet a nagyerőművek kapacitás (pl. atomerőmű), 1600 MW megújuló alapú kiserőmű

A bruttó villamosenergia-fogyasztás forrásmegoszlása , 2013 (MAVIR)

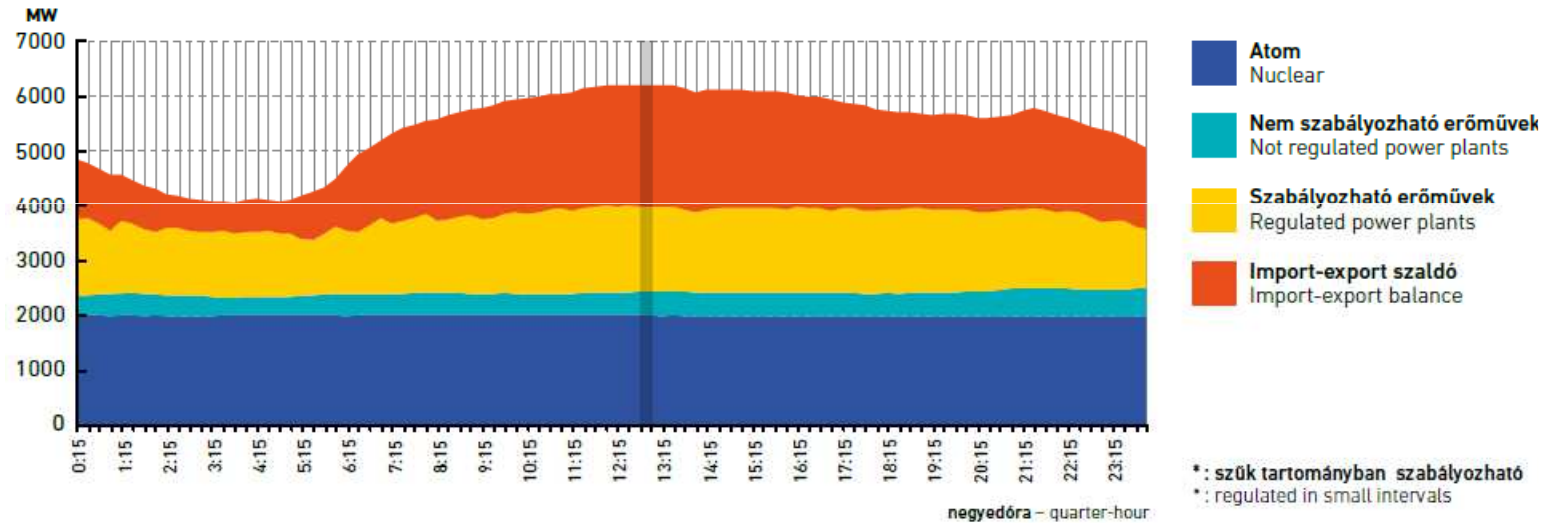


# A hazai villamosenergia-igények ellátása

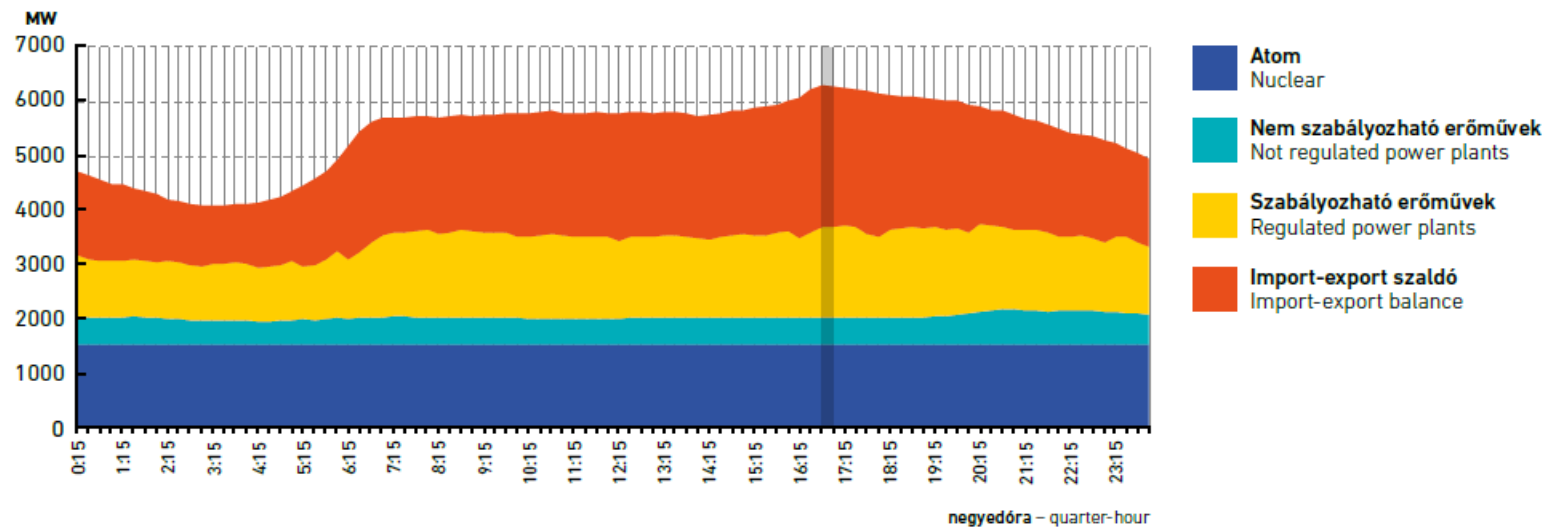
NAPI BRUTTÓ TERHELÉSI GÖRBE NYÁRI MUNKANAPOKON (NYÁRI CSÚCS: 2013. JÚNIUS 20. 13:00, 6193 MW) / DAILY GROSS SYSTEM LOAD ON SUMMER WORKDAYS (SUMMER PEAK LOAD: 20 JUNE, 2013 13:00, 6193 MW)

Hazai bruttó terhelési görbe:

- Atomerőmű mint alaperőmű
- Terhelés követése elsősorban az import változtatásával
- Napi maximum: 6000 MW körül
- Völgyidőszak: 4000 MW körül



NAPI BRUTTÓ TERHELÉSI GÖRBE TÉLI MUNKANAPOKON (TÉLI CSÚCS: 2013. DECEMBER 4. 16:45, 6307 MW) / DAILY GROSS SYSTEM LOAD ON WINTER WORKDAYS (WINTER PEAK LOAD: 4 DECEMBER, 2013 16:45, 6307 MW)

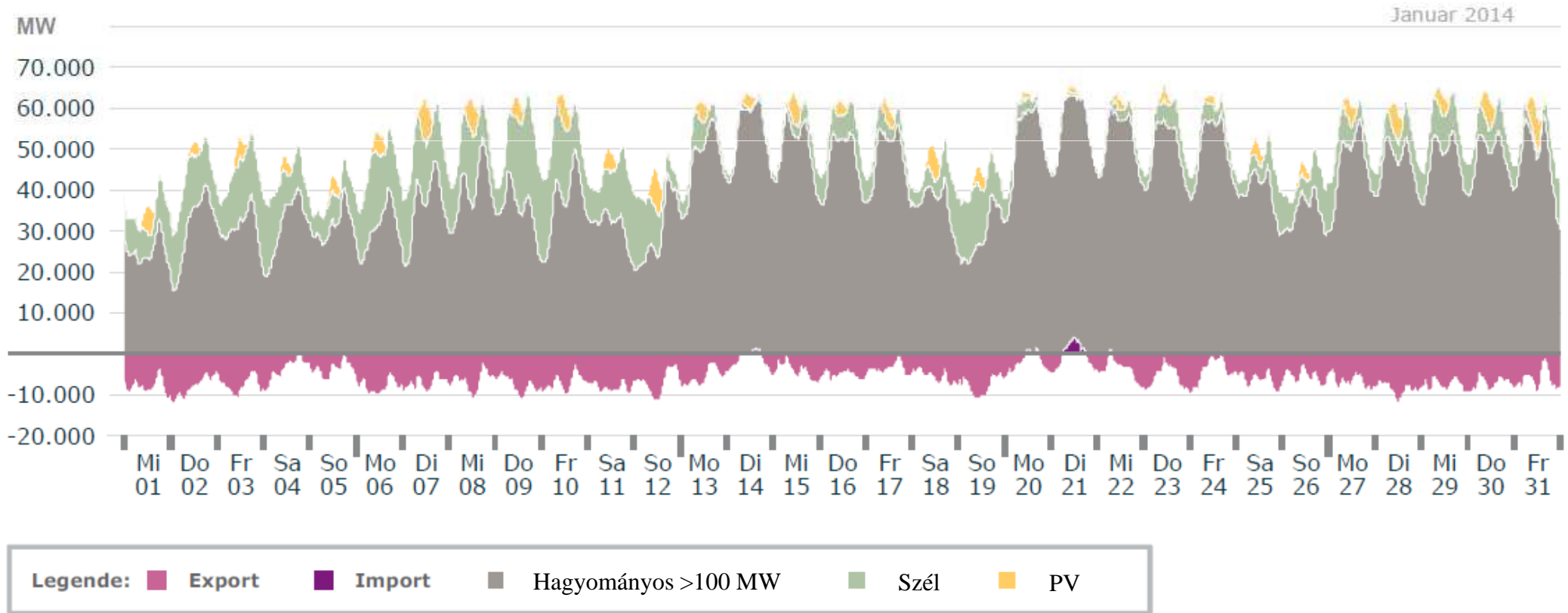


Forrás: VER 2013. évi adatai (MAVIR)

# Németország: megújulók kiszabályozása

Forrás: Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2014, Fraunhofer ISE

## Tatsächliche Produktion



## A német villamosenergia-termelés 2014 januárjában

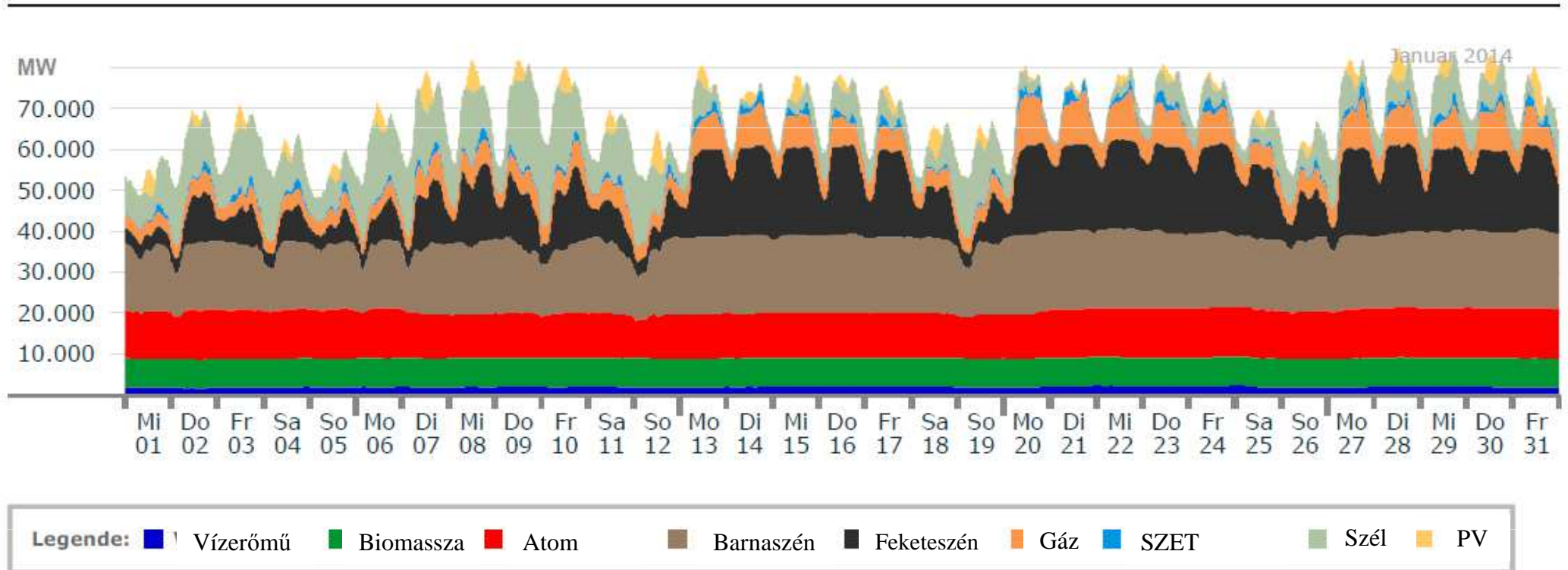
A megújulók ingadozó termelésének kiszabályozását főként a gáztüzelésű, illetve feketeszén-erőművek végzik – és az export!



# Németország: megújulók kiszabályozása

Forrás: Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2014, Fraunhofer ISE

## Tatsächliche Produktion



## A német villamosenergia-termelés 2014 januárjában

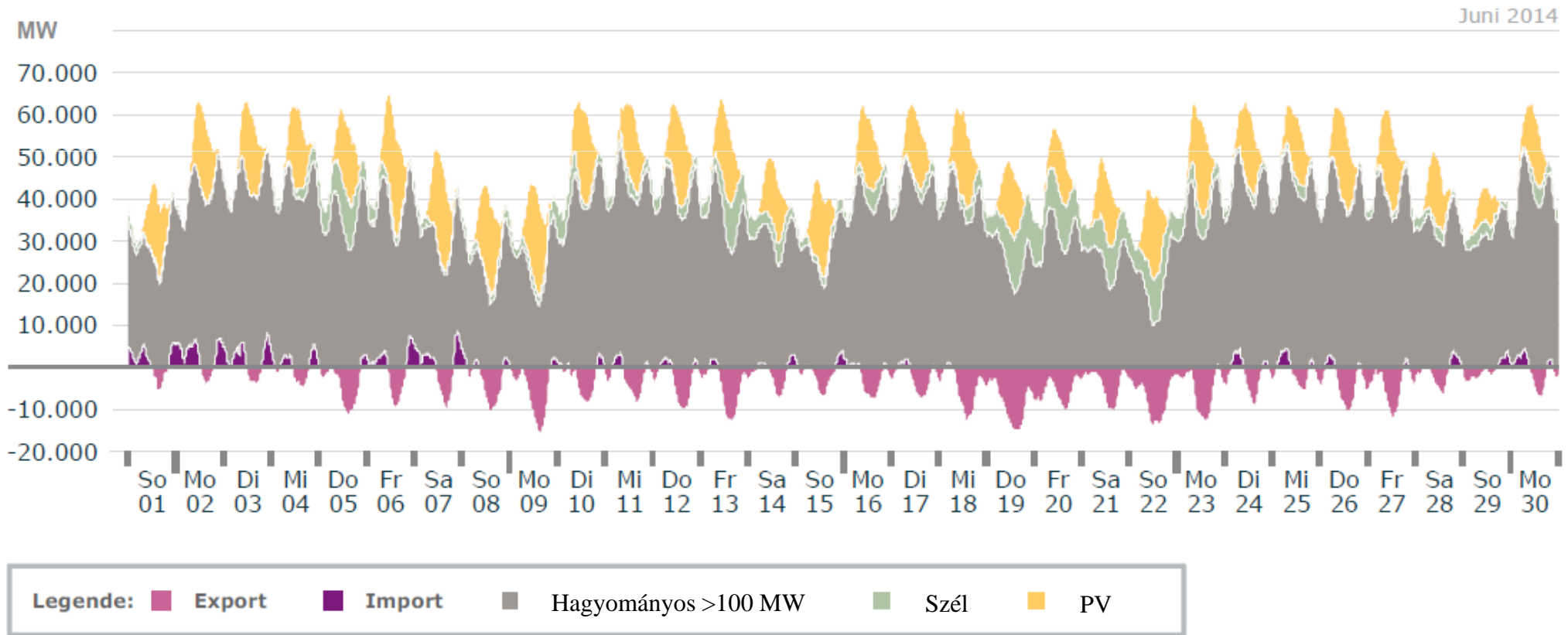
A megújulók ingadozó termelésének kiszabályozását főként a gáztüzelésű, illetve feketeszén-erőművek végzik – és az export!



# Németország: megújulók kiszabályozása

Forrás: Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2014, Fraunhofer ISE

## Tatsächliche Produktion



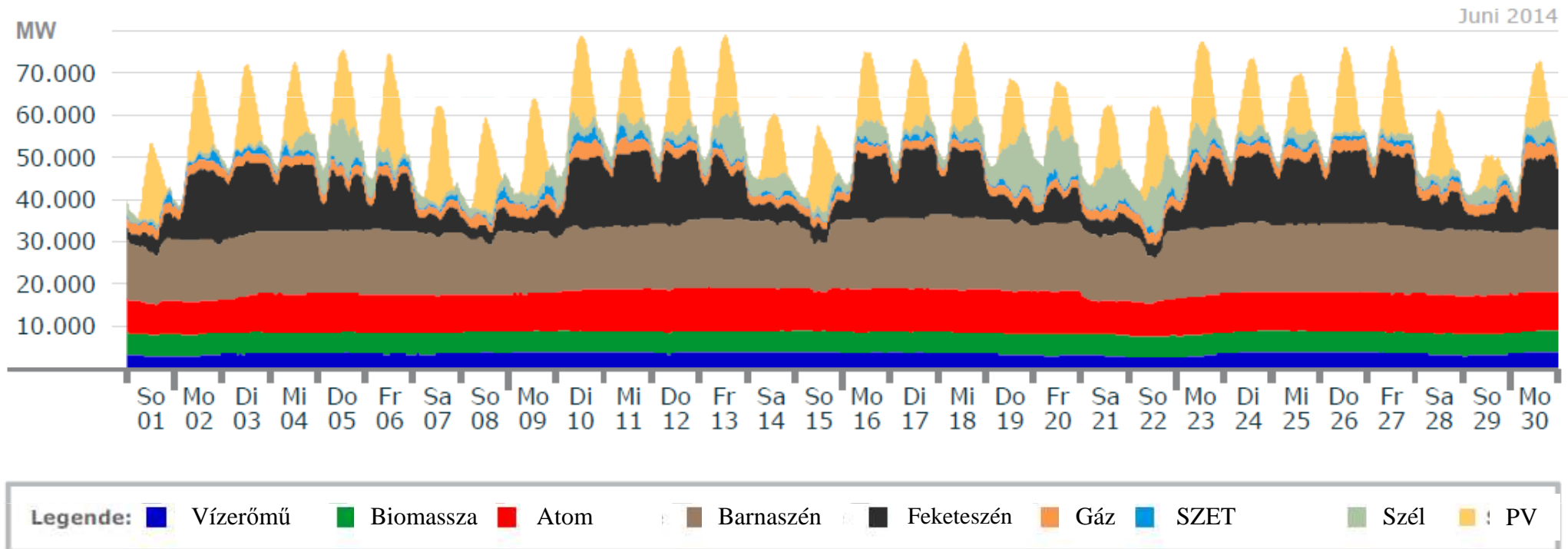
### A német villamosenergia-termelés **2014 júniusában**

Jól látható a jelentős naperőművi termelés (csekély széllel kombinálva)  
A gázerőművek teljesítménye szinte nulla!

# Megújulóknak szerepe a jövő villamosenergia-rendszerében

Forrás: Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2014, Fraunhofer ISE

## Tatsächliche Produktion



## A német villamosenergia-termelés 2014 júniusában

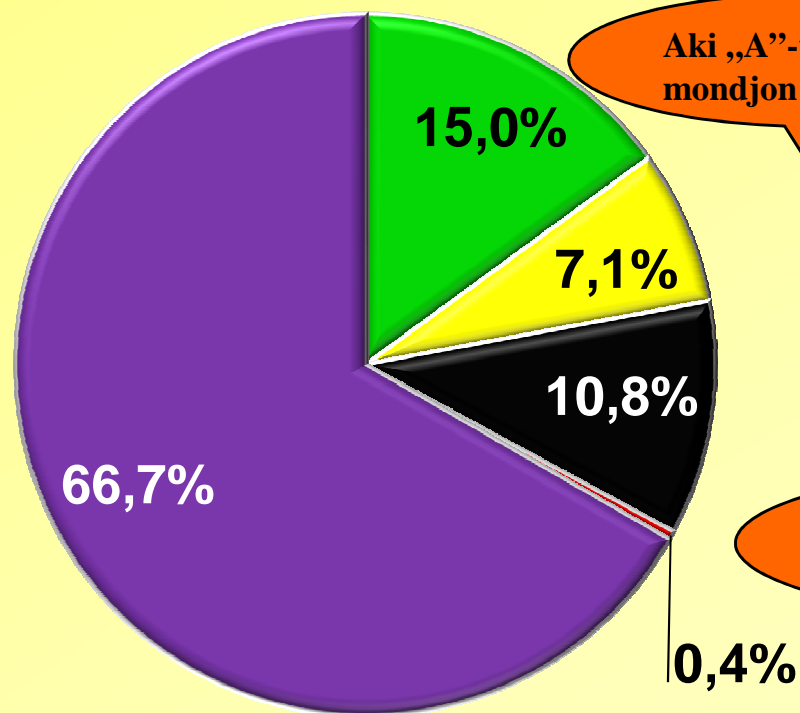
Jól látható a jelentős naperőművi termelés (csekély széllel kombinálva)  
A gázerőművek teljesítménye szinte nulla!

# A bruttó villamosenergia-termelés összetétele

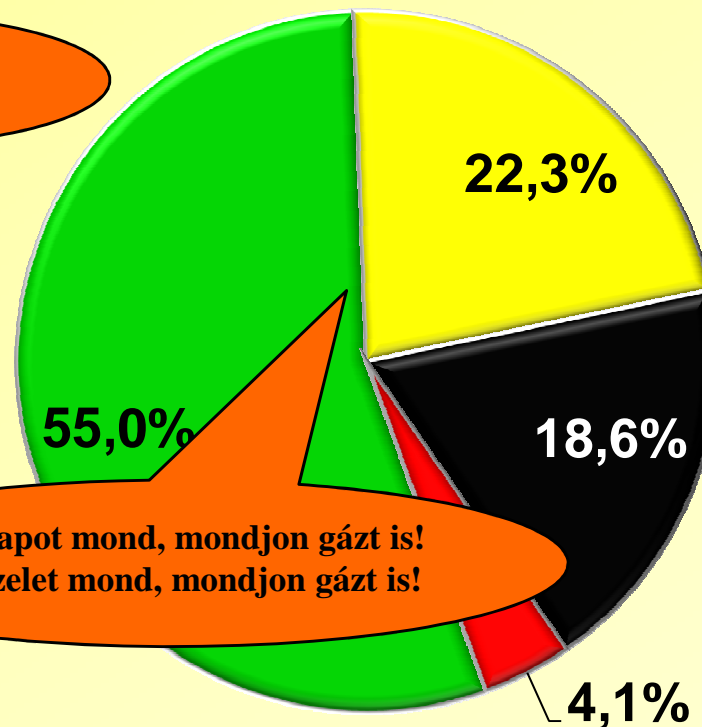
Magyarország

2030

Németország



Aki „A”-t mond,  
mondjon „B”-t is!



Aki napot mond, mondjon gázt is!  
Aki szén mond, mondjon gázt is!



atom



megújulók



földgáz



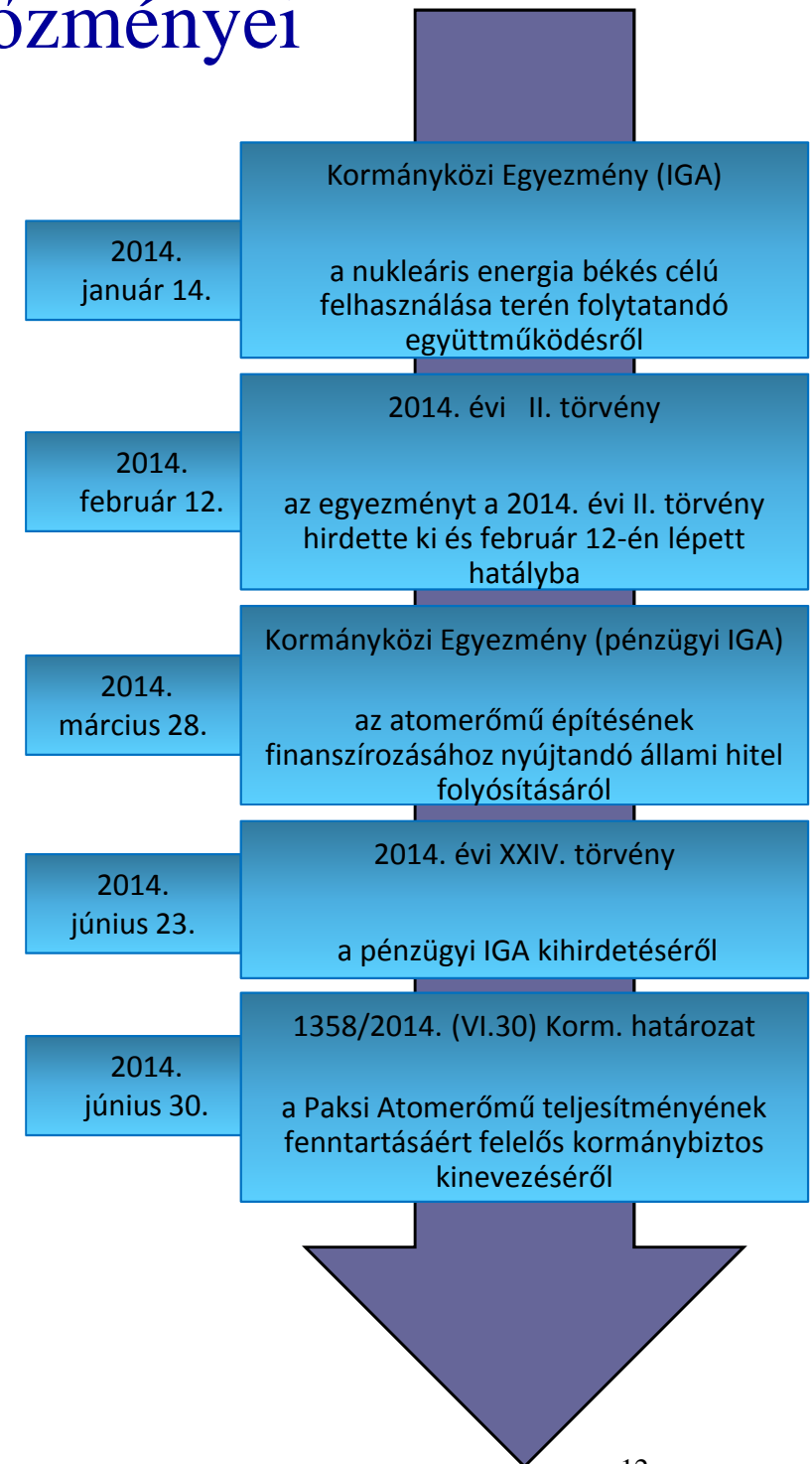
szén



olaj és egyéb

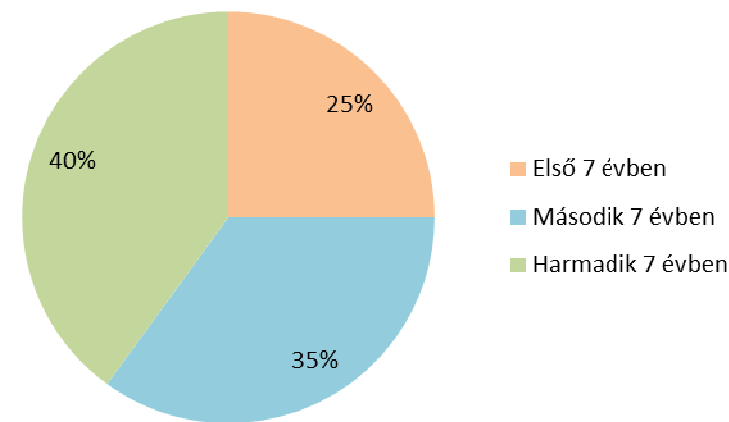
# A paksi atomerőmű bővítésének előzményei

- 2008 - energiapolitikai koncepció: ellátás-biztonsági és klímavédelmi célok alapján döntéselőkészítő munka kezdődött
- 2009. március 30.: Parlament elvi jóváhagyása, Teller-projekt
- 2009: Lévai-projekt a szállítói tender előkészítésére, majd 2012-ben az az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő ZRt.-t (építés előkészítése és irányítása)
- 2014. január 14: magyar-orsz államközi egyezmény
  - A Roszatom két új, egyenként 1200 MW-os atomerőművi blokkot építhet Pakson
  - Az orosz fél a beruházási költségek 80%-át biztosítja államközi hitel segítségével
- Alap: 1966-os magyar-szovjet atomenergetikai együttműködési egyezményen.
- Az egyezmény kulcseleme a 40%-os lokalizációs szint célkitűzése

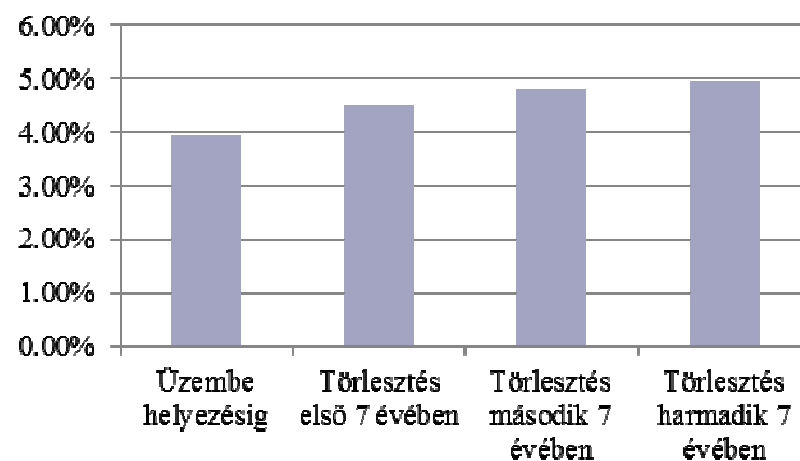


# Finanszírozás

- A finanszírozásról külön orosz-magyar kormányközi egyezmény
- Oroszország max. 10 milliárd euró állami hitelt nyújt a beruházáshoz (80%), 20%-ot a magyar fél biztosít
- A hitel 2014-2025 között áll rendelkezésre
- Törlesztés:
  - Az első blokk üzemének kezdetekor, de legkésőbb 2026. március 15-én kezdődik
  - Évente kétszer
  - A törlesztési időszak 21 év, változó törlesztési összegekkel 3\*7 évre
  - Lépcsős kamatozás 3,95%-tól 4,95%-ig
- $LCOE = 50 - 55 \text{ EUR/MWh}$



A visszafizetendő részletek (fent) és a kamatlábak alakulása (lent)



# Megvalósítási megállapodások

- A két államközi szerződés az együttműködés kereteit illetve a finanszírozás feltételeit rögzítették
- 2014. december 9-én az MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt. és az orosz Joint-Stock Company Nizhny Novgorod Engineering Company Atomenergoproekt aláírta az új blokkokra vonatkozó három megvalósítási megállapodást
- A szerződések az
  - új blokkok tervezési, beszerzési és kivitelezési paramétereit (EPC szerződés),
  - az üzemeltetési és karbantartási támogatással kapcsolatos feltételeket,
  - valamint az üzemanyag-ellátás részleteit rögzítik.

A megvalósítási szerződések  
aláírásának bejelentése



## Kit takar a Joint-Stock Company Nizhny Novgorod Engineering Company Atomenergoproekt?

Az intézet 1951-ben alakult a Tyeploenergoprojekt-en belül, 2007 óta JSC NIAEP néven.

A Roszatom leányvállalata, feladata atomerőmű-építési projektekben szolgáltatások végzése (felmérések, tervezés, építési munkák irányítása, beszerzés, építészeti felügyelet, üzembe helyezés előkészítése, mérnöki szolgáltatások).

A JSC NIAEP irányítása alatt épül pl. a Rosztov-4 blokk, részt vesz több orosz és külföldi erőmű építésében is.



# VVER-1200/V491

- A Paksra ajánlott reaktortípus: VVER-1200/V491 (V508?)
  - Megegyezik a Finnországba, Pyhäjoki telephelyre választott típussal (építteti a Fennovoima Oyj)
- Leningrád-II atomerőmű
  - A V491 referenciablokkja
  - Építés kezdete: 2008 (1. blokk), 2010 (2. blokk)
  - Az üzemelés kezdetét 2016-ra illetve 2018-ra tervezik
  - Az építés jelen állása (1. blokk): fő primerköri rendszerek, reaktortartály, gőzfejlesztők, polárdaru telepítve, a fő keringető vezetékek hegesztési munkálatait befejezték



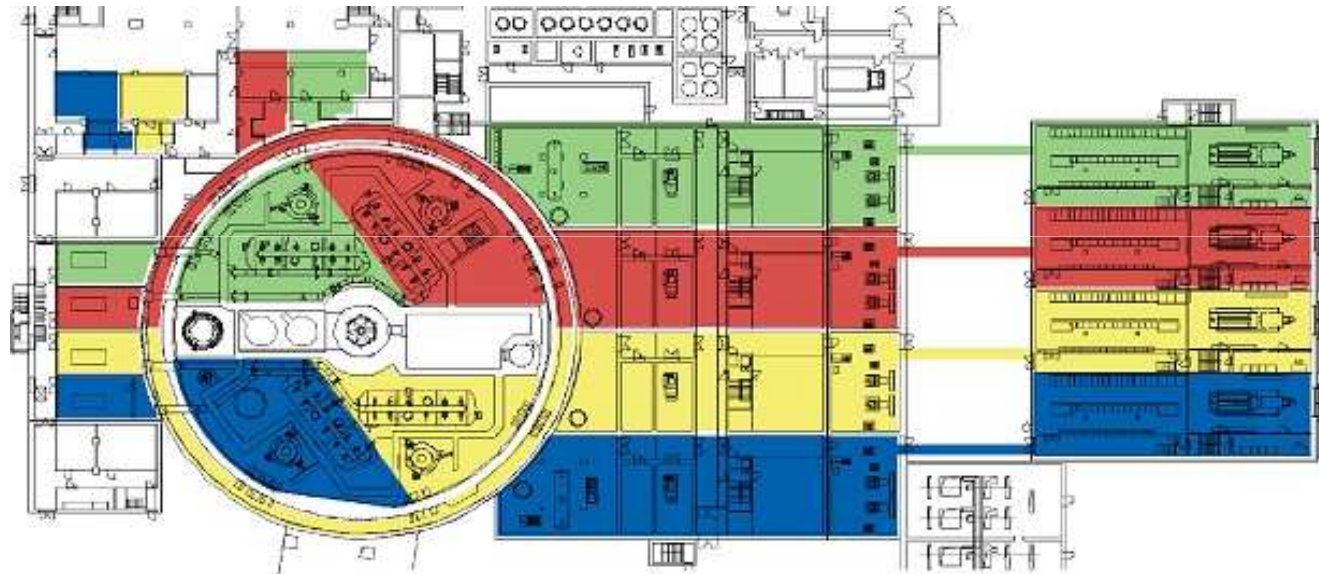
A Leningrád-II-1 kondenzárora



GF telepítése a Leningrád-II-1-en

# V491 biztonsági rendszerek

- EUR terminológia, biztonsági filozófia átvétele (DBC1-4, DEC1-2 üzemállapotok)
- Külső események elleni védelem (pl. 30 m/s szélsősebesség, 4,1 kPa hónyomás, 0,25 g maximális PGA)
- Passzív biztonsági rendszerek
- Aktív rendszerek: 4x100%, fizikai szeparáció

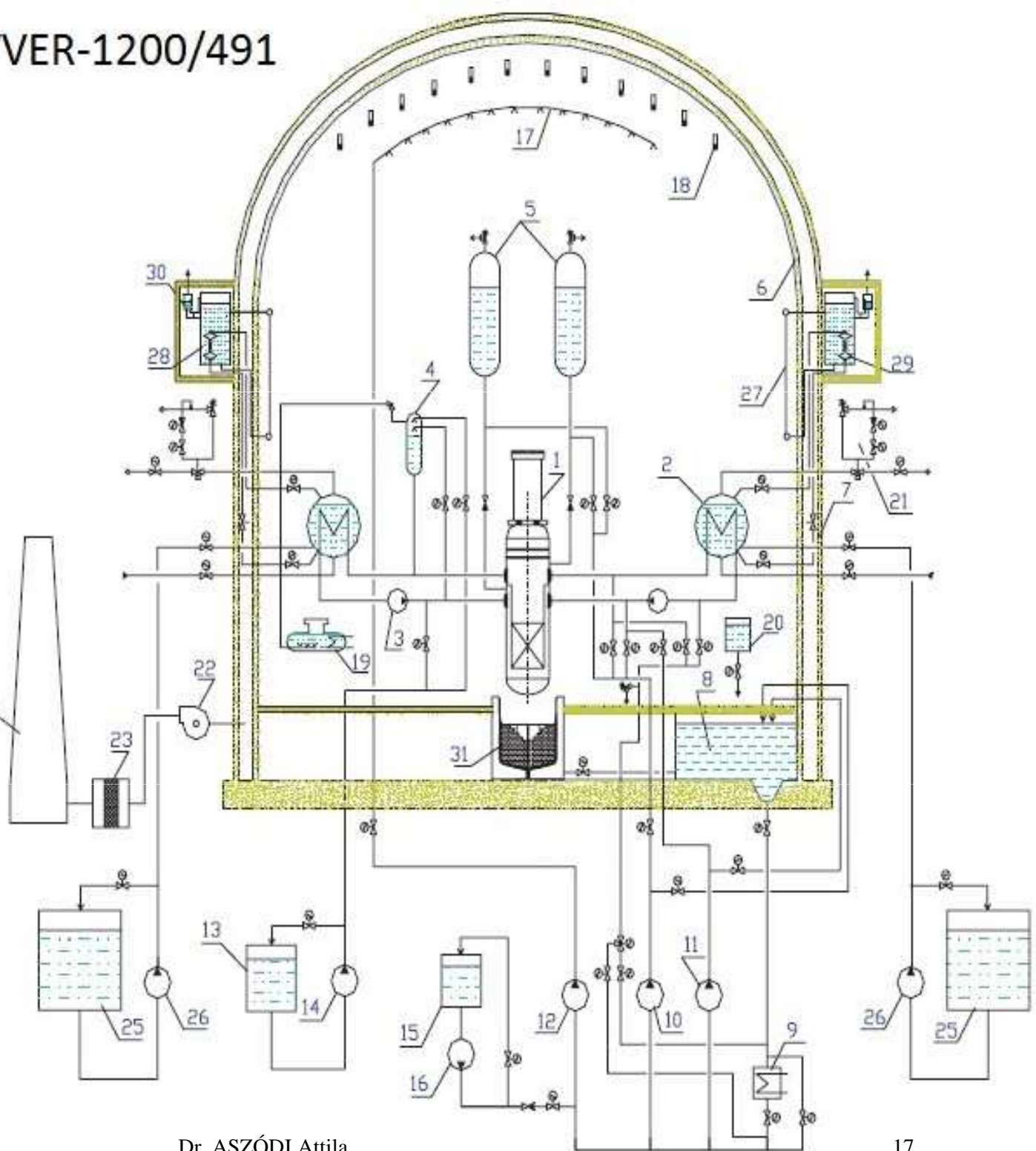


A biztonsági rendszerek négy elkülönülő ága



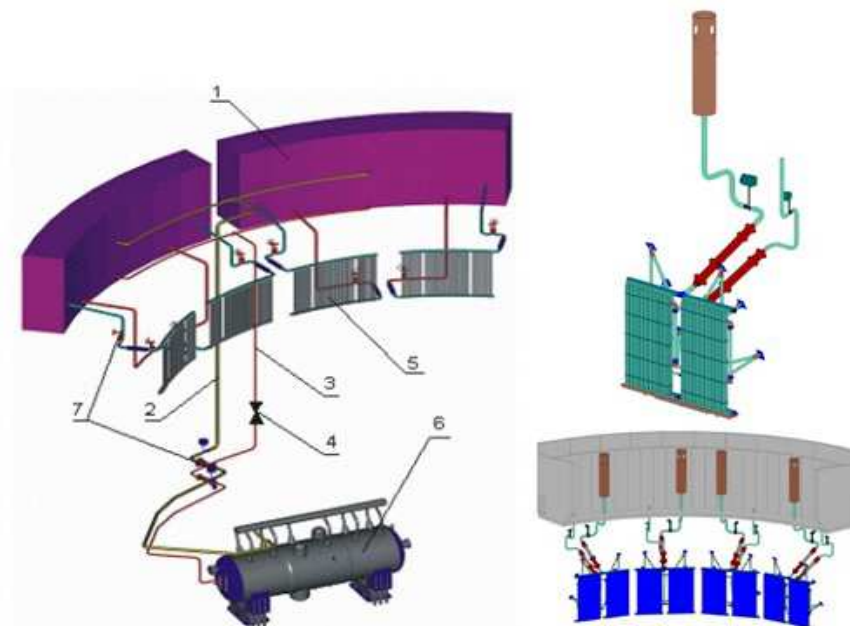
# biztonsági rendszerek

1. Reaktor 2. Gőzfejlesztő 3. FKSZ 4. Térfogatkompenzátor 5. Hidroakkumulátorok 6. Belső konténment fal 7. Külső konténment fal 8. Alacsony koncentrációjú bórsav tartály (ZÜHR és zsomp közös táptartály) 9. Hőcserélők 10. Kisnyomású befecskendező szivattyú 11. Nagynyomású befecskendező szivattyú 12. Sprinkler szivattyúja 13. Magas konc. bórsav tartály (vérszóró rendszer) 14. Üzemzavari bórsav szivattyú 15. Vegyi reagensek táptartálya 16. Vegyi reagensek szivattyúja 17. Sprinkler befecskendezés 18. Passzív hidrogén rekombinátor 19. Térfogatkompenzátor, lefűtő tartály 20. Üzemzavari vegyszertartály 21. Főgáz lefűtő rendszer 22. Köpenytéri ventilátor 23. Szűrő 24. Szellőztető kémény 25. Ioncserélt víz táptartálya 26. Üzemzavari tápszivattyú 27. Passzív remanens hőelvonó rendszer kondenzátora 28. Passzív RHR hőcserélője 29. RHR GF hőcserélője 30. Vízdugó 31. Zónaolvadék csapda



# V491 biztonsági rendszerek

- Aktív védelmi rendszerek (ZÜHR, sprinkler, vészbórozó rendszer, remanenshő-elvonó, üzemzavari tápvízrendszer, stb.)
- Lokalizációs rendszerek
  - pl. konténment: előfeszített vasbetonból, félgömb kupolával, vasbeton alaplemezzel.
  - A belső konténment belső felülete szénacél lemezekkel burkolt a nagyobb biztonság érdekében.
  - A szivárgási limit 24 órára vetítve 0,2 %.
  - $P_d$ : 5 bar  $T_d$ : 150 °C
- Passzív rendszerek (BDBA)s
  - Hidroakkumulátor (59 bar)
  - Passzív konténment hűtés
  - Passzív GF hűtés
    - Kísérleti és numerikus megalapozás
  - Passzív H-rekombinátorok (1000 kg H<sub>2</sub>)



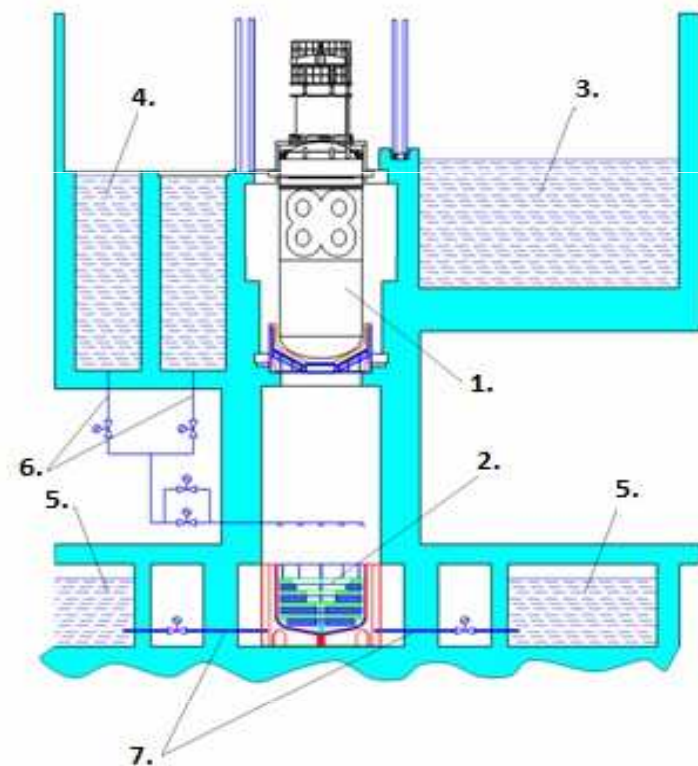
A passzív konténment és GF hűtés rendszere



A SPOT-PG köztes hőcserélője

# V491 biztonsági rendszerek

- Zónaolvadék-csapda
- Teljes zóna befogadása, kórium lokalizáció
- Tianwan, Kudankulam erőművekben már telepítve
- 150 t tömeg, 6 m magasság
- $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$  keverék olvadó töltet (200 t)
- Dupla falú csapda
- Külső hűtés a ZÜHR tartályokból és befecskendezés a karbantartó medencéből (passzív)
- Kísérleti és numerikus megalapozás



Zónaolvadékcsapda

1. Reaktor 2. Zónaolvadék csapda 3. Pihentető medence 4. Karbantartó medence 5. ZÜHR táptartály 6. Elárasztó vezetékek – olvadék felszínére befecskendezés 7. Csapda hőcserélő tápcsövei 8. Gőzelszívás



# V491 biztonsági rendszerek

- Zónaolvadék-csapda



A zónaolvadék csapda elhelyezése a Leningrád-2 telephely  
1. blokkján



A zónaolvadék csapda olvadó töltete



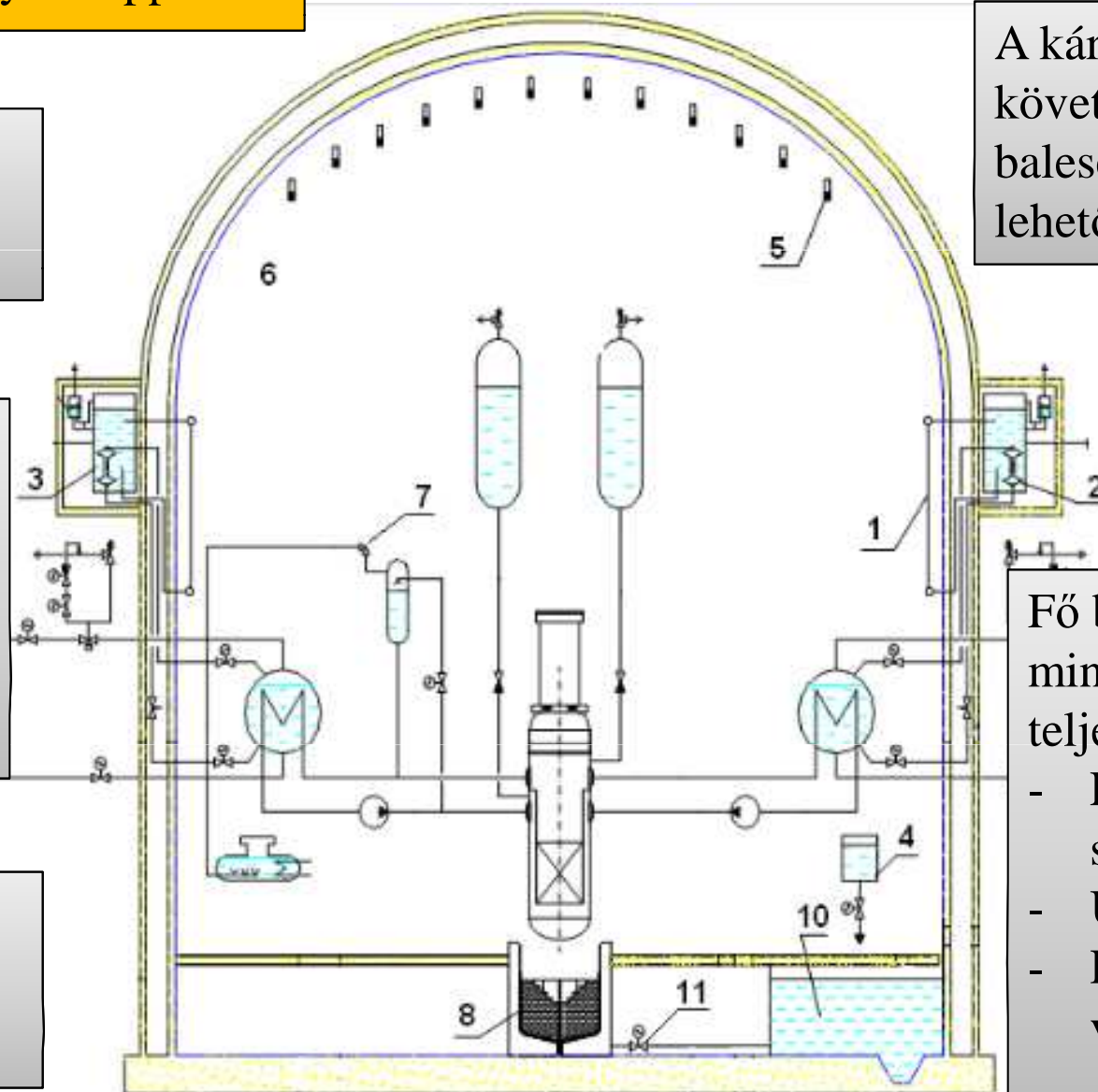
# Milyen reaktort akar a magyar fél?

11 600 követelmény! – App.1.1.

Fő prioritás a nukleáris biztonság!

A típusnak meg kell felelnie a hazai követelményeknek (NBSZ) és a nemzetközi ajánlásoknak

Fukushimai tapasztalatok figyelembevétele!



A káros következményekkel járó balesetek valószínűsége a lehető legkisebb legyen

Fő biztonsági funkciók minden üzemi állapotra teljesüljenek:

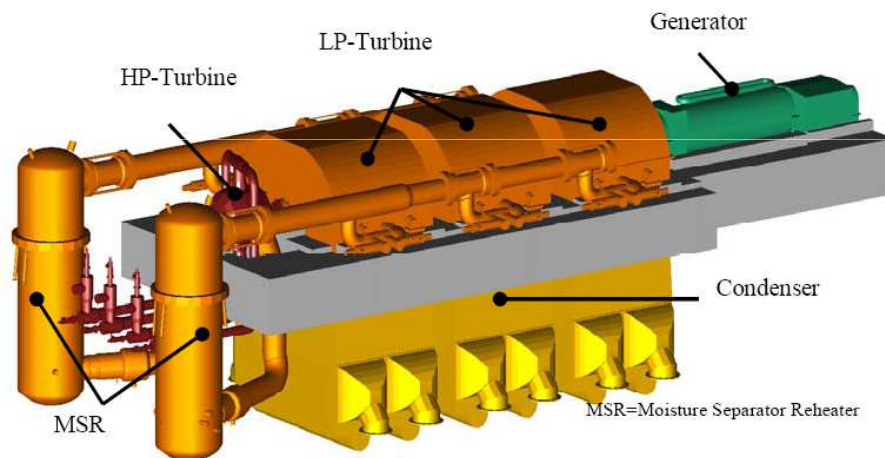
- Láncreakció szabályozása
- Üzemanyag hűtése
- Radioaktivitás visszatartása

# Követelményeink

	Követelmények száma (magyar ID) a magyar Műszaki Specifikációban	
Főkövetelmény összes	7408	100%
(N) Neutral (feltételezések, állítások és magyarázatok)	730	10%
(L) Legal (magyar jogszabályok, kormányhatározatok, törvények)	1534	21%
(T) Technical (nemzetközi és magyar szabványokon és tapasztalatokon alapulva)	5144	69%
EUR	2583	50%
NAÜ	427	8%
WENRA	24	1%
Egyéb magyar jogi követelmény és nemzetközi, magyar szabványok	2110	41%

# Nyitott kérdések – turbógenerátor

- Turbógenerátor gépcsoport beszállítója?
- Mindenképpen 1500 rpm turbina
- Reális európai lehetőségek:
  - Alstom Arabelle turbina
  - Siemens SST5-9000 turbina



*A Siemens (balra) és az Alstom (jobbra) turbinája*



# Nyitott kérdések - I&C, HMI

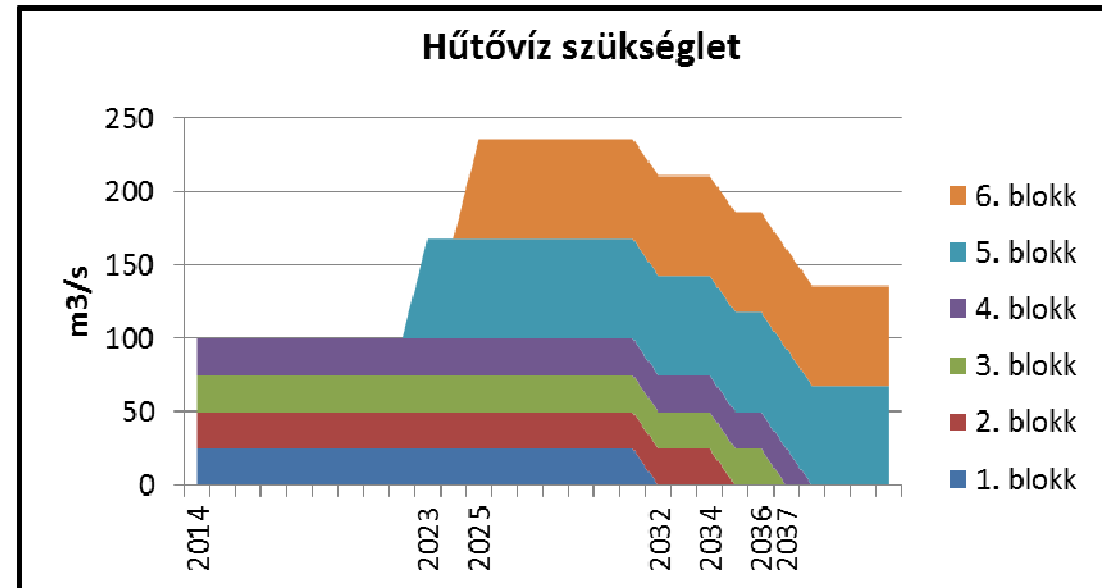
Corys, FL-3



Tianwan, Foto: AA

# Az új blokkok hűtése – frissvíz-hűtés

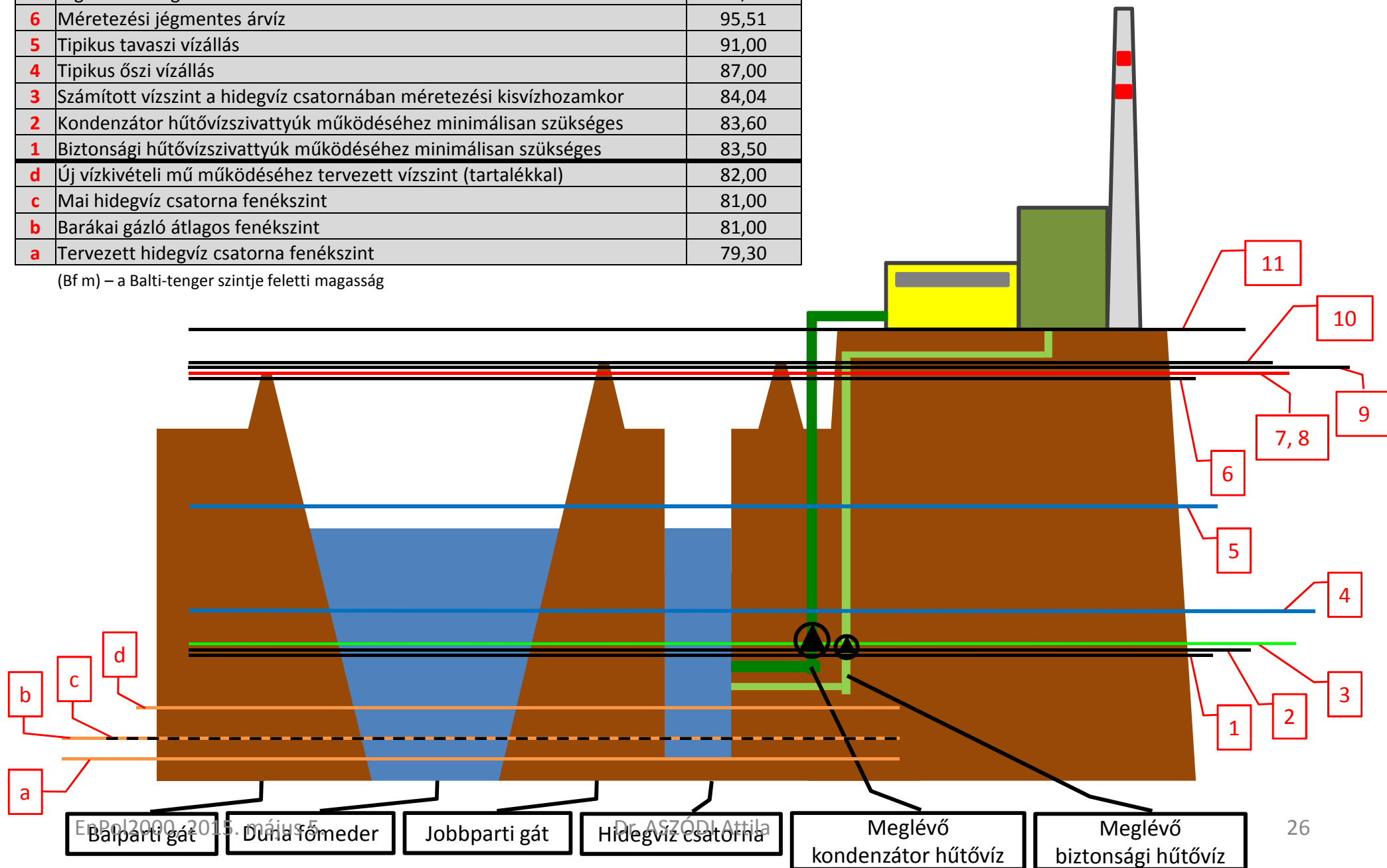
- A klímaváltozás hatásai (Dunavíz-hőmérséklet növekedése, vízállás csökkenése)
- Az új és felújítandó hideg- és melegvíz-csatornák nyomvonalainak kialakítása
- Az építési munkálatok hatása a jelenlegi blokkok biztonságos üzemére
- A 6 blokk együttes üzemének hatásai
- Hatósági korlátok betartása:
  - a belépő és kilépő hűtővíz hőmérsékletének különbsége max. 14 ill. 11 °C lehet (Dunavíz hőmérséklete < vagy > 4 °C) tervezési követelmény 8 °C
  - A visszavezetési ponttól 500 m-re a Dunavíz hőmérséklete sehol sem lehet 30 °C-nál magasabb.



No.	Megnevezés	Szint (Bf m)
11	Atomerőművi telephely feltöltési szintje	97,15
10	Árvízvédelmi töltéskorona a jobb parton	96,40
9	Méretezési jegesárvíz	96,07
8	Árvízvédelmi töltéskorona a bal parton	95,90
7	Jégtorlasz mögött várható maximális vízszint	95,90
6	Méretezési jégmentes árvíz	95,51
5	Tipikus tavaszi vízállás	91,00
4	Tipikus őszi vízállás	87,00
3	Számított vízszint a hidegvíz csatornában méretezési kisvízhozamkor	84,04
2	Kondenzátor hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,60
1	Biztonsági hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,50
d	Új vízkivételi mű működéséhez tervezett vízszint (tartalékkal)	82,00
c	Mai hidegvíz csatorna fenékszint	81,00
b	Barákai gázló átlagos fenékszint	81,00
a	Tervezett hidegvíz csatorna fenékszint	79,30

(Bf m) – a Balti-tenger szintje feletti magasság

# A jellemző magassági szintek Pakson





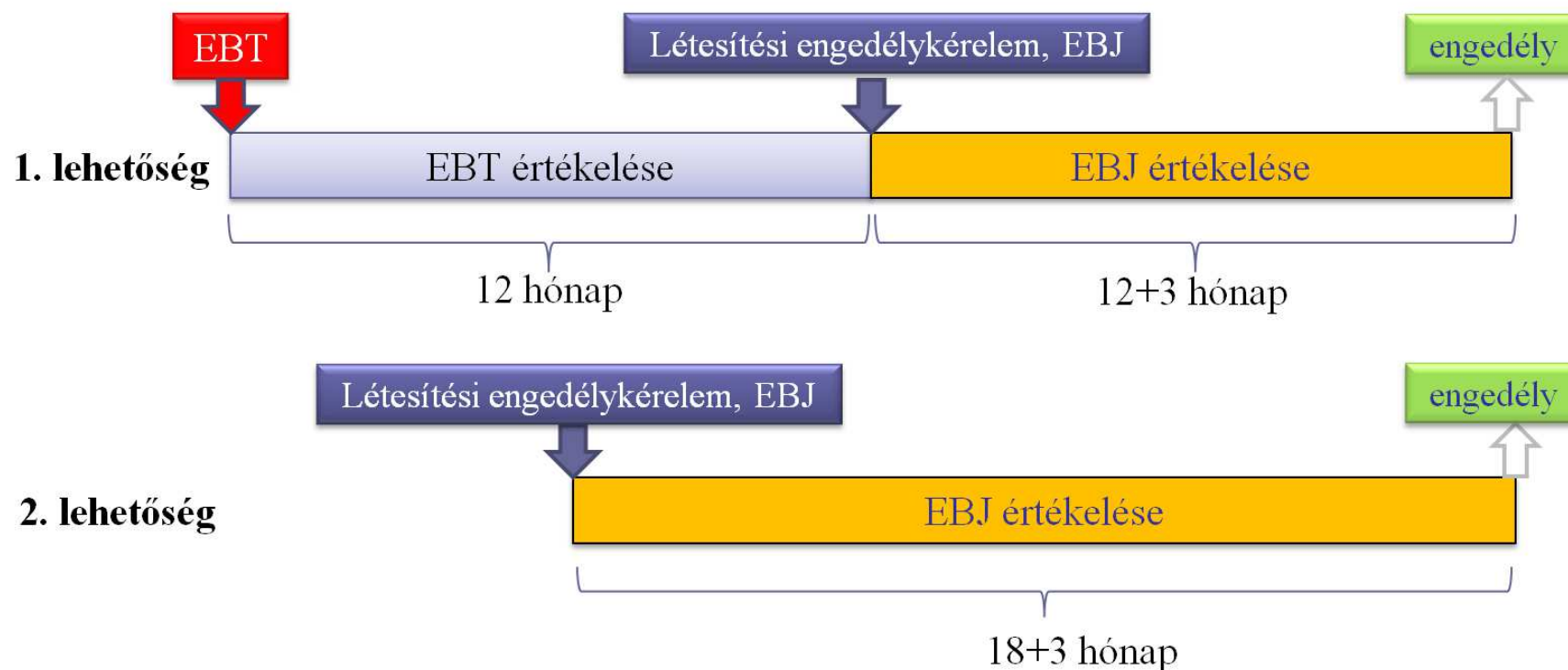
# Paks-2 törvény

- Meghatározza a beruházási struktúrát
- A beruházást érintő különös polgári jogi és munkajogi rendelkezések
  - Beruházás során minimum követelmények az alvállalkozók munkafeltételeire, bérezésére, a hazai munkaerő védelme érdekében
- Adatokhoz való hozzáféréssel és adatbiztonsággal kapcsolatos rendelkezések
- Információk egy körének speciális védelme a nyilvánosságra hozataltól.
  - De a környezeti relevanciájú információk nem korlátozhatóak.



# Atomtörvény módosítása

- Az atomtörvény módosítása az új blokkok engedélyezési folyamatai miatt
- Nukleáris hatósághoz koncentrálódik a
  - nukleáris relevanciájú építésügy
  - és a sugárvédelem
- Nő az OAH személyzete és bérszínvonala
- A létesítési engedélyezéshez
  - a hatóság munkáját egy nemzetközi tanácsadó testület segíti
  - jelentősen nő az engedélyezési idő
    - **6 hónap helyett 24 hónap** kétlépcsős eljárásban (EBT + EBJ)
    - vagy 18 hónap egylépcsős eljárásban (EBJ)



# Engedélyezés

Párhuzamosan zajlik a  
környezetvédelmi engedélyezés  
telephely-engedélyezés.

Összesen mintegy 6500 engedély!



Tianwan atomerőmű, Kína, 2015. március  
Fotó: Aszódi A.

Telephely-vizsgálati és értékelési engedély

Környezetvédelmi engedély

Telephelyengedély

Létesítési engedély (OAH, MEKH)

Építési engedélyek

Gyártási és beszerzési engedélyek

Szerelési engedélyek

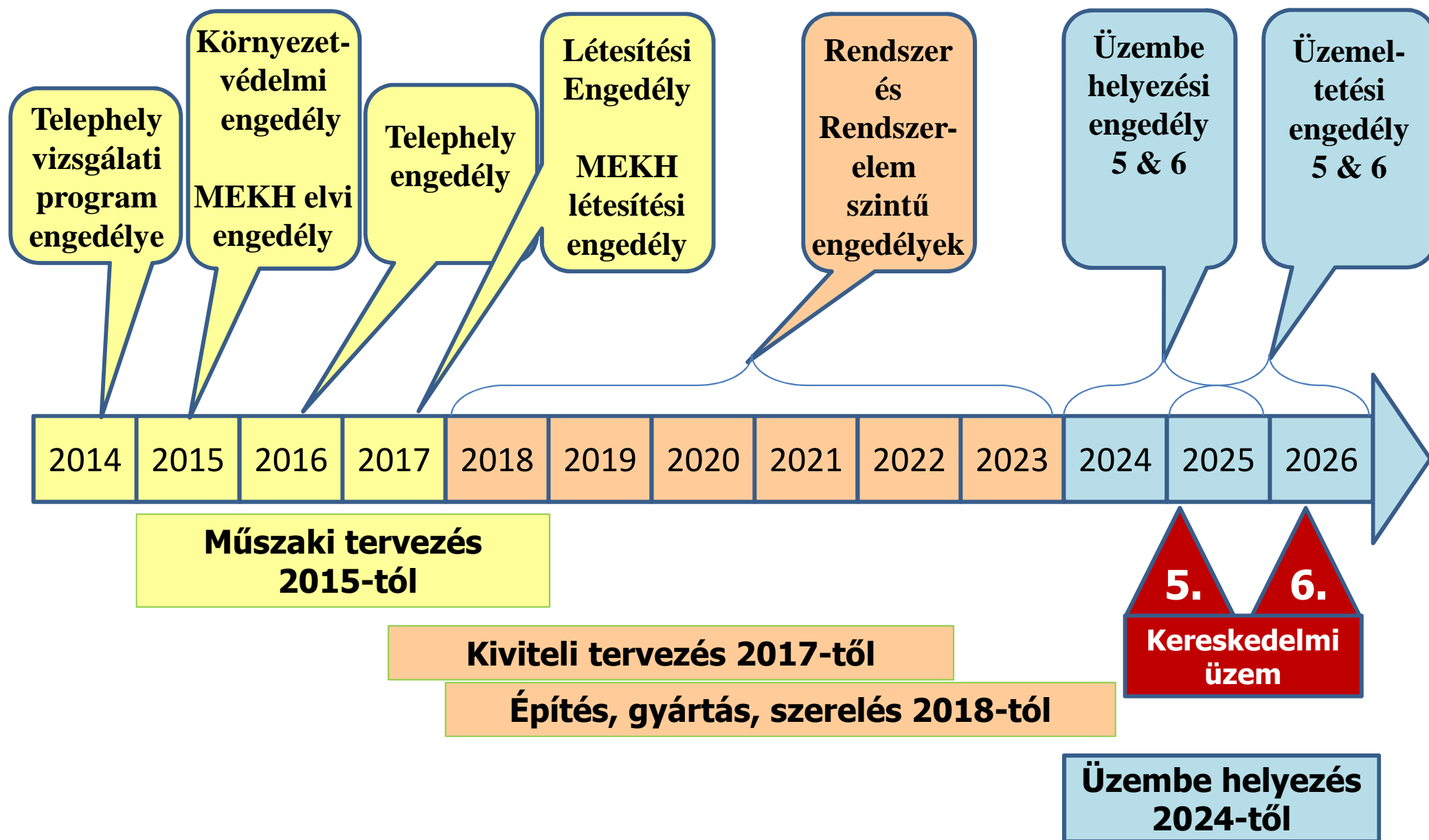
Üzembe helyezési engedély

Üzemeltetési engedély

Végleges leállítási engedély

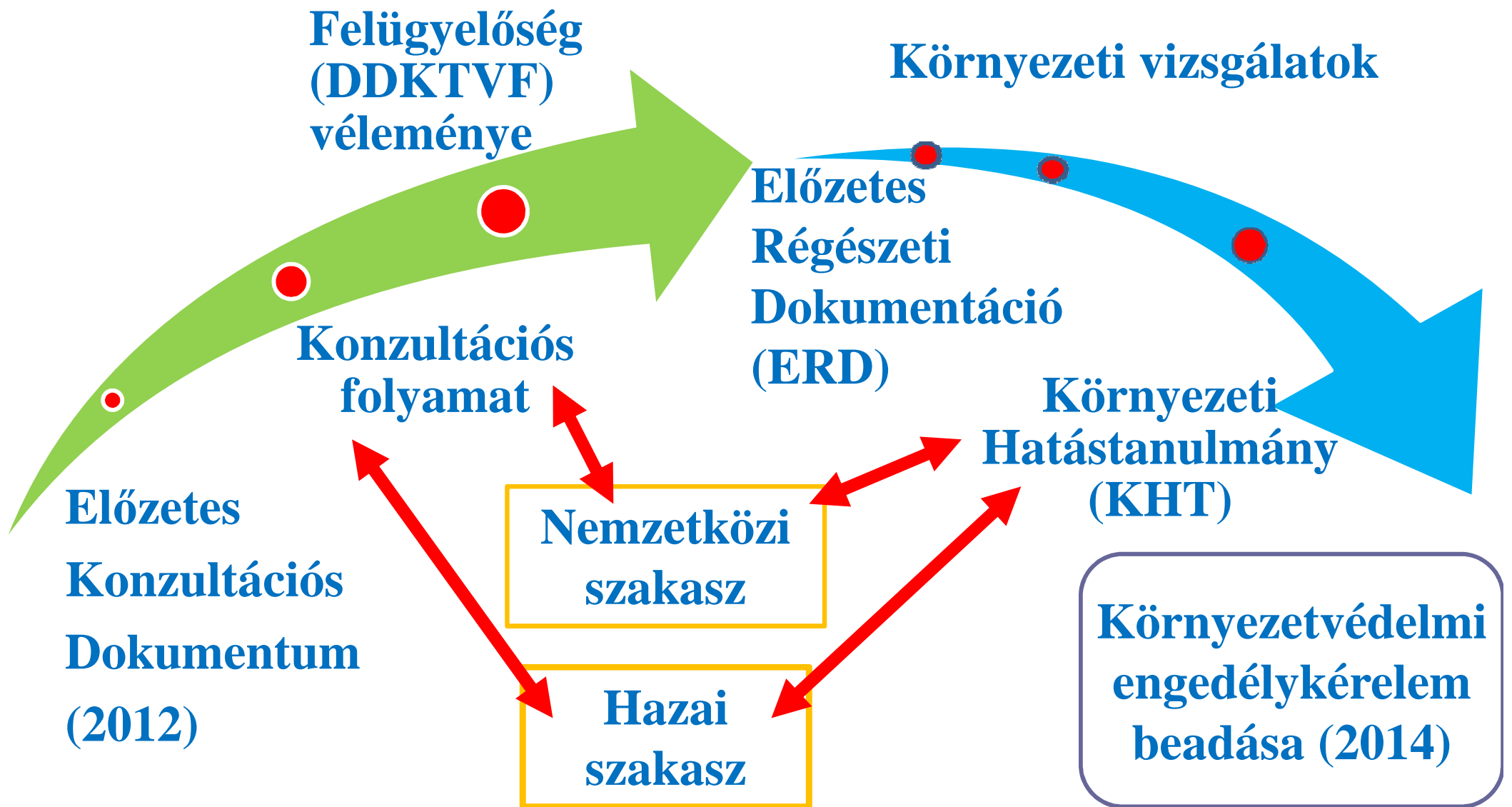
Leszerelési engedély

# Tervezett ütemterv a Paks-2 projekthez





# Környezetvédelmi engedélyezés - áttekintés



# Környezeti hatástanulmány (KHT)

- Az előzetes konzultációs dokumentációt (EKD) 2012. végén benyújtották a hatóságnak
- KHT beadva 2014.12.19.
- A teljes KHT elérhető Paks2 honlapján: [mvmpaks2.hu](http://mvmpaks2.hu)
- Milyen környezeti hatások várhatóak az új blokkoktól?
  - Az építés során: zajterhelés, levegőszennyezés, rezgések
  - Üzemelés során: hőterhelés normál üzemi radioaktív kibocsátás (üzemzavari, baleseti kibocsátást is vizsgálni kell)



## KHT fő részei:

- a beruházás alapinformációi (telephely, hűtés, műszaki jellemzők stb.);
- az új blokkok környezeti hatásai;
- a Duna hőterhelésének és vízminőségének vizsgálata;
- földtani vizsgálat;
- levegő vizsgálatok;
- zaj-, és rezgésterhelés vizsgálatok;
- radioaktív hulladékok vizsgálata;
- az élővilág és az ökoszisztéma vizsgálata;
- környezeti sugárzások, a lakosság sugárterhelésének vizsgálata;
- a beruházás társadalmi-gazdasági hatásainak vizsgálata.