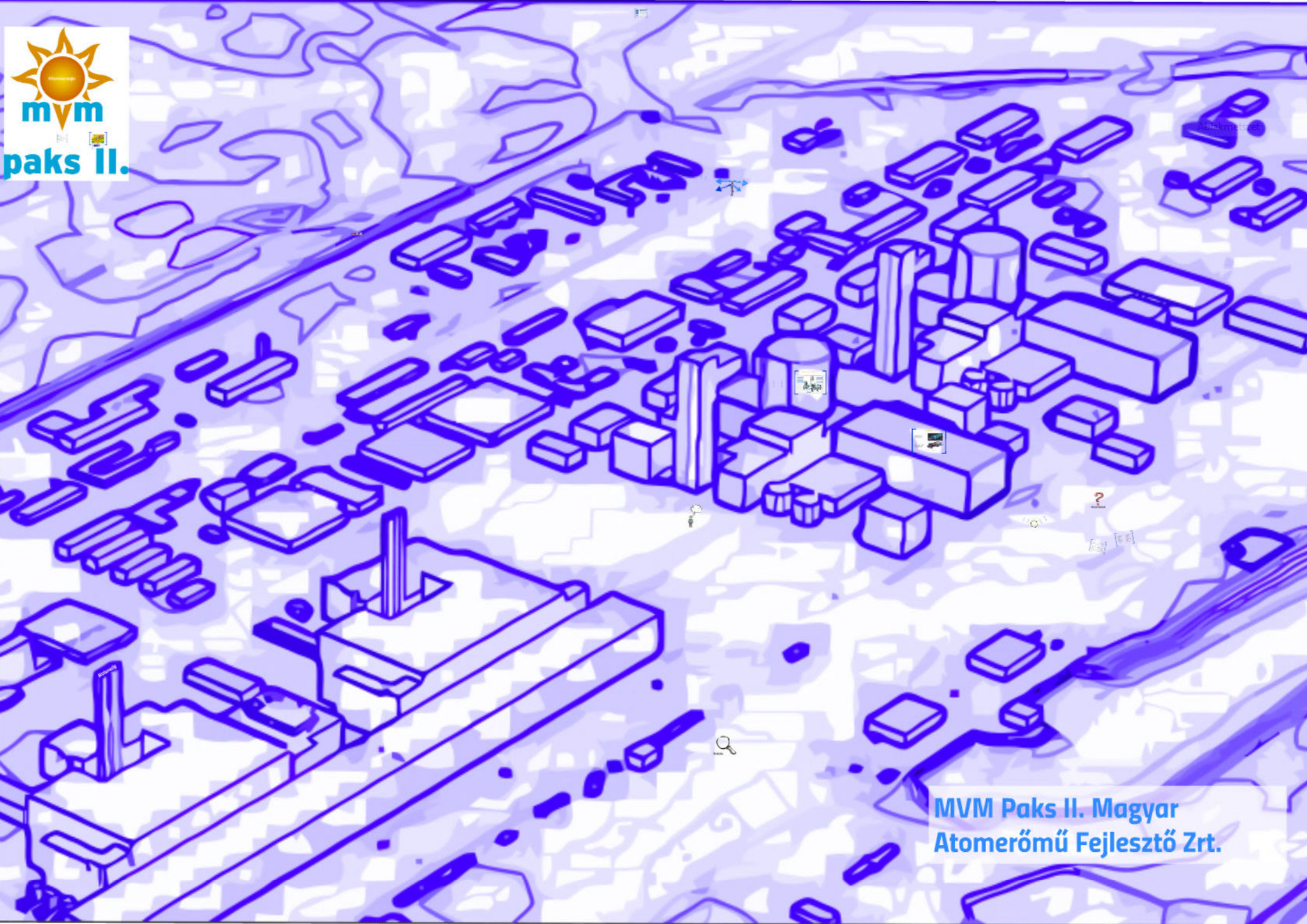




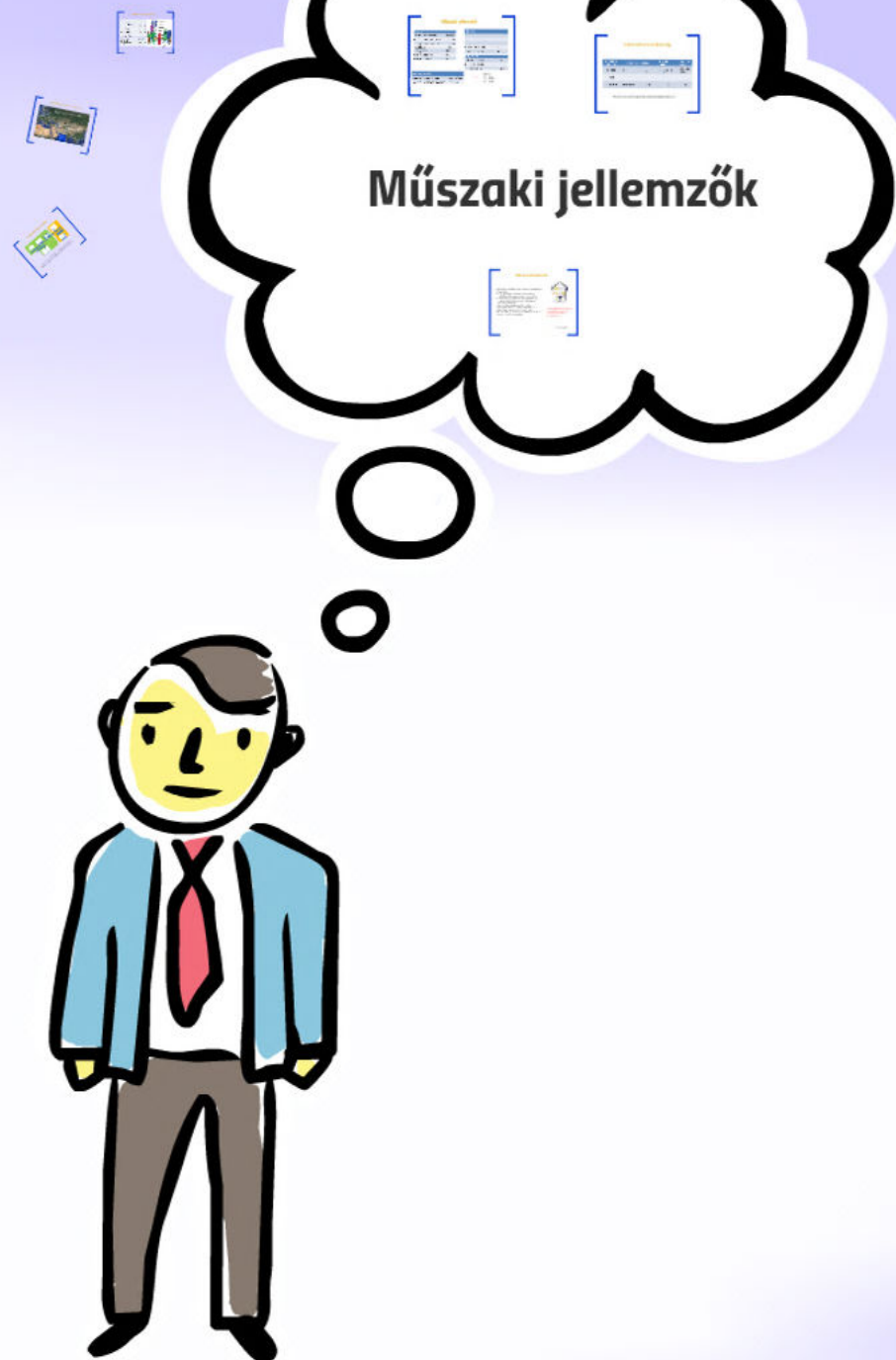


Hogyan készül Paks2

Fórum az atomerőművi kapacitás fenntartásáról

Nagy Sándor
vezérigazgató

Budapest, 2014. november 12.



Műszaki jellemzők

Műszaki jellemzők

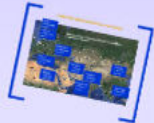
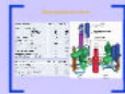
Paraméter	Érték
Állapot	Elkészült
Állapot leírása	Elkészült
Állapot dátuma	2023.09.01
Állapot helye	1000
Állapot típusa	1000
Állapot kódja	1000
Állapot neve	1000
Állapot leírása	1000
Állapot dátuma	2023.09.01
Állapot helye	1000
Állapot típusa	1000
Állapot kódja	1000
Állapot neve	1000
Állapot leírása	1000

Tekintélyesített állapot

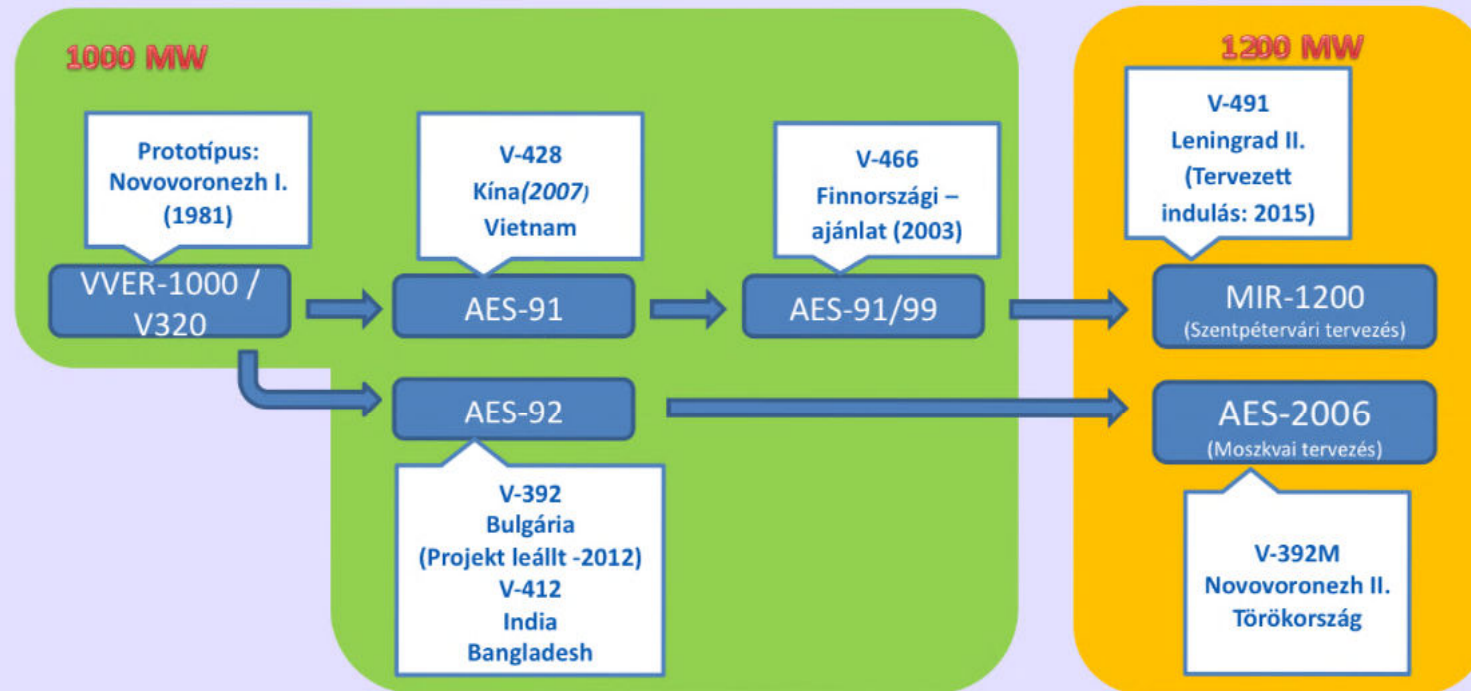
Paraméter	Érték
Állapot	Elkészült
Állapot leírása	Elkészült
Állapot dátuma	2023.09.01
Állapot helye	1000
Állapot típusa	1000
Állapot kódja	1000
Állapot neve	1000
Állapot leírása	1000
Állapot dátuma	2023.09.01
Állapot helye	1000
Állapot típusa	1000
Állapot kódja	1000
Állapot neve	1000
Állapot leírása	1000

Műszaki jellemzők

Állapot	Elkészült
Állapot leírása	Elkészült
Állapot dátuma	2023.09.01
Állapot helye	1000
Állapot típusa	1000
Állapot kódja	1000
Állapot neve	1000
Állapot leírása	1000
Állapot dátuma	2023.09.01
Állapot helye	1000
Állapot típusa	1000
Állapot kódja	1000
Állapot neve	1000
Állapot leírása	1000

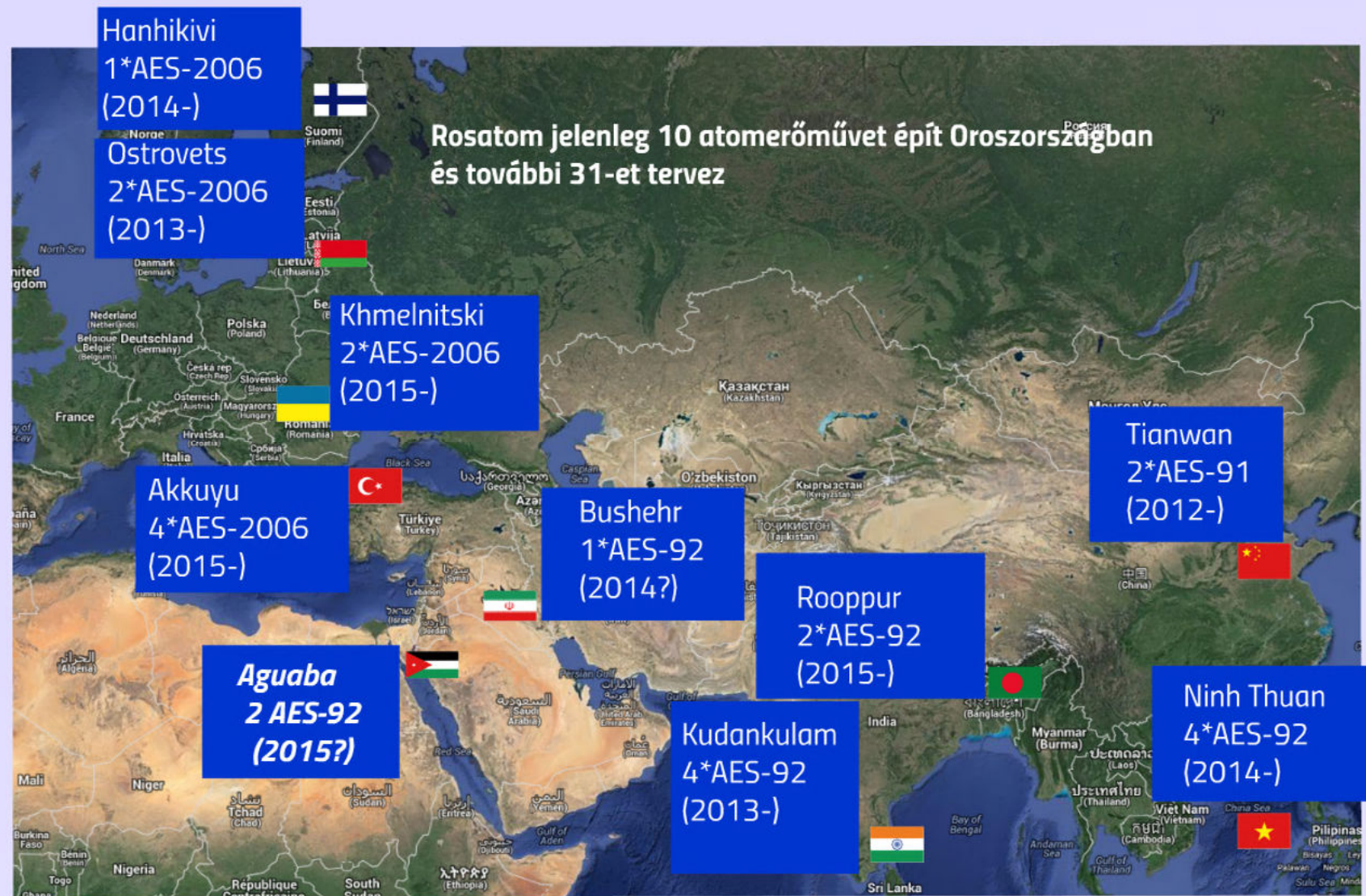


Az orosz VVER blokkok evolúciója



A VVER-1000-es típuscsalád folyamatos fejlődése során mind a már megépült blokkok tapasztalatait, mind az egyre szigorodó nukleáris biztonsági követelményeket figyelembe vették a pénzügyi (költséghatékony építkezés, versenyképes villamos energia termelés) mellett.

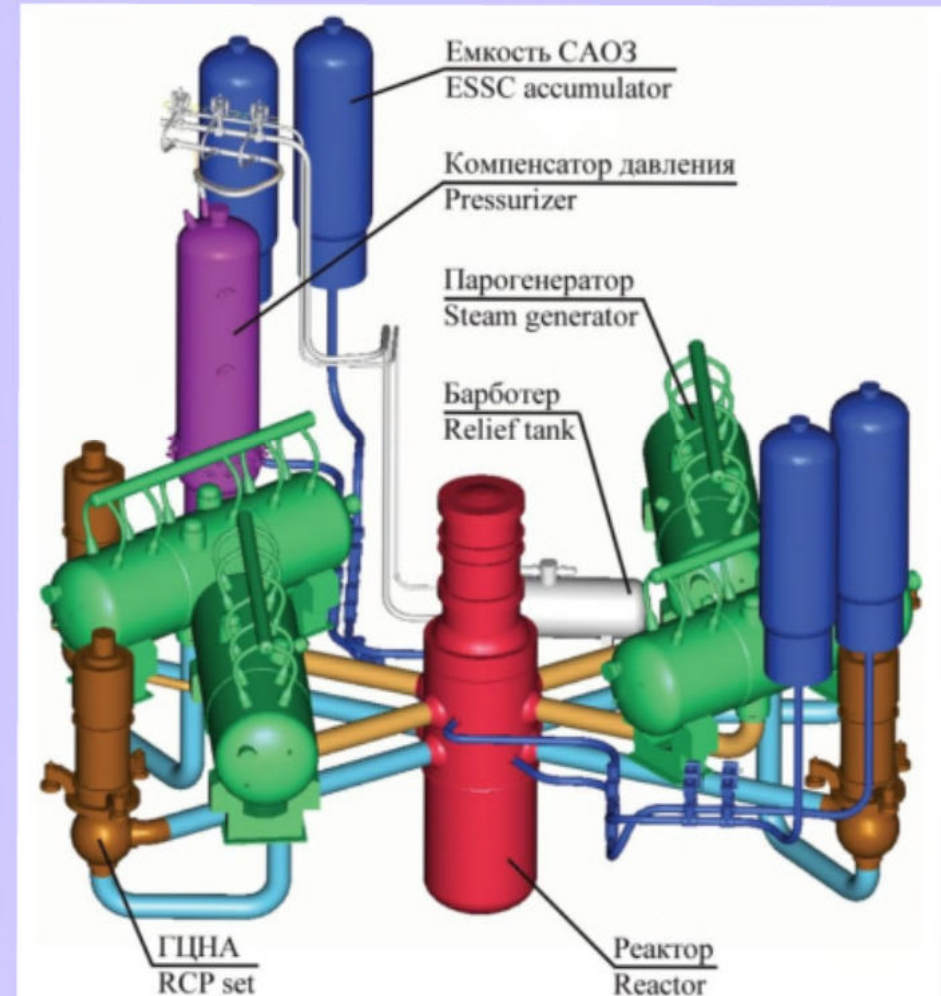
A ROSATOM külföldön épülő és tervezett blokkjai



Főbb primerköri paraméterek

Általános paraméterek	VVER-440	VVER-1200
Reaktor teljesítmény [MW]:		
villamos (bruttó):	500	1198
villamos (nettó):	475	1113
hő:	1485	3200
Termikus hatásfok:	33,7%	37,4%
Keringtető hurkok száma:	6	4
Tömegáram a zónán [m3/h]	43000	85000
Primer köri húzóközeg nyomás [MPa]	12,3	16,2
Zóna belépő hőmérséklet [°C]	271	298
Zóna kilépő hőmérséklet [°C]	303	329
Szekunder köri gőznyomás [MPa]	4,6	7
Gőzfejlesztő tápvíz hőmérséklet [°C]	223	225

Reaktortartály paraméterei	VVER-440	VVER-1200
Reaktortartály tömege [t]	215	330
Belső átmérő a zóna magasságában [mm]	3560	4250
Falvastagság a zóna magasságában [mm]	140	197,5
Tartálymagasság [mm]	11800	11185



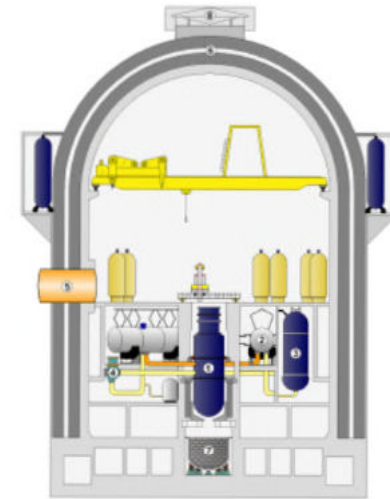
Terhelésváltoztatási képesség

Teljesítmény változás	Frekvenciaszabályozás		Teljesítmény- szabályozás	Menetrend- tartás
Mértéke	$P_{\text{névleges}} \pm 1\%$	$P_{\text{névleges}} \pm 5\%$	$P_{\text{névleges}} \pm 10\%$	50 és 100 % között
Sebessége				
Ciklusszám limit	Nincs limitálva	$7 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	15 000

Üzemzavari le és felterhelések külön ciklusszámokkal rendelkeznek!

Főbb tervezési jellemzők

- A bizonyítottan kipróbált tervezési alapelvek és berendezések felhasználása
- Duplafalú konténment (4 bar nyomásra méretezett)
- 4 különálló aktív biztonsági rendszer(4x100%, 4x50%)
- A tervezésen túli üzemzavarok kezelése (olvadékcsapda, hidrogén rekombinátorok, üzemzavari hűtés) passzív rendszerek alkalmazásával
- Megnövelt földrengésállóság 0,25 g - 0,35 g
- 72 óra függetlenség a külső villamos betáplálástól
- Főbb tartályok-medencék a konténmenten belül
- Maximális diverzitás és funkcionális redundancia kialakítása
- Az emberi tényezők minimalizálása



Az AES-2006 kielégíti az Európai és a nemzetközi atomerőművek biztonságára vonatkozó követelményeket.

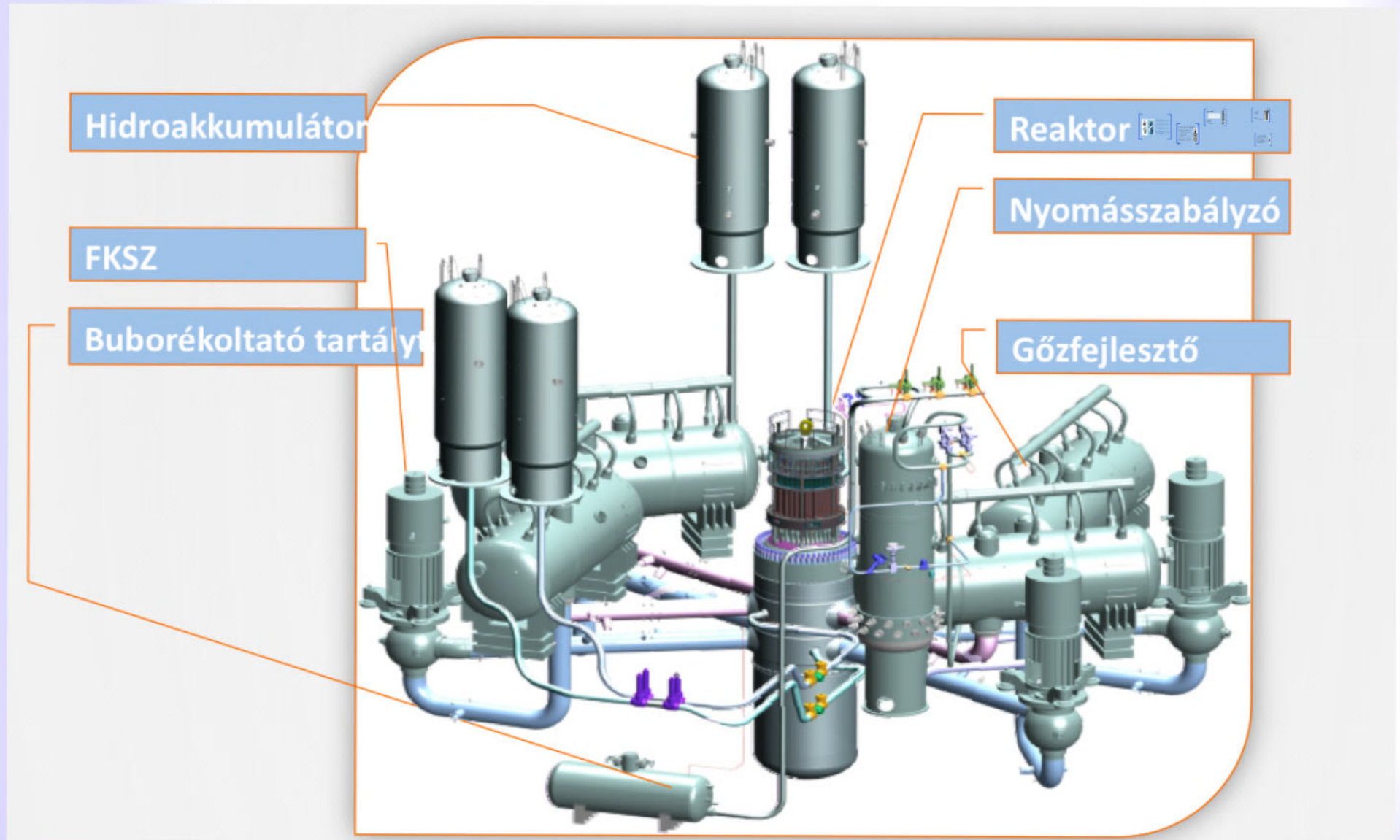
Forrás: Rosatom



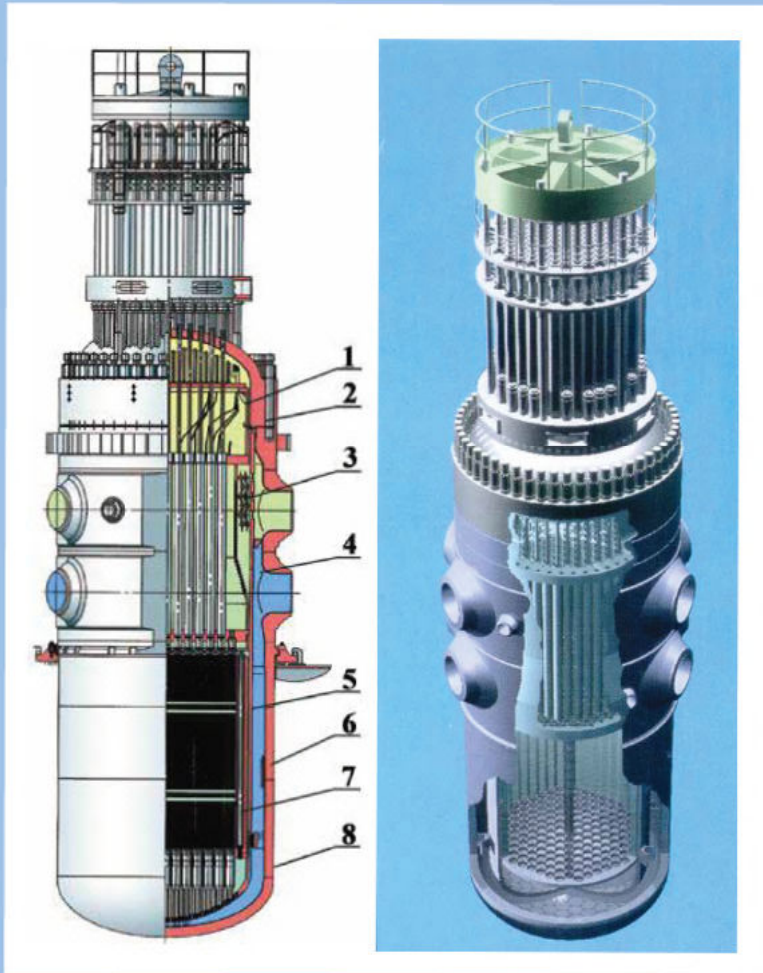
2014



Nukleáris sziget - elvi elrendezés



Reaktor

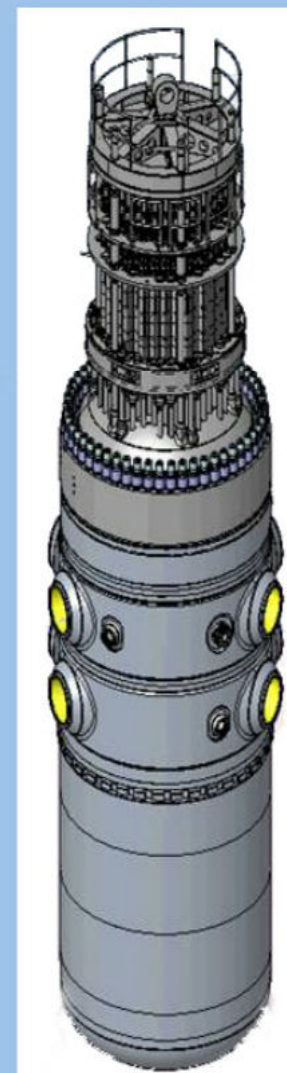


- | | |
|----|--------------------------------|
| 1. | Mérőműszerek |
| 2. | Felsőblokk |
| 3. | Perforáció, kilépő csomagtartó |
| 4. | Belépő csomagtartó |
| 5. | Reaktor akna |
| 6. | Mintaűző |
| 7. | Reaktorzóna |
| 8. | Reaktortartály |

Reaktor

Az AES-2006 tervezésétől fogva az RP V-320 reaktor tartályt új fejlesztések alkalmazásával úgy tervezik, hogy az élettartama 60 év legyen a következők szerint:

- Új anyagvizsgálati program (a tartály anyagminta közvetlenül a reaktortartály falánál került elhelyezésre);
- A hegesztési varratban a Ni tartalom korlátozása;
- A káros szennyező anyagok tartalmának korlátozása az alapfémekben és a hegesztési varratban;
- Továbbfejlesztett gyártási technológia;
- A reaktortartály falát érő neutronfluxus csökkentése (tartály átmérő növelése)
- Jobb zóna hűtési tulajdonság hőhordozó veszteses üzemzavar során;
- Az FKSZ és GF karbantartó személyzet csökkentett dózisa;
- Nagyobb számú szabályzó rudak alkalmazása;
- Nagyobb megbízhatóságú reaktor tartályt érő neutron fluens monitorozó rendszer



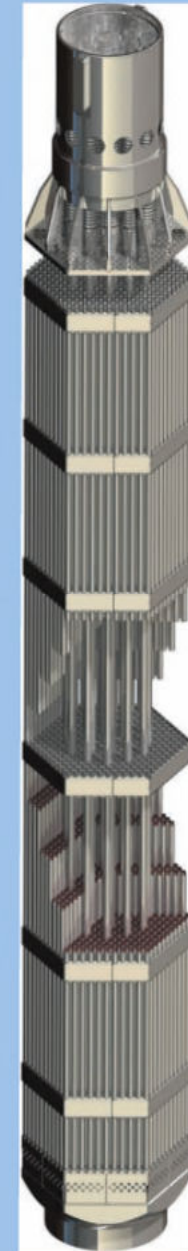
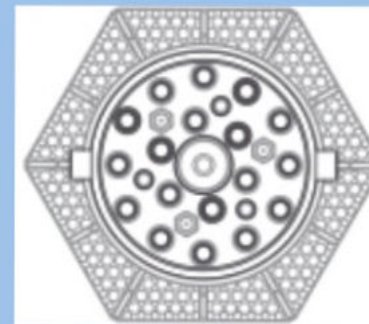
Aktív zóna

- **Hexagonális keresztmetszet**
- **Szabályzórod-köteges reaktivitás szabályzás**

Zóna paraméterek	VVER-440	VVER-1200
Üzemanyag-kazetták száma	349	163
Szabályzórudak száma	37	121
UO ₂ töltet tömege [t]	42	86
Maximális lineáris telj.sűrűség [W/cm]	325	420
Zóna átmérő [mm]	2880	3130
Zóna magasság [mm]	2500	3730

TVS-2006 üzemanyag kazetta

- 312 db üzemanyagpálca
- 4570 mm kazettamagasság
- 235 mm laptávolság
- 340 mm a távtartók között
- Zr-1%Nb burkolat és távtartók
- 70 MWd/kgU maximális kiégés
- 534 kg UO₂



Nukleáris üzemanyag

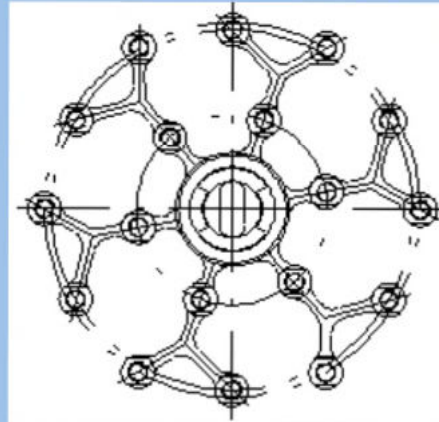
- A nukleáris üzemanyag tartalmazhat friss urán, MOX és reprocesszált urán hasadóanyagot
- A reaktorban 85 tonna nukleáris üzemanyag található
- Egy üzemanyag-töltettel 12-18 hónapig képes megszakítás nélkül üzemelni a reaktor, ezután a töltet egy részét lecserélik, egy üzemanyag-köteg 4,5-6 évet tölt az aktív zónában
- A nukleáris üzemanyag biztonságát sokéves üzemeltetési tapasztalat szavatolja
- A kiégett üzemanyag visszaszállítható az Oroszországi Föderáció területére, ott reprocesszálhatók, hogy új fűtőelem-kötegeket hozzanak belőlük létre



Reaktivitás-szabályzás

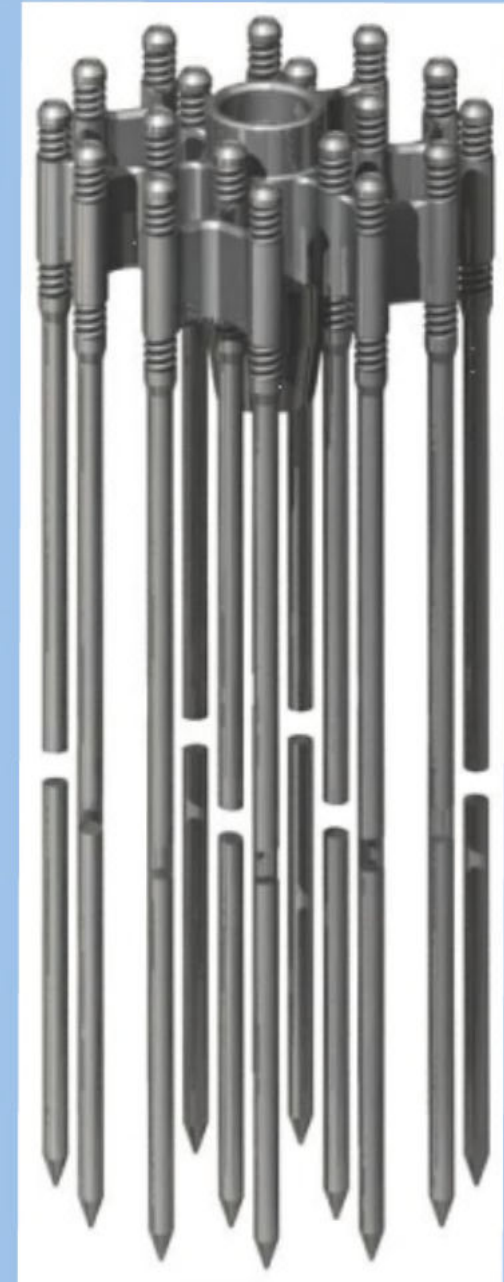
- **121 db szabályzóórúd klaszter kazetta**

- 18 db pálca kazettánként
- Alsó 30 cm $Dy_2O_3TiO_2$
- Felette 348 cm B_4C
- 10 éves élettartam
- 2,5 sec leesési idő



- **Gyorsbórozó rendszer**

- 4 nagyteljesítményű szivattyú
- 2 szivattyú is elég a reaktor gyors leállításához



Főberendezések

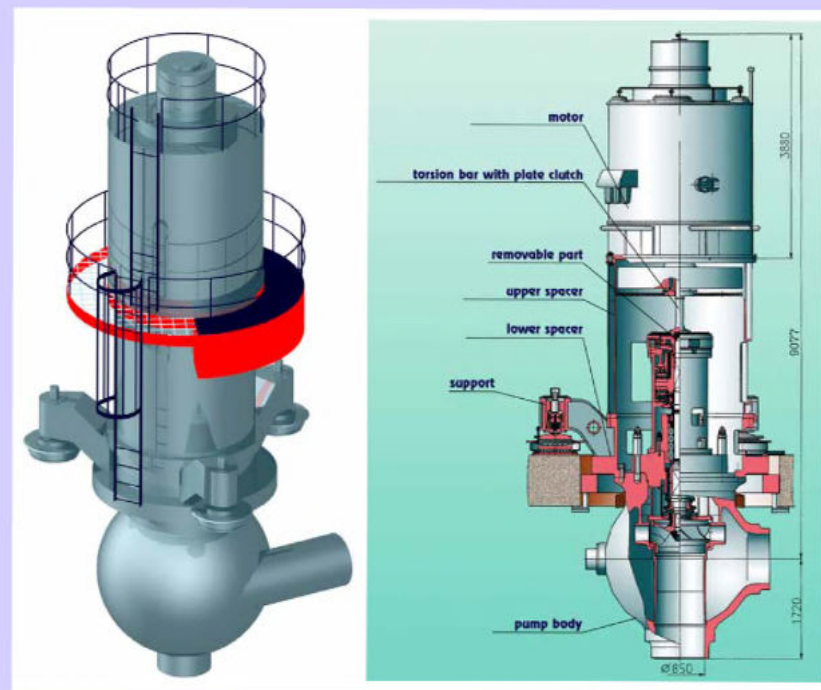
Gőzfejlesztő

Fekvő elrendezés, 4 db
Hossz: 13820 mm
Belső átmérő: 4200 mm
Hőátadó csövek száma: 10978
Hőátadó felület: 6105 m²
Összsúly: 330 t



Főkeringtető szivattyú

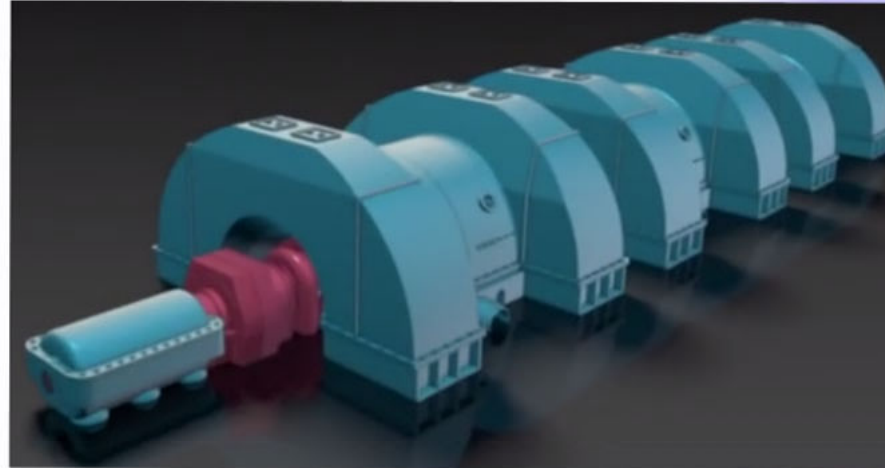
GF-ként 1 db FKSZ
Frekvencia: 50 Hz
1 fokozatú centrifugál szivattyú
Szállított mennyiség: 21500 t/óra
Nyomásemelés: 5,88 bar
Fordulatszám: 1/perc



Főberendezések

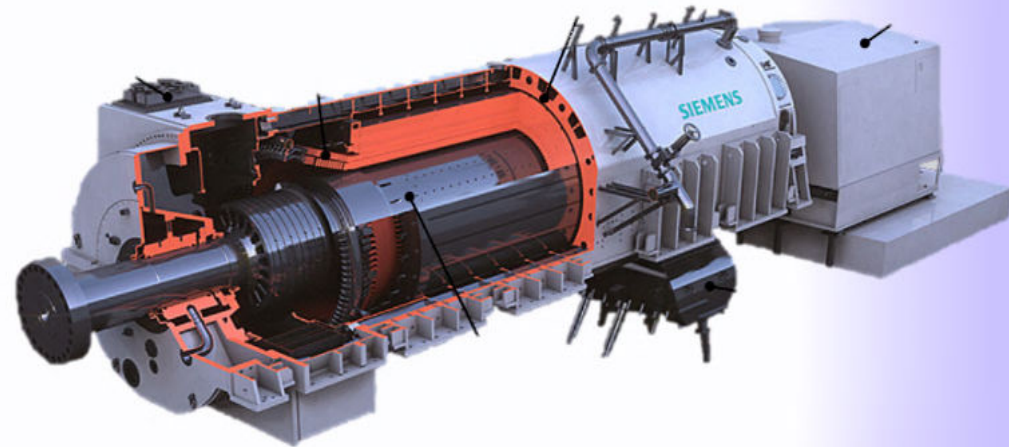
Turbina

Teljesítmény: 1200MW
Frissgőznyomás: 68 bar
Fordulatszám: 1500/perc



Generátor

Hatásos teljesítmény: 1200 MW
Teljesítménytényező: 0.90
Kapocsfeszültség: 27 kV

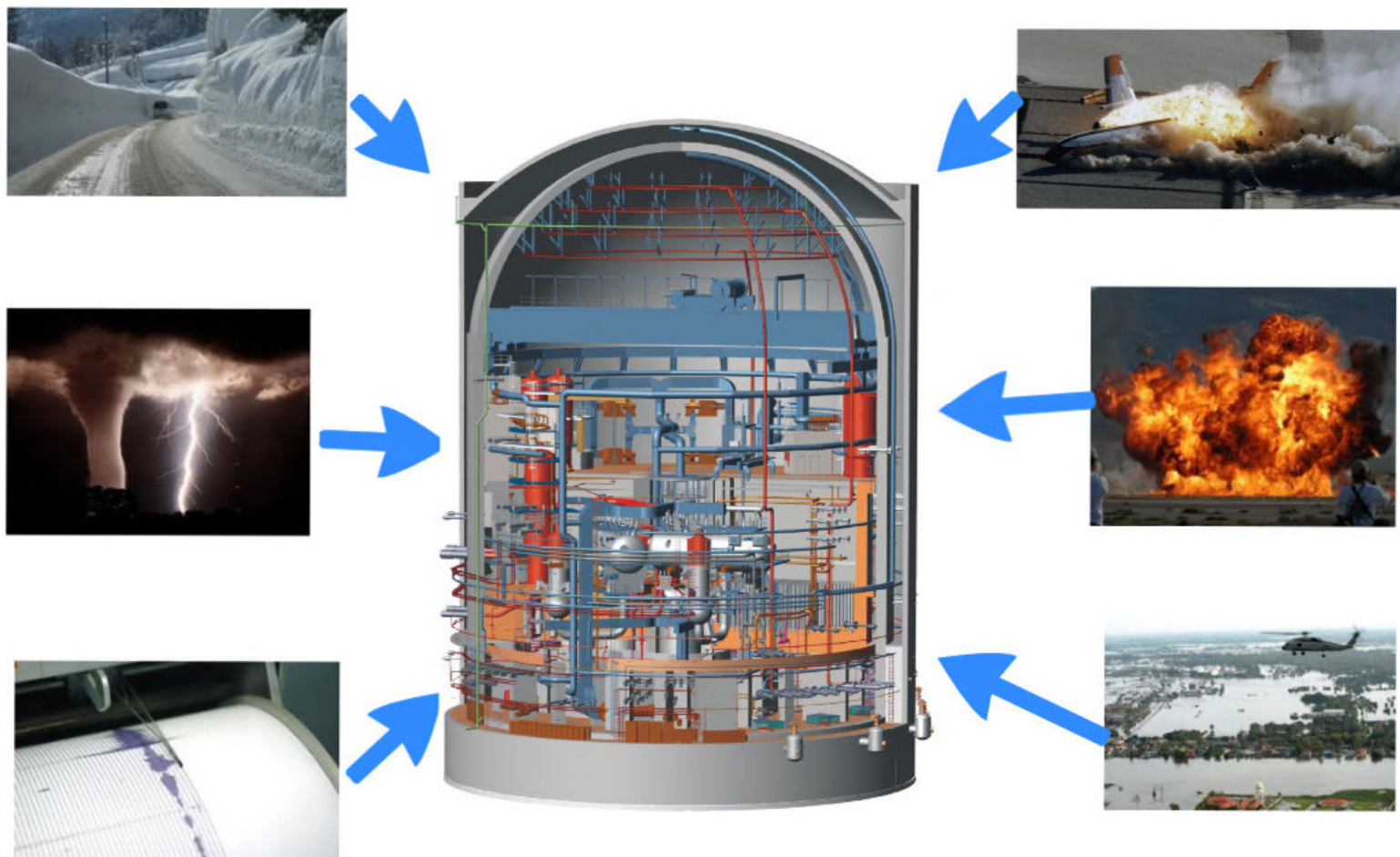


A képek csak illusztrációk

Biztonság



A külső hatások elleni védelem

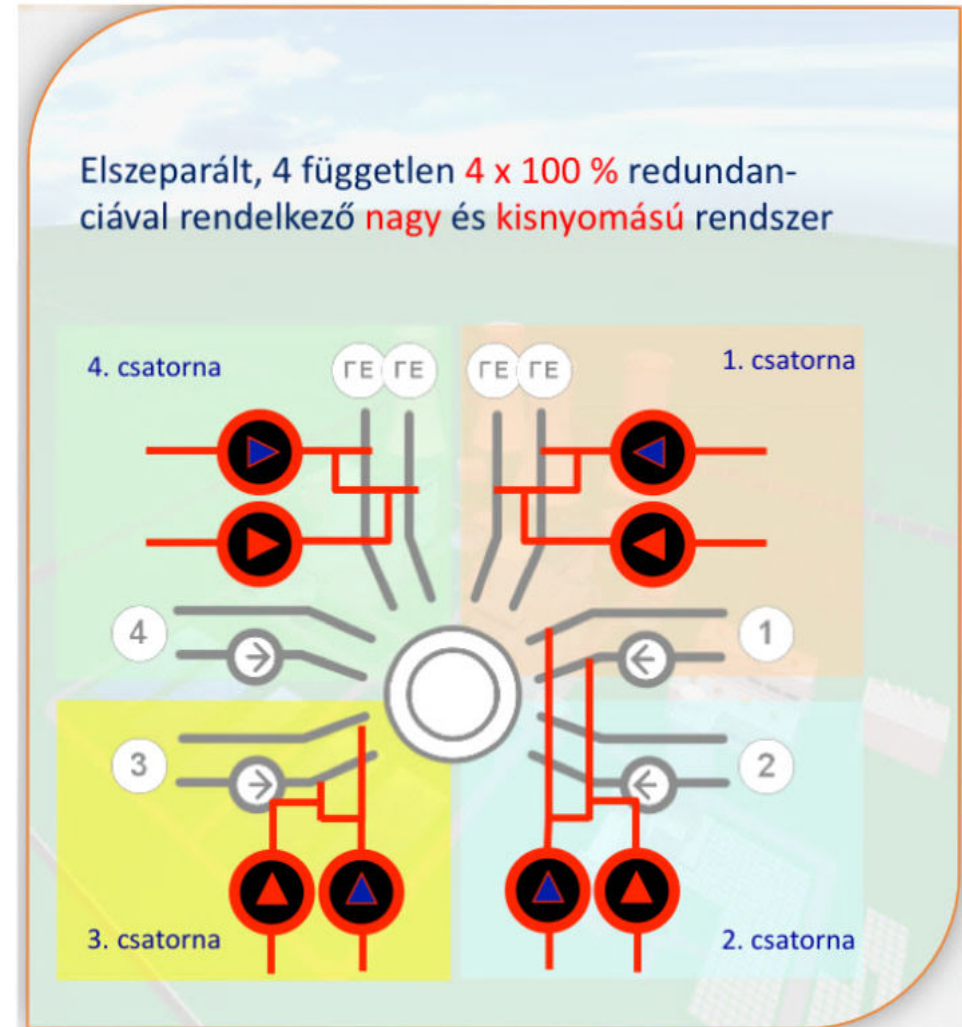


Forrás: Rosatom

Zóna üzemzavari hűtő rendszerek -aktív

Nagynyomású (**NNY ZÜHR**) és kisnyomású (**KNY ZÜHR**) befecs-kendező rendszerek a teljes spektrumú csőtörések, egészen a DN850-es főkeringtető vezeték törésekor fellépő hőhordozó veszteses üzemzavarok során juttatnak be bőrolдатot a hőhordozóba.

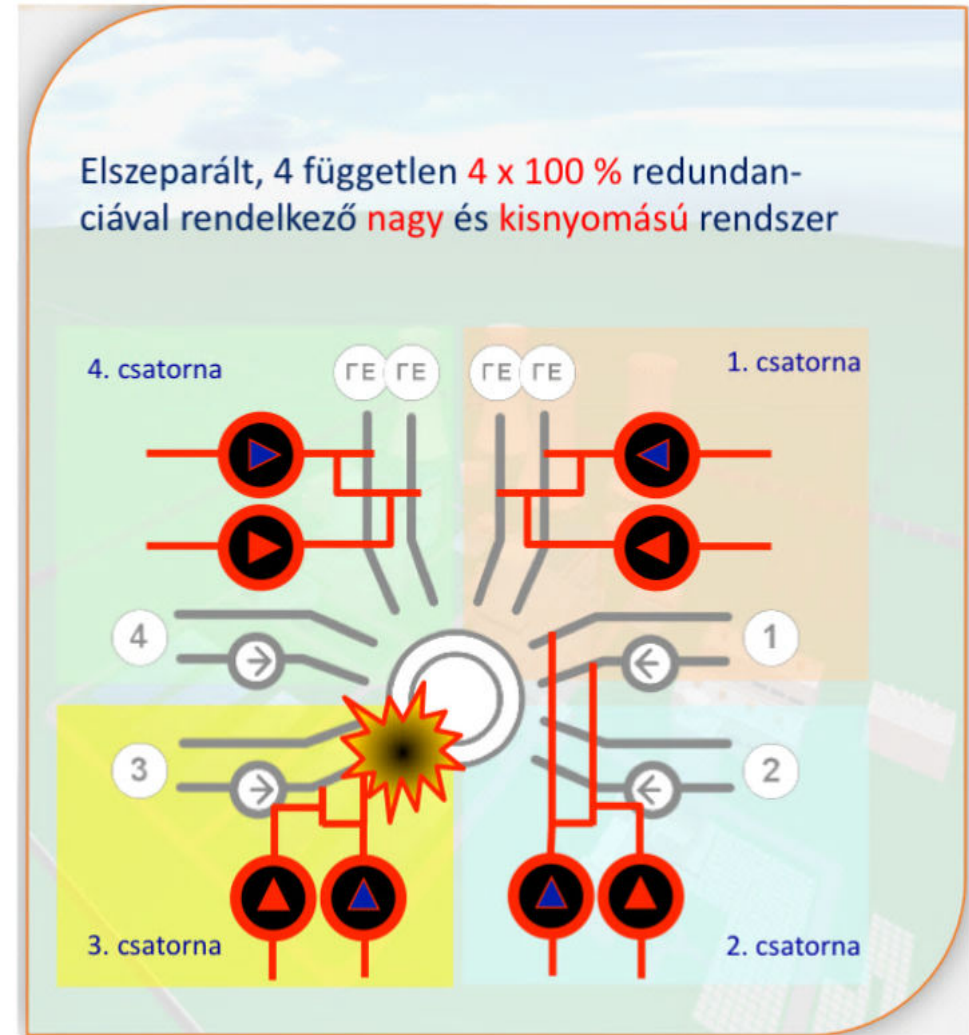
Paraméter		Érték
p	NNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	7,9
F	NNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	260
p	KNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	2,5
F	KNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	900
c	H ₃ BO ₃ koncentráció [g/kg]	16



Zóna üzemzavari hűtő rendszerek -aktív

Nagynyomású **(NNY ZÜHR)** és kisnyomású **(KNY ZÜHR)** befecs-kendező rendszerek a teljes spektrumú csőtörések, egészen a DN850-es főkeringtető vezeték törésekor fellépő hőhordozó veszteses üzemzavarok során juttatnak be bőrolдатot a hőhordozóba.

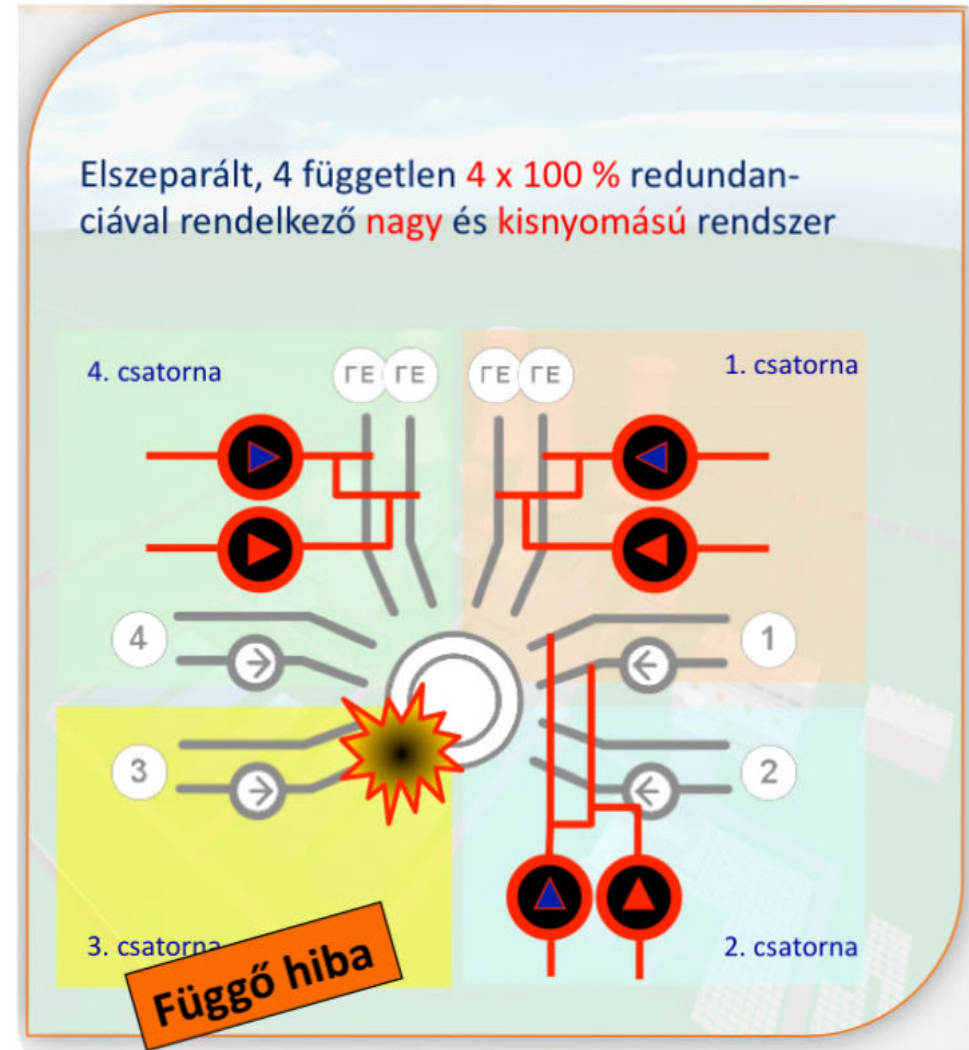
Paraméter		Érték
p	NNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	7,9
F	NNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	260
p	KNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	2,5
F	KNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	900
c	H ₃ BO ₃ koncentráció [g/kg]	16



Zóna üzemzavari hűtő rendszerek -aktív

Nagynyomású **(NNY ZÜHR)** és kisnyomású **(KNY ZÜHR)** befecs-kendező rendszerek a teljes spektrumú csőtörések, egészen a DN850-es főkeringtető vezeték törésekor fellépő hőhordozó veszteses üzemzavarok során juttatnak be bőrolдатot a hőhordozóba.

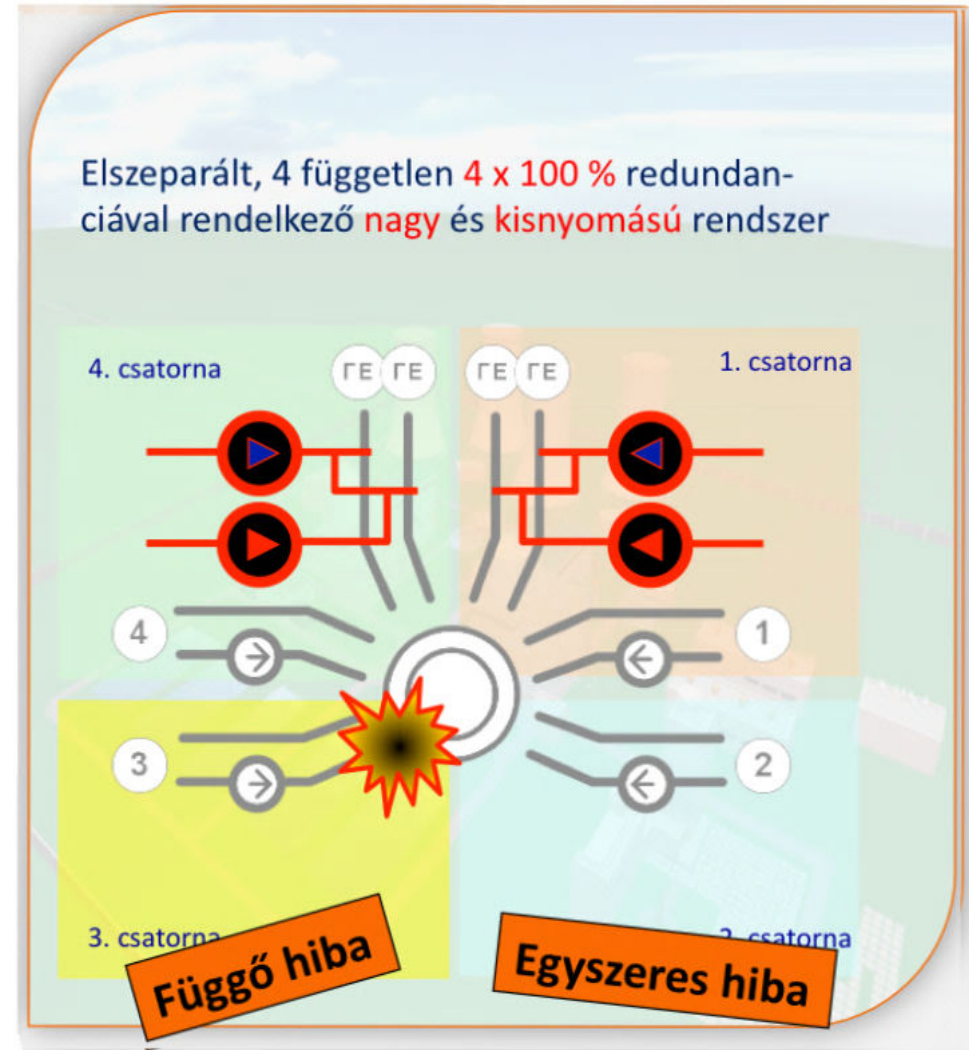
Paraméter		Érték
p	NNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	7,9
F	NNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	260
p	KNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	2,5
F	KNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	900
c	H ₃ BO ₃ koncentráció [g/kg]	16



Zóna üzemzavari hűtő rendszerek -aktív

Nagynyomású **(NNY ZÜHR)** és kisnyomású **(KNY ZÜHR)** befecs-kendező rendszerek a teljes spektrumú csőtörések, egészen a DN850-es főkeringtető vezeték törésekor fellépő hőhordozó veszteses üzemzavarok során juttatnak be bőrolдатot a hőhordozóba.

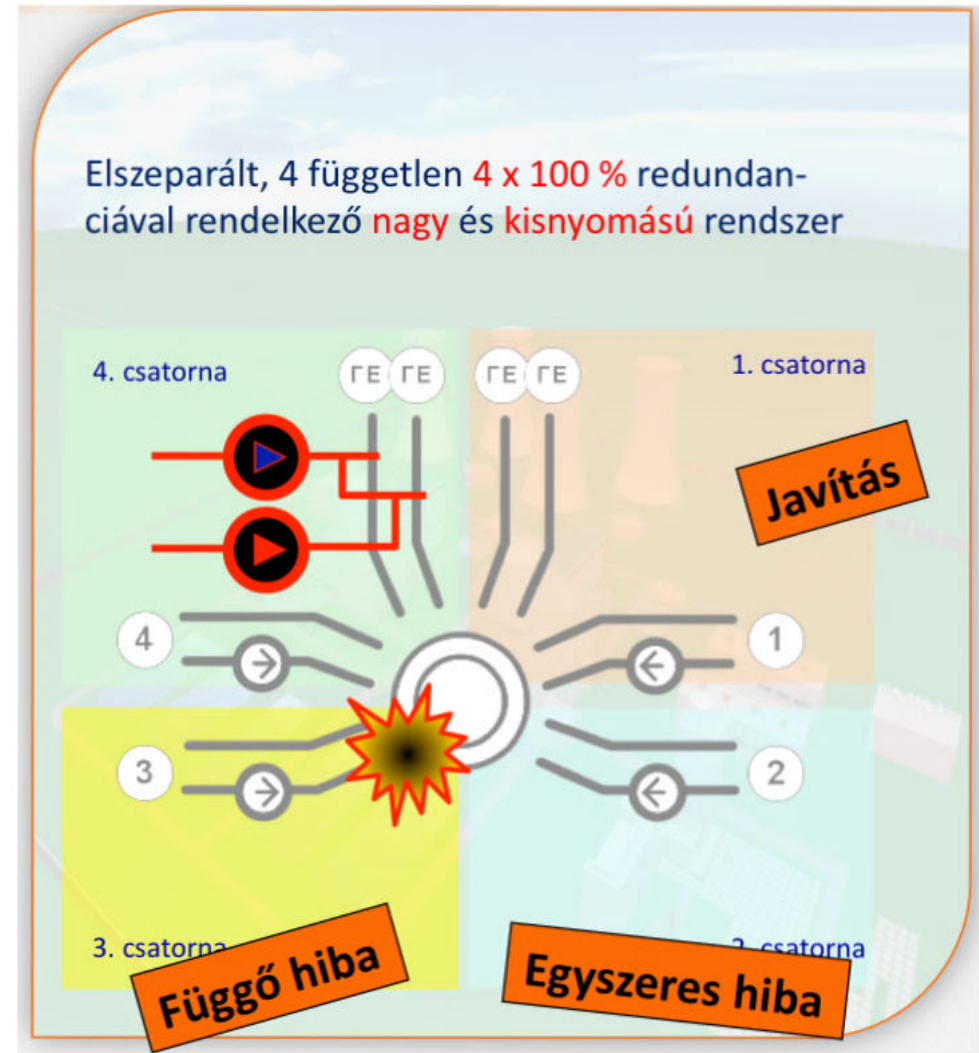
Paraméter		Érték
p	NNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	7,9
F	NNY ZÜHR max. forgalom [m³/h]	260
p	KNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	2,5
F	KNY ZÜHR max. forgalom [m³/h]	900
c	H ₃ BO ₃ koncentráció [g/kg]	16



Zóna üzemzavari hűtő rendszerek -aktív

Nagynyomású **(NNY ZÜHR)** és kisnyomású **(KNY ZÜHR)** befecs-kendező rendszerek a teljes spektrumú csőtörések, egészen a DN850-es főkeringtető vezeték törésekor fellépő hőhordozó veszteses üzemzavarok során juttatnak be bőrolдатot a hőhordozóba.

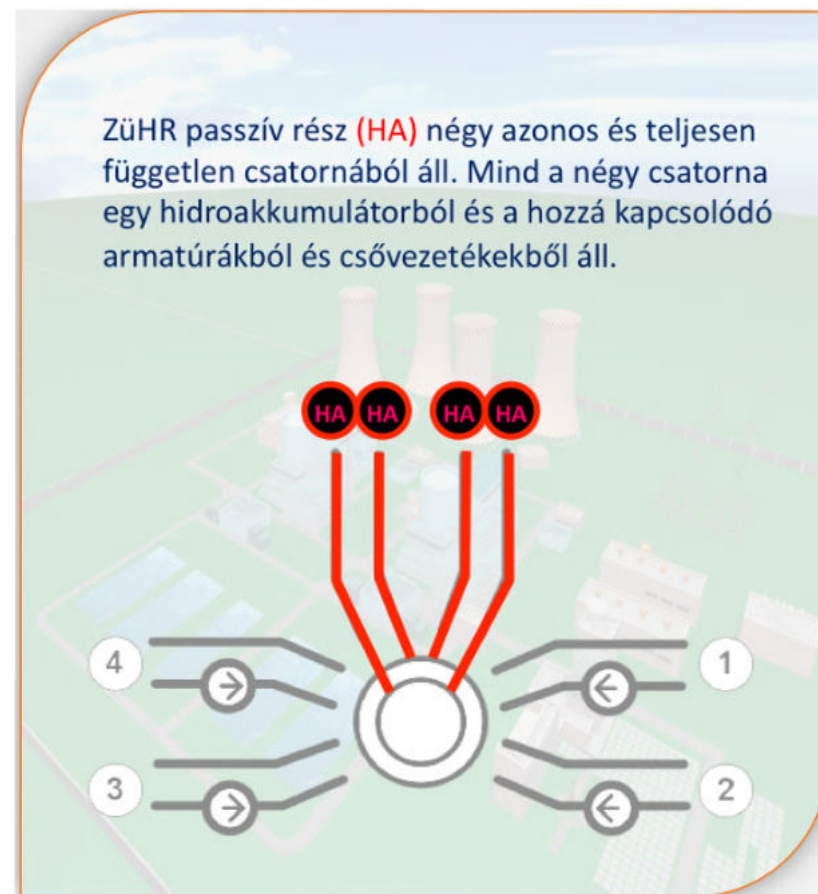
Paraméter		Érték
p	NNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	7,9
F	NNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	260
p	KNY ZÜHR max. nyomás [MPa]	2,5
F	KNY ZÜHR max. forgalom [m ³ /h]	900
c	H ₃ BO ₃ koncentráció [g/kg]	16



Zóna üzemzavari hűtő rendszerek -passzív

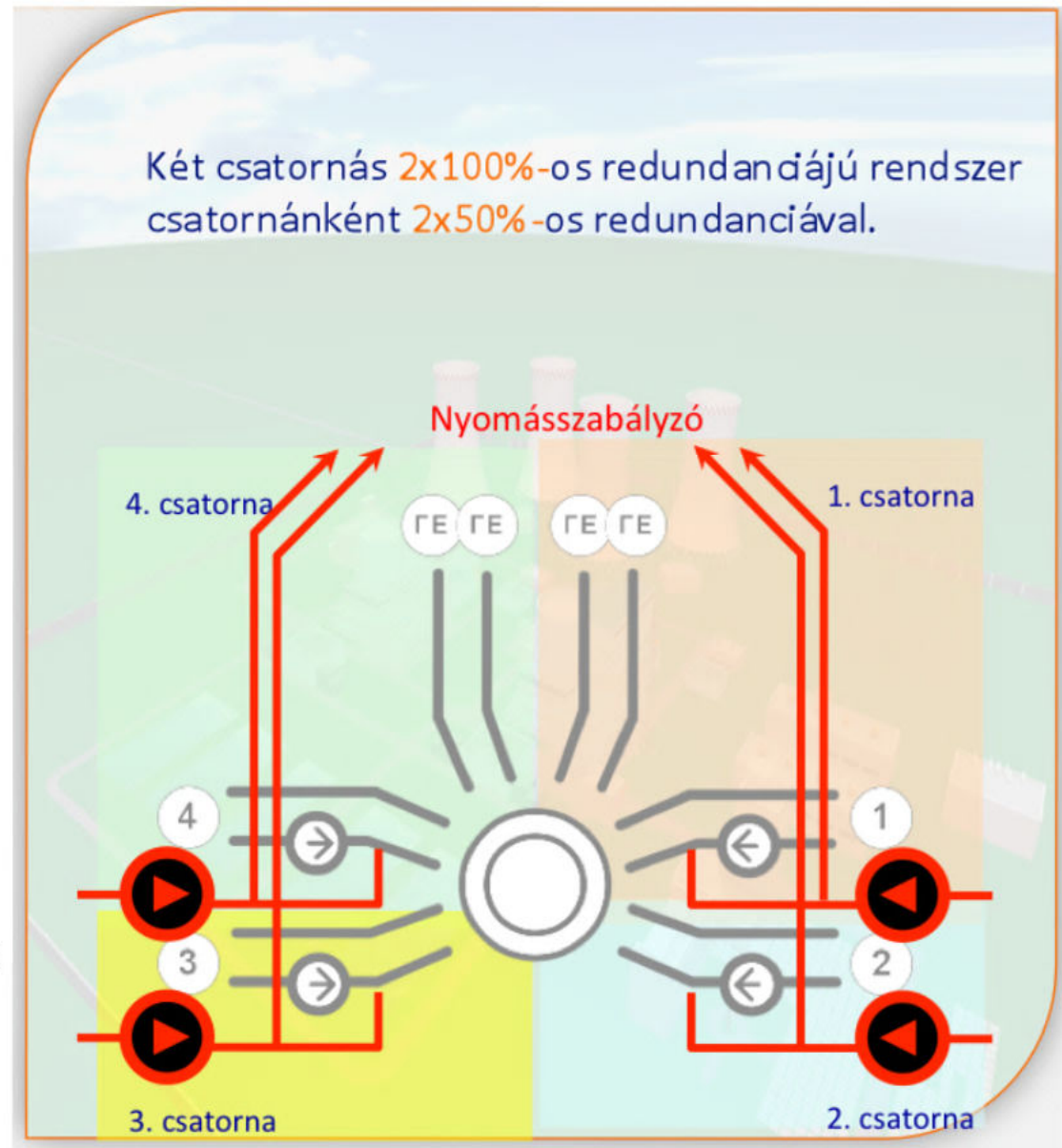
Zóna üzemzavari hűtő rendszer passzív része **(HA)** bóroltat hőhordozóba való bejuttatására tervezett a primerkör hőhordozó veszteses üzemzavara során **5,9 MPa** alá történő lecsökkenése esetén biztosítva a zóna hűtését a KNY ZÜHR rendszer belépéséig.

Paraméter		Érték
N	Csatornák szám [db]	4
p	Névleges nyomás [Mpa]	5,9
c	H ₃ BO ₃ koncentráció [g/kg]	16
V	Tartály/bóroltat térfogat [m ³]	60 / 50



Üzemzavari bóradagoló tervezési alap:

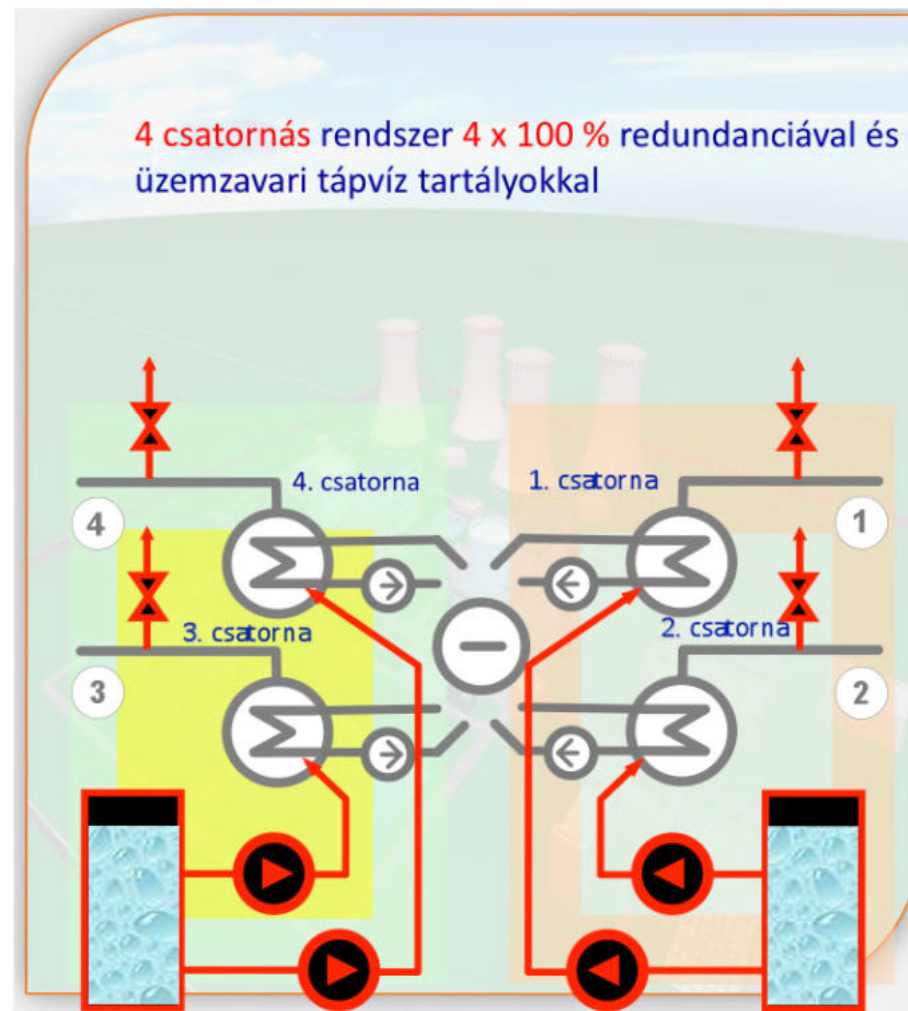
- Bóroldat befecskendezés a nyomásszabályzóba **primerkörből-szekunderkörbe történő folyás (PRISE)** üzemzavar esetén a primerköri nyomás gyors csökkentése érdekében;
- Bóroldat befecskendezés a primerkörbe gyors szubkritikus állapot elérése érdekében reaktorvédelmi működés elmaradás **(ATWS)** üzemzavar esetén;
- Üzemzavari bóradagoló rendszer szívóága két 40 g/kg-os egyenként 150 m³ bóroldat tartályhoz van csatlakoztatva



Üzemzavari tápvíz rendszer (KÜTSZ)

Üzemzavari tápvíz rendszer a gőzfejlesztők üzemzavari tápvíz ellátását biztosítja, amikor a normál vagy a segéd tápvíz rendszer nem áll rendelkezésre.

Paraméter		Érték
F	Szivattyú szállított menny. [t/h]	150
T	Tápvíz hőmérséklet [°C]	5 - 40
N	Tartályok száma [db]	2 + 1
V	Tartályok térfogata [m ³]	700
D	Nyomástartás / lehűtés során speciális lehűtési sebesség beállítása	Igen

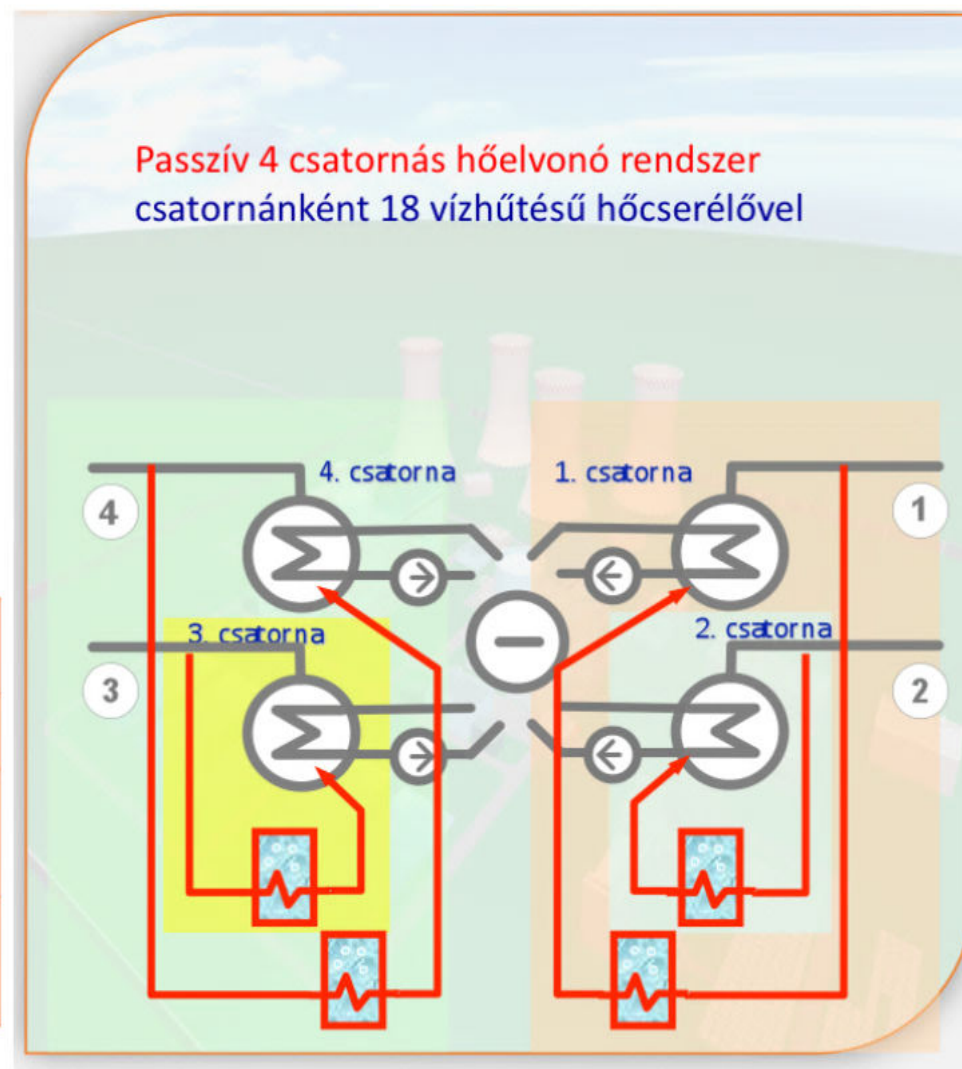


Passzív hőelvonó rendszer

A passzív hőelvonó rendszer a gőzfejlesztőkön keresztül az aktív zónában termelődő remanens hő végső hőelvonását biztosítja a tervezési alapba tartozó üzemzavarokon túli esetekben

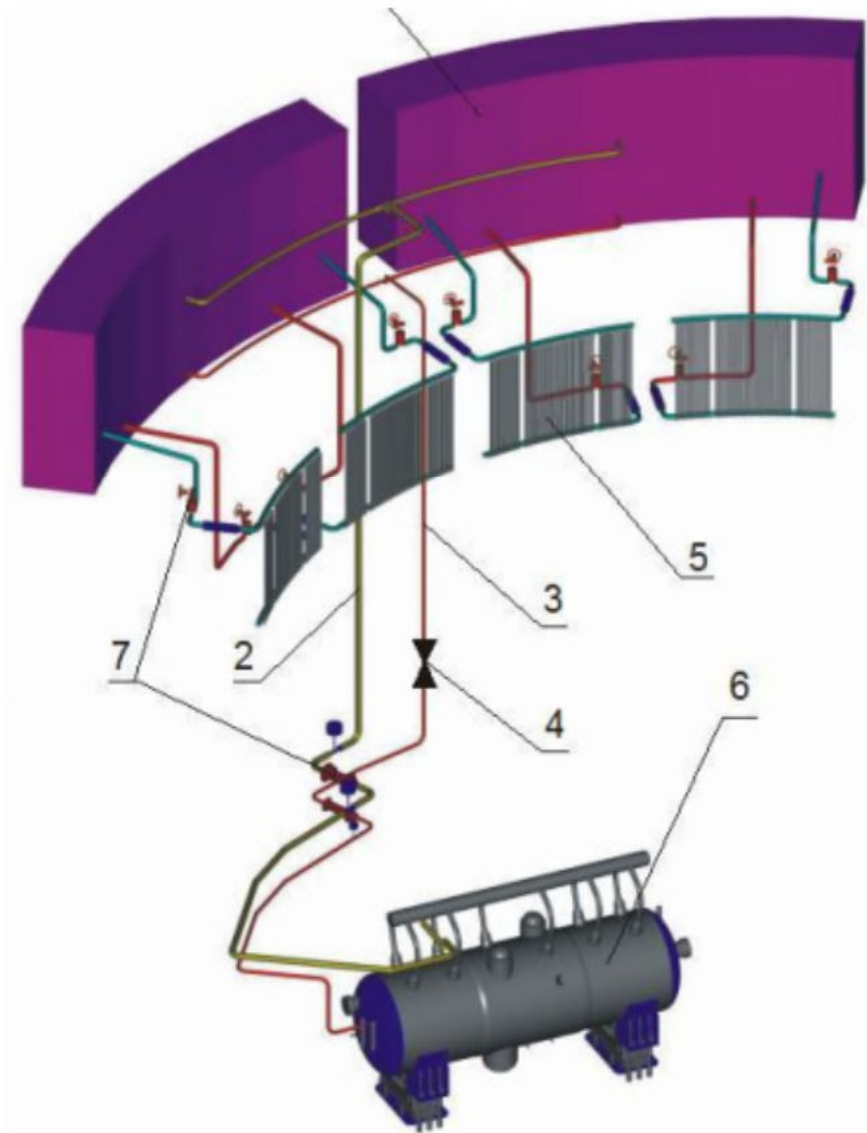
(DBDA – beyond design basis accident - súlyos balesetek)

Parameter	Value
Hőteljesítmény [MW]	200
Csatornánkénti hőcserélők száma [db]	18
Üzemzavari hőelvonó tartályok térfogata [m ³]	4 x 540



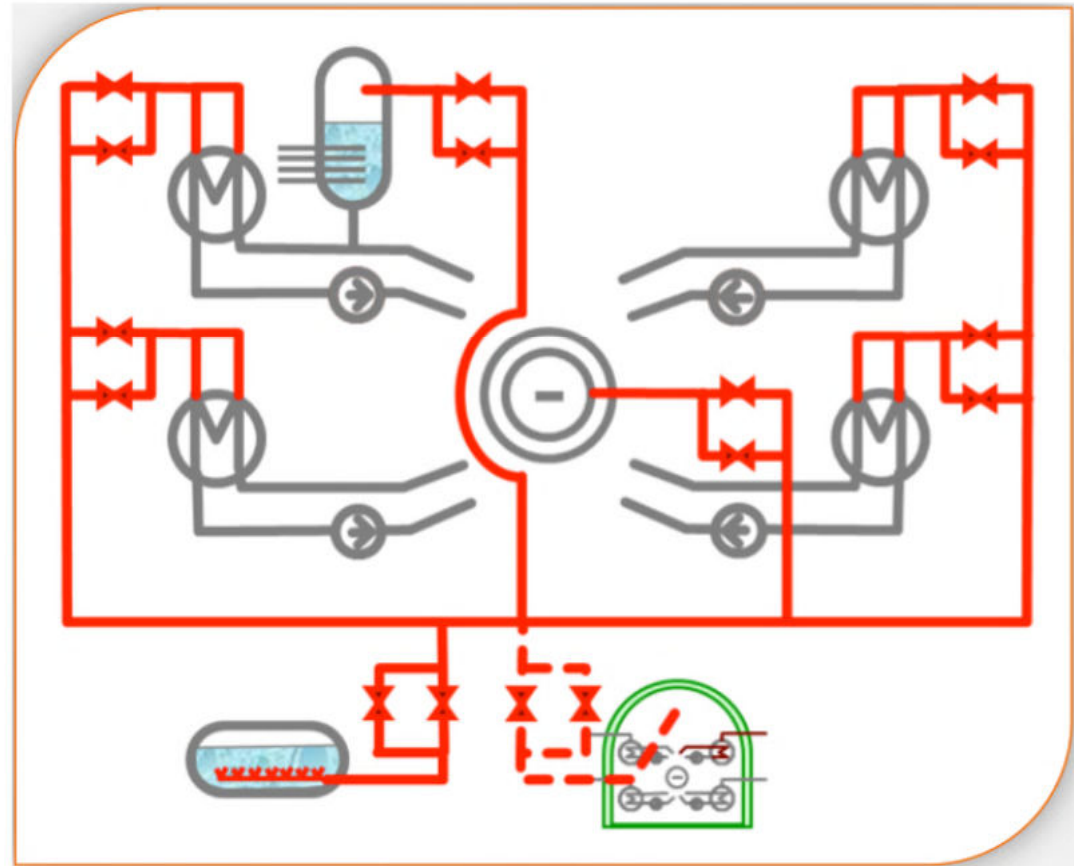
Passzív hőelvonó rendszer

- **Súlyos baleset kezelés:**
 - Passzív rendszerek alkalmazása
- **Passzív remanens hő eltávolító a gőzfejlesztőn keresztül (PSHR-SG)**
 - 4x33% kapacitás
 - 3 tartállyal 24 h-ig, 4 tartállyal 72 h-ig biztosított hűtés
 - Beépített szivattyú a tartályok újratöltéséhez 72 órát kibíró akkumulátorokkal
 - Csatlakozás 2 mobil dízel szivattyú számára

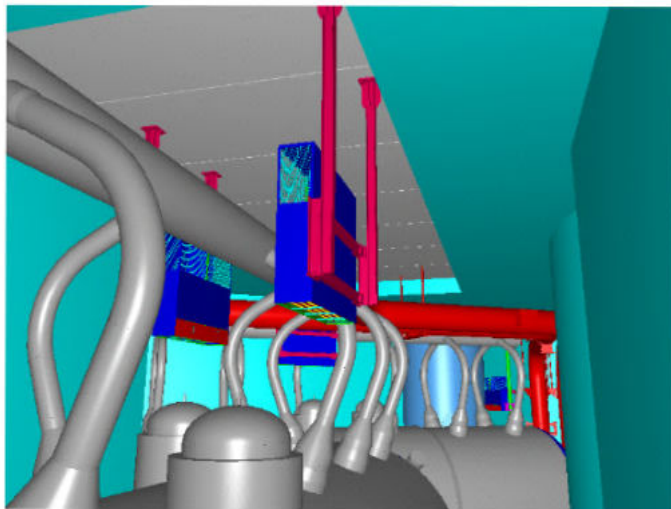
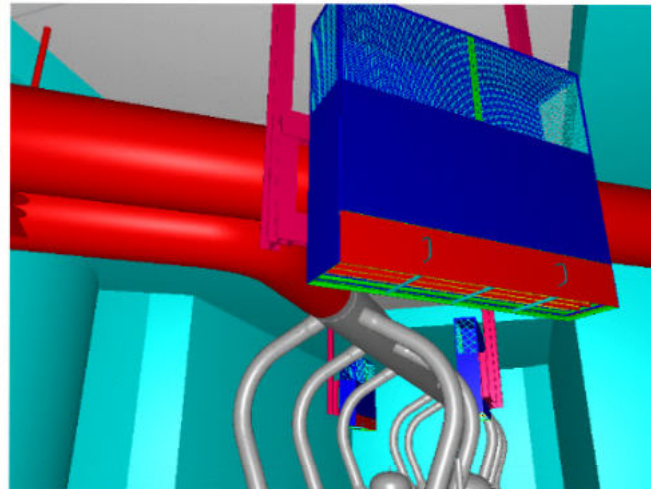


Üzemzavari gázlefuvató rendszer

Üzemzavari gázlefuvató rendszer a reaktor legfelső pontján a primerkörből összegyűlő, a gőzfejlesztő kollektorokban és a nyomás-szabályzóban kiváló, gőz-gáz elegy lefuvatását biztosítja olyan esetekben **(BDDB)** amikor a hőhordozó forrásban van.



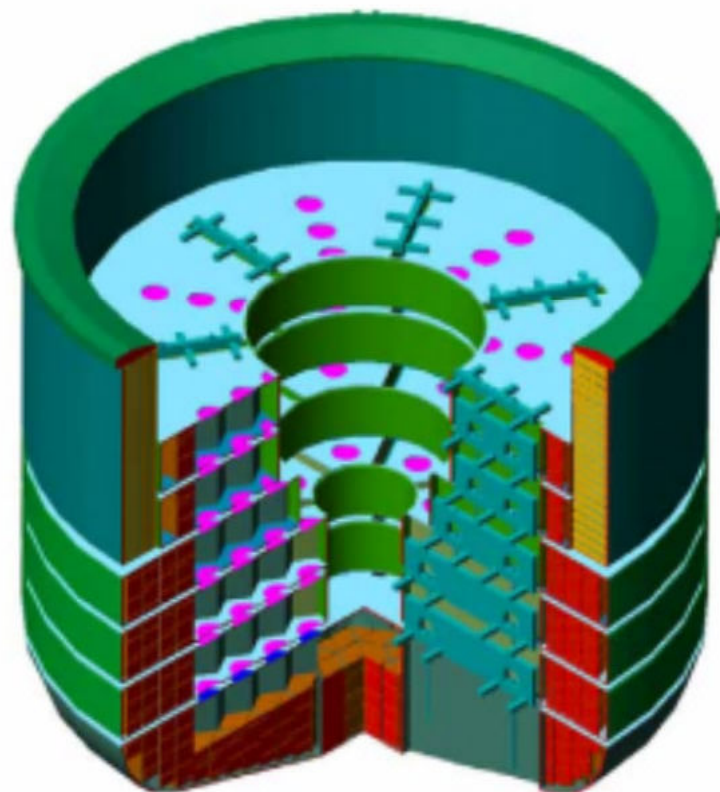
Hidrogén rekombinátorok



Olvadékcsapda

Olvadékcsapda

- A reaktortartály alá helyezve felfogja a megolvadt üzemanyagot (akár 2000 °C feletti hőmérséklet)
- A hőt az olvadékcsapda körüli hűtővíz viszi el
- Az olvadt zóna neutron elnyelő anyaggal keveredik, elhárítva a rekritikusság veszélyét
- Az olvadékcsapda nagymértékben csökkenti a hidrogén fejlődést és a radionuklidok konténmentbe jutását



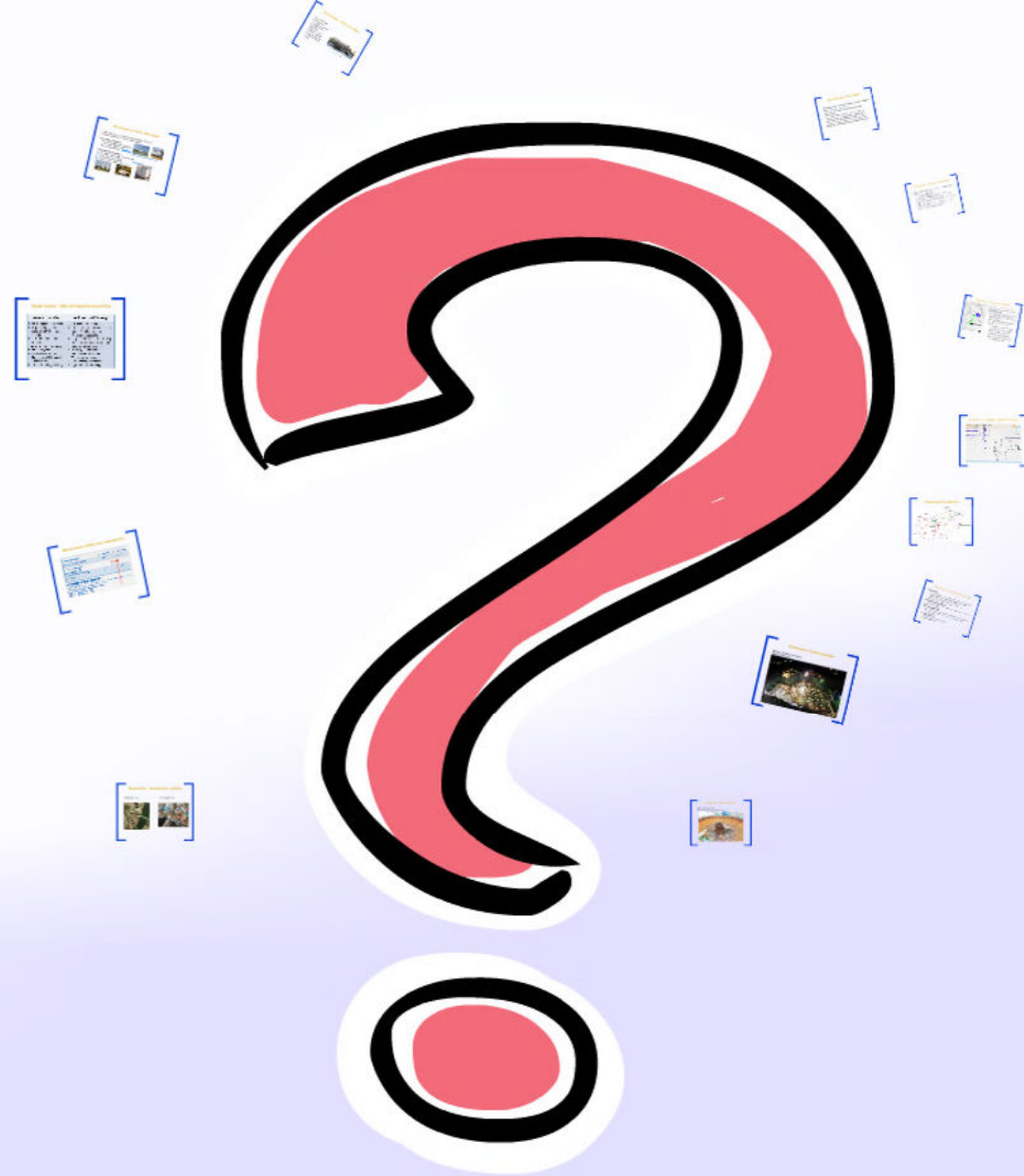
Biztonság – zónaolvadás gyakorisága

Súlyos üzemzavar –
zónaolvadás lehetséges
gyakorisága

2. generációs tervezési érték:
10 000 évenként

A 3+ generációs erőművek
biztonsági fejlesztései révén
elérhető:

**>1 000 000
évenként**



Műszaki kérdések

Műszaki kérdések - Hálózatvizsgálatok

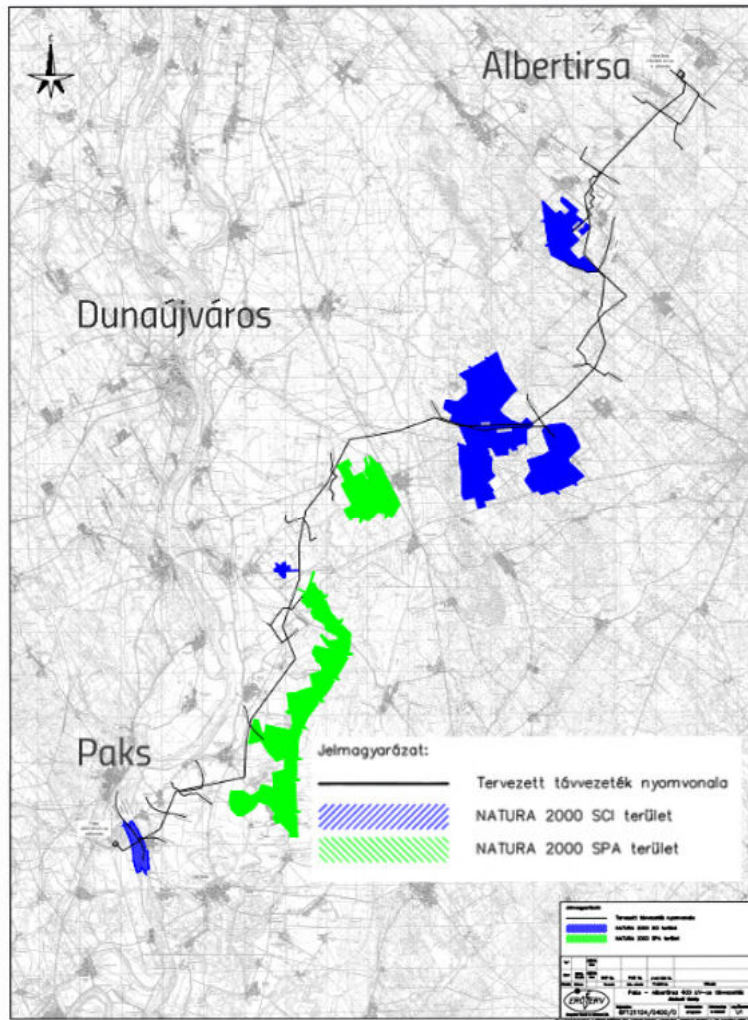
- Teljesítmény kiszállíthatósági vizsgálatok egyszeres és kétszeres hálózati elem hiány állapotokra.
- Különböző típusú többlet tartalék kapacitás igények meghatározása.
- Zárlatszámítások háromfázisú és egyfázisú zárlatokra. (dinamikus és termikus határáramok meghatározása)
- Tranziens stabilitás vizsgálatok normál üzemi, valamint egyszeres és kétszeres hálózati elem hiány állapotokban.
- Feszültség – meddőteljesítmény szabályozási vizsgálatok

Műszaki kérdések – Hálózatvizsgálatok eredményei

Az új blokkok villamosenergia-rendszerbe illesztéséhez az alábbi hálózati és tartalékkapacitás fejlesztések szükségesek:

- új 400/120 kV-os alállomás építése:
7 db 400kV-os és 10 db 120kV-os mező, 1 db 400/120 kV-os transzformátorral. Az új alállomás 2 db 400 kV-os és 2 db 120 kV-os kuplungvezetékkel fog csatlakozni a már meglévő Paks-I alállomáshoz,
- egy új, kétrendszerű 400 kV-os távvezeték megépítése Paks és Albertirsa között,
- A villamosenergia-rendszerben bekövetkező leg-nagyobb blokkméret növekedés miatt növelni szükséges a jelenleg meglévő gyorsindítású erőművi tartalék kapacitásokat, kb. 540 MW-tal.

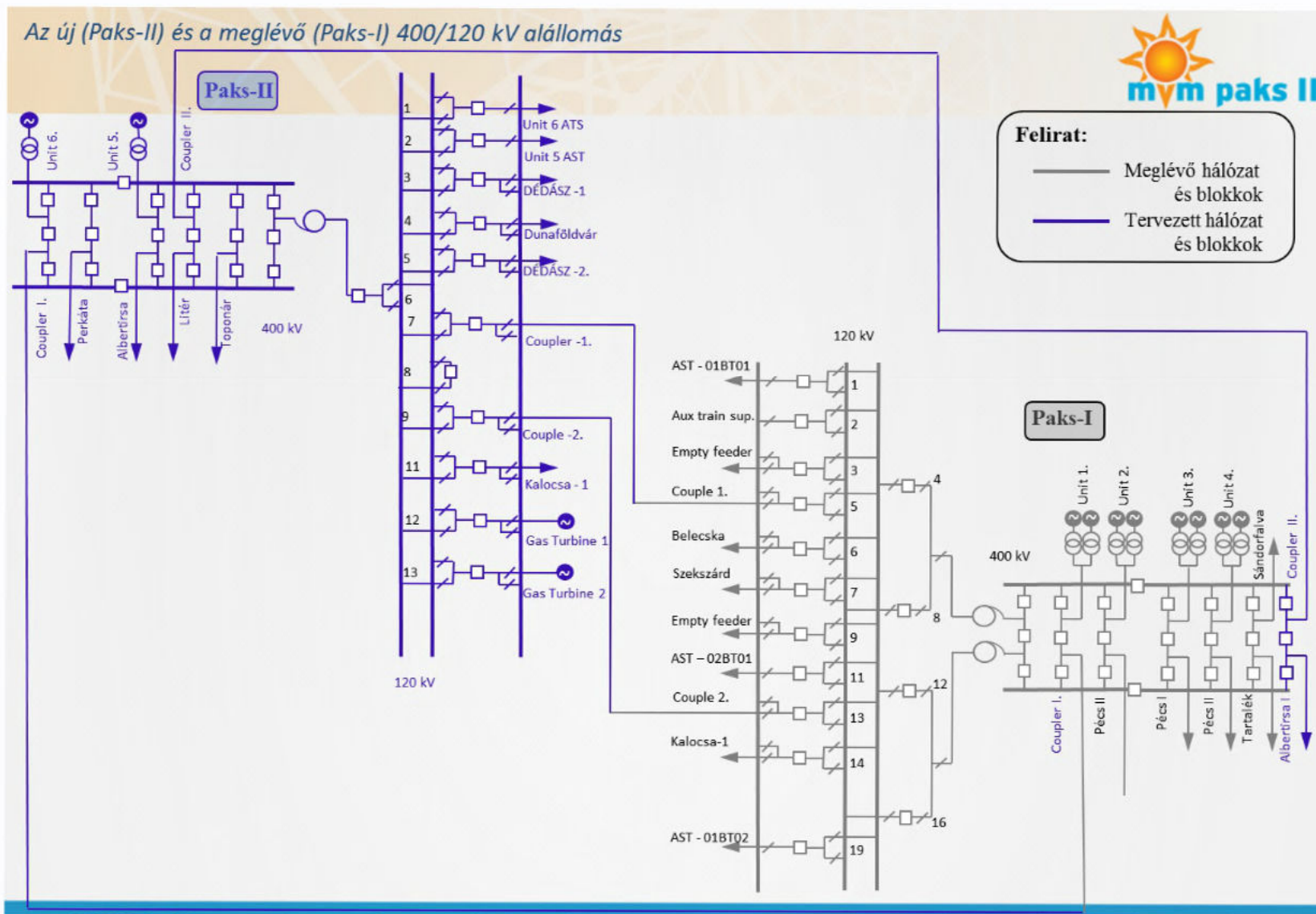
Műszaki kérdések – Hálózatvizsgálatok eredményei



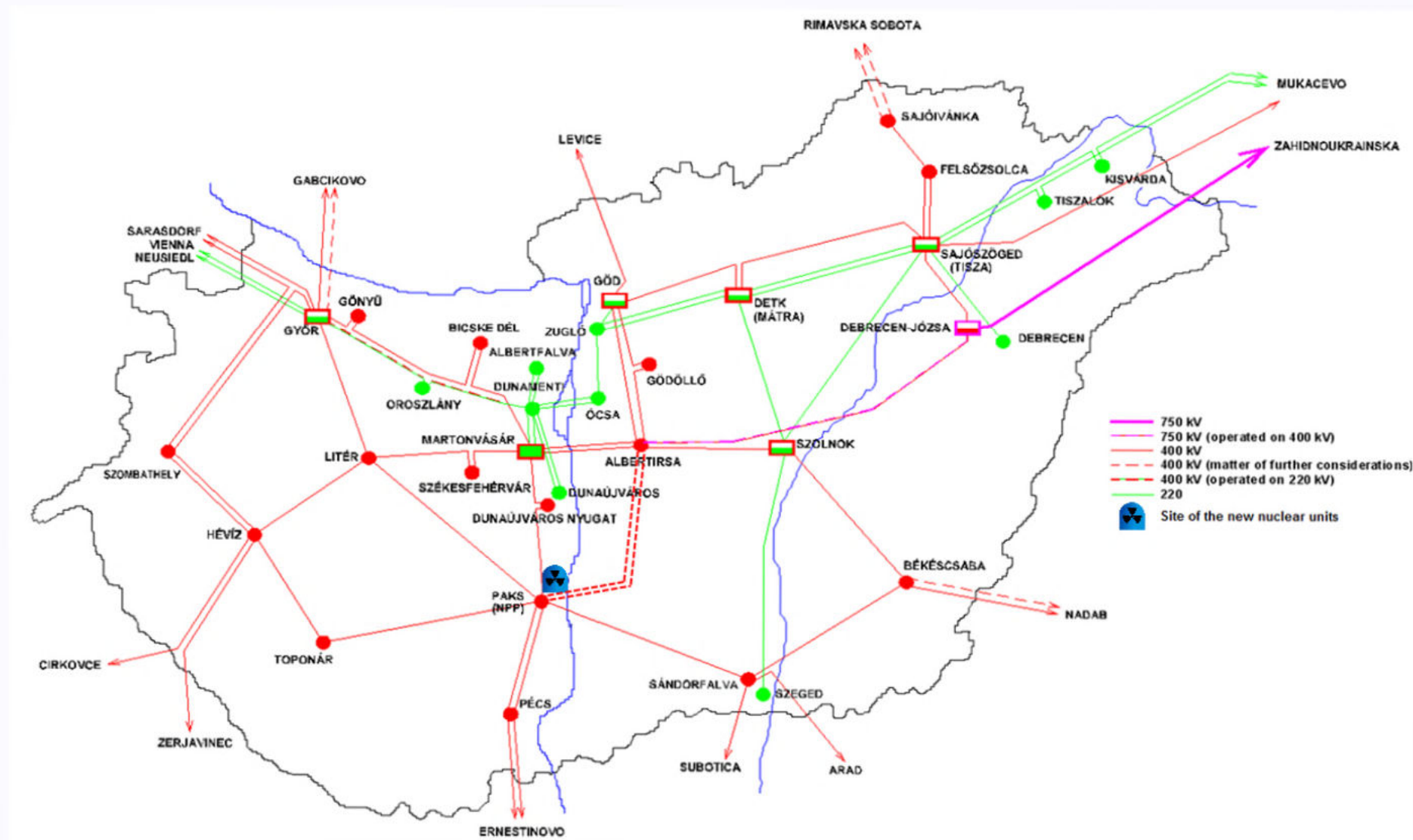
A Paks – Albertirsa kétrendszerű 400 kV-os távvezeték tervezett nyomvonala a NATURA 2000 területek feltüntetésével.

- Jelen távvezetéki nyomvonalak elhelyezésekor első számú szempont volt a lakott és a természetvédelmi oltalom alatt álló területek maximális megóvása
- A tervezett nyomvonal hosszúsága kb. 110 km, 3 megye és 20 település területét keresztezi
 - Két szakaszon keresztez (domborzati viszonyok miatt) , két szakaszon pedig megközelít SCI (Sites of Community Importance - különleges természet megőrzési terület) védett területet
 - Két szakaszon SPA (Special Protection Areas - különleges madárvédelmi terület) védett terület mellett halad el

Az új (Paks-II) és a meglévő (Paks-I) 400/120 kV alállomás



A tervezett magyar átviteli hálózat (2022)



- Hálódok kategóriájús felülvizsgálata
- Rendszeres hálódok innovatív kérésű mőködésének támogatása
- szűrés, értékelés, szuperkompetenciák
- folyóirat, gőp-pólmérés szűrés, mentörök bevonása
- LUV A ILK költségvetésének értékelése lehetőségeknek vizsgálata a hálódok minőségének győvelése végett (terephely vs. Nemzet Rendszer Hálódok Töröl)
- Hagyományok indoklás hálódok értékelése
- lehetőségek vizsgálata terephely vs. Baci (formáció)

- Hálódok kategóriájús felkutatásol
- Radikalizális hálódoknál innovatív kérésli mődszerekkel
- szűrés: ártés, szuperkompatibilis
- folyékony gra-pimeres szűrés: mentán
- LUV A ILK költségkalkulációs elhelyezési lehetőségek
- tárgyalás a hálódok minőségiről győztelés vőttével
- (terephph) vs. Nemzet Radikalizális Hálódok Töröl
- Hagyományos radikális hálódok elhelyezési
- lehetőségek tárgyalás terephph vs. Baci (formáció)

The image contains three photographs related to nuclear waste management. The top photograph shows a large, modern industrial building with a glass facade, identified as the 'Vedrales, biztonságot elváróak megoldott' (Vedrales, solutions that require safety). The bottom-left photograph shows a large, yellow, cylindrical storage container, identified as 'Betonosított tartály (fűtővel a megadott hőmérsékleten tartandó)' (Reinforced concrete tank (with heater to maintain a given temperature)). The bottom-right photograph shows a worker in a full-body protective suit and mask, identified as 'Bioszűrővel ellátott szűrő (fűtővel a megadott hőmérsékleten tartandó)' (Filter with biosafety (with heater to maintain a given temperature)).

The image contains three photographs related to nuclear waste management. The top photograph shows a large, modern industrial building with a glass facade, identified as the 'Radioactive Waste Management System (RWMS)'. The bottom-left photograph shows a large, cylindrical storage container, identified as 'Storage container for spent nuclear fuel'. The bottom-right photograph shows a worker in a full-body protective suit and mask, identified as 'Worker in protective suit'.

**Hulladék-
kezelés**

[illegible]

- Külső és körületes átváltások hálózati kábel csatlakozásánál:**
- Jellemző átváltási arányok:
 - 50mV/1000BW/Hz
 - Jellemző tartományok a Jellemezési hálózati feladatokról származó hálózati kábel:
 - az átváltási arányok alapján: az 1000 BW közötti frekvenciákra jellemzően
- 50mV/1000BW/Hz**
- (50mV és 1000BW közötti hálózati kábel csatlakozás)

Radioaktív hulladékkezelés aspektusai

- Hulladék kategorizálás felülvizsgálata
- Radioaktív hulladékok innovatív kezelési módszereinek tanulmányozása
 - szilárd: égetés, szuperkompaktálás
 - folyékony: geo-polimeres szilárdítás, membrán technológia
- LLW & ILW költségtakarékos elhelyezési lehetőségeinek vizsgálata a hulladék mennyiségének figyelembe vételével (telephelyi vs. Nemzet Radioaktív Hulladék Tároló)
- Nagyaktivitású radioaktív hulladékok elhelyezési lehetőségének vizsgálata (telephely vs. Bodai formáció)

Radioaktív hulladékkezelés (LLW & ILW)

Kis- és közepes aktivitású hulladékok mennyisége:

- Jelenleg üzemelő blokkoknál:

~90m³/1000MW/év

(nem tartalmazza a folyékony hulladék feldolgozásából származó hulladékokat)

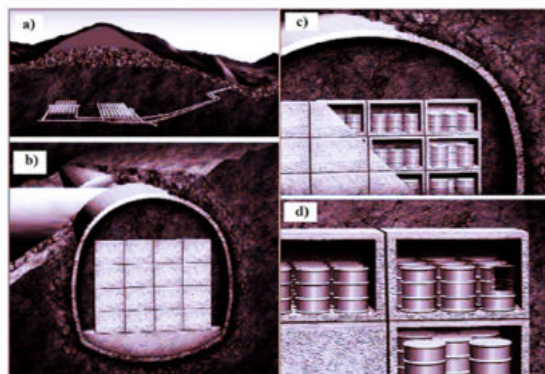
- az új blokk(ok) esetén teljesíti az EUR-D követelményrendszerben előírt értéket:

50m³/1000MW/év

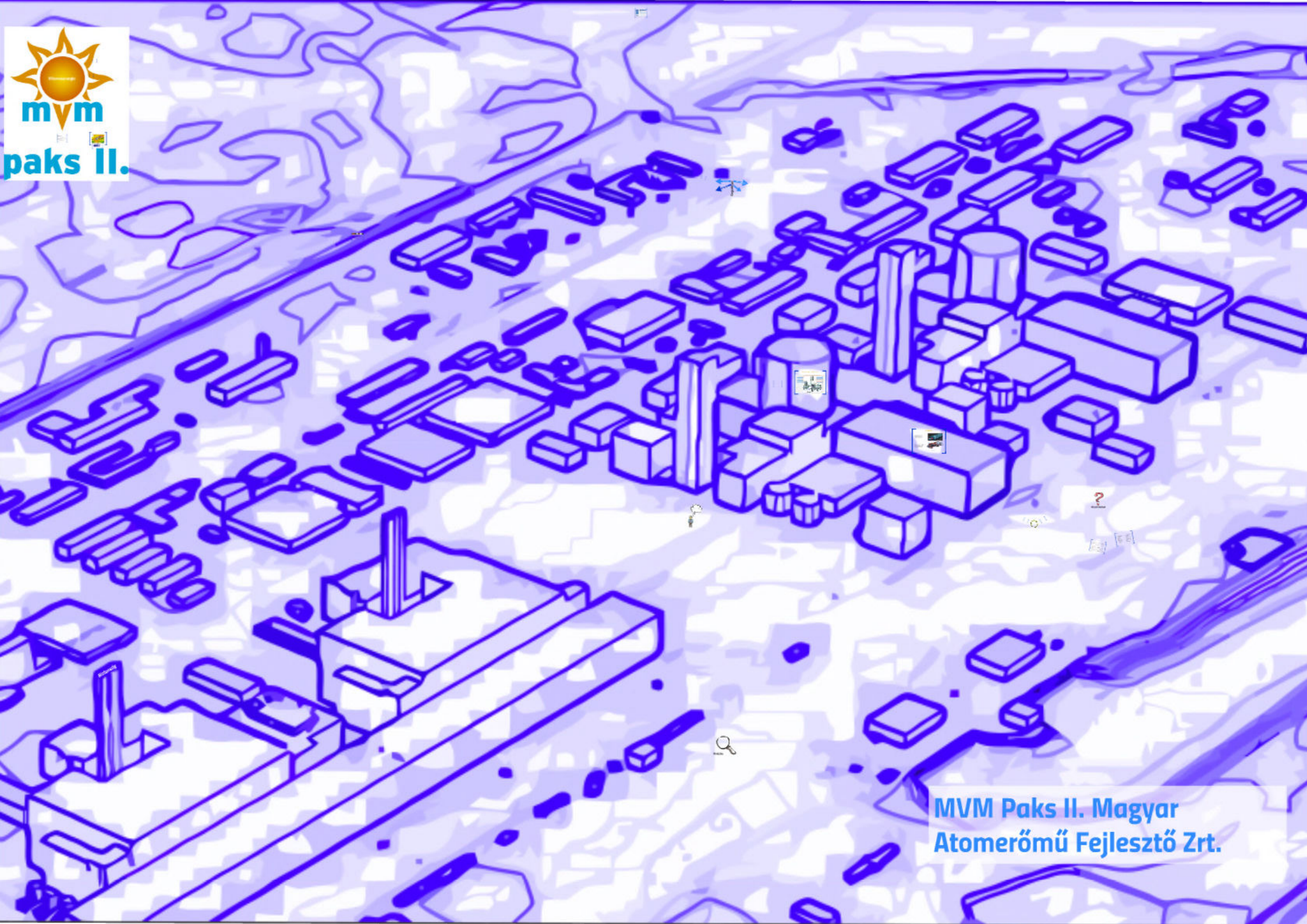
(szilárd és szilárdított hulladékokra együttesen)

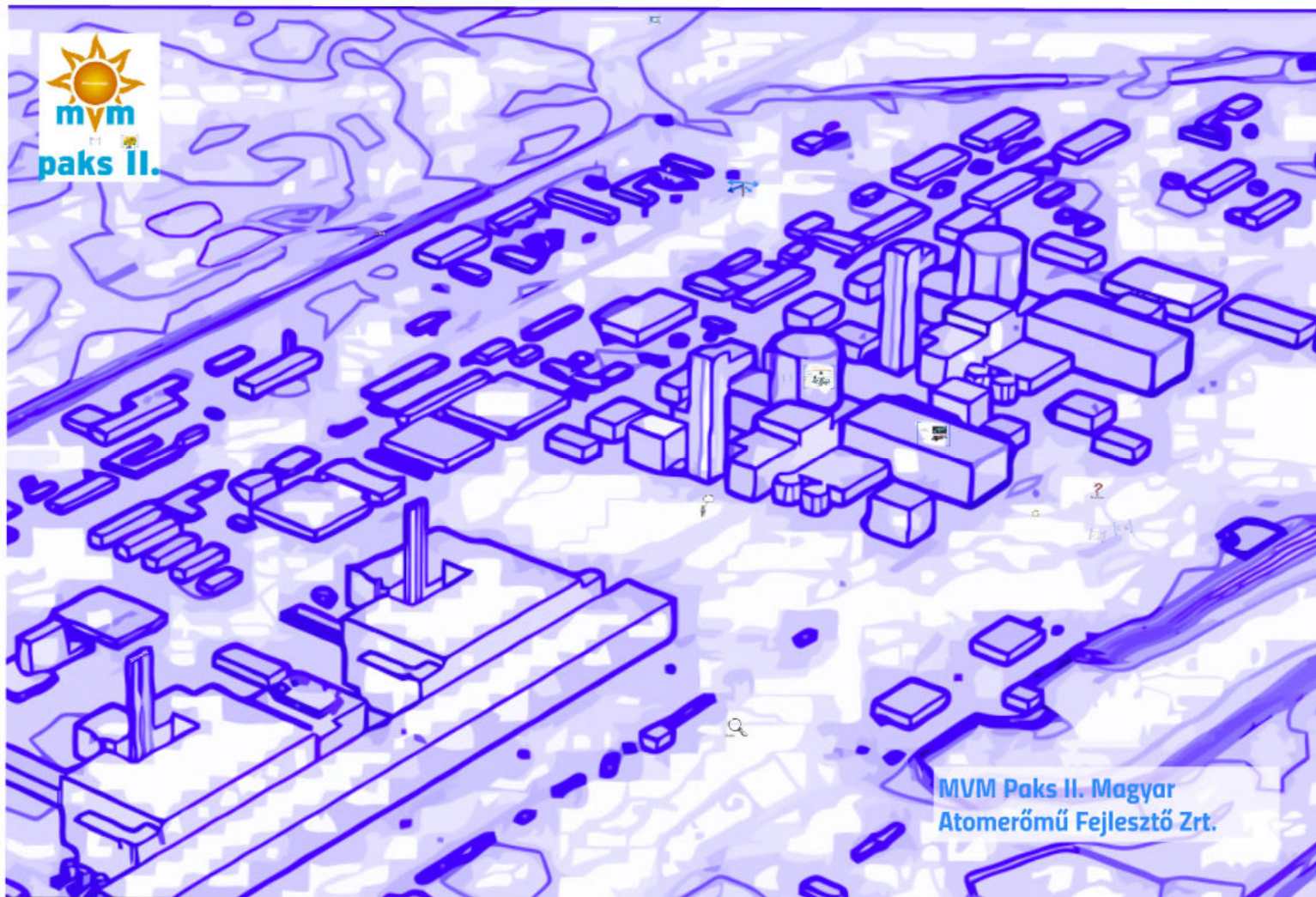
Radioaktív hulladékkezelés (LLW & ILW)

Végleges, biztonságos elhelyezésük megoldott:



Nemzetközi szakmai fórumokon a magyar megoldást követendő példaként említik.





Köszönöm a figyelmet!