

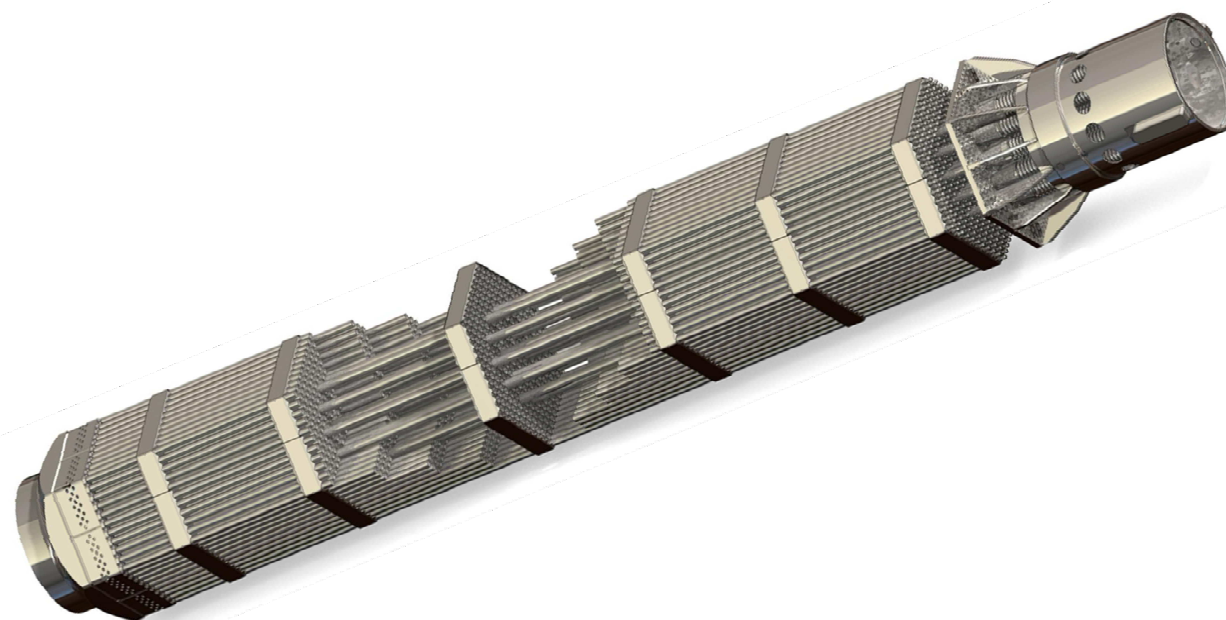
Az új blokkok üzemanyaga, a tervezési alapon túli balesetek kezelése

Hózer Zoltán

MNT szeminárium, 2014. március 20.



Az új blokkok üzemanyaga





Hossz

2600 mm

Aktív hossz

2480 mm

Tabletta átmérők

7,6/1,2 mm

Burkolat átmérők

9,1/7,8 mm

He nyomás

6 bar

Átl. hőteljesítmény

13,8 kW/m

Max. hőteljesítmény

32,5 kW/m

VVER-440

AES-2006

4033 mm

3730 mm

7,6/1,2 mm

9,1/7,8 mm

20 bar

16,7 kW/m

42 kW/m



1% nióbiummal
ötvözött Zr burkolat
(E110)

UO₂
tabletták



AES-2006

Kazetta magassága	4570 mm
Kazettafal	nincs
Rudak száma	312
Kulcsméret	235 mm
Távtartórácsok száma	13
SzBV toldat	nincs
SzBV rudak száma	18

VVER-440

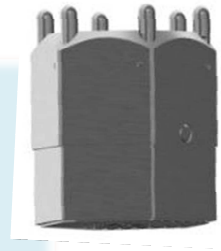
Kazetta magassága	3217 mm
Kazettafal	van
Rudak száma	126
Kulcsméret	145 mm
Távtartórácsok száma	10
SzBV toldat	bóracél





A fejlesztésekről röviden

- A jelenlegi paksi kazetták egészen mások, mint amivel az erőmű indult
- Az új blokk üzemanyaga a VVER-1000 kazetták továbbfejlesztésének az eredménye
- Az új blokk üzemanyagára is további fejlesztések várnak





A VVER-1000 fejlesztések motivációja

A fűtőelemkazetták megbízható működésének elősegítése

Teljesítménynövelés

A kampányhossz növelése

A kiégés növelése

Teljesítménykövető üzemmód bevezetése





Néhány VVER-1000 fejlesztés

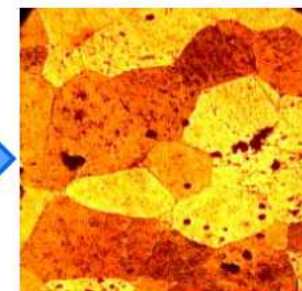
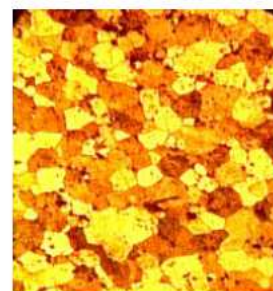
Új ötvözetek fejlesztése a
sugár- és korrózióállóság
növelésére



Keverőrács beépítése a
hőátadás javítására



Szemcseméret
növelése a gázkibo-
csátás és a tableta-
burkolat kölcsönhatás
csökkentésére





VVER-1000 kazetták

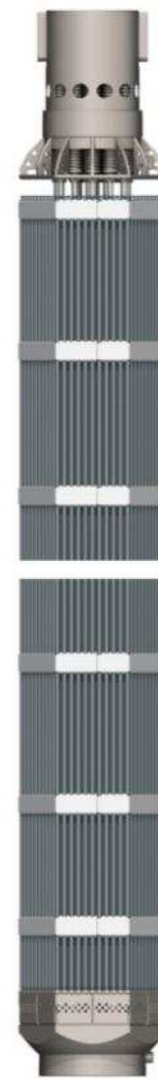
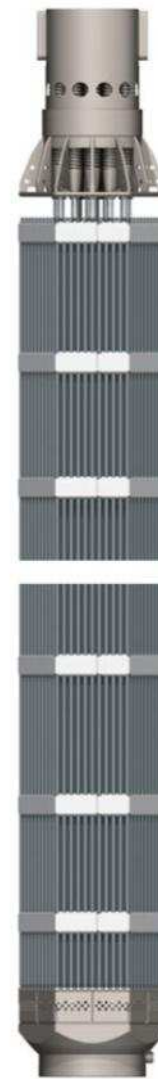
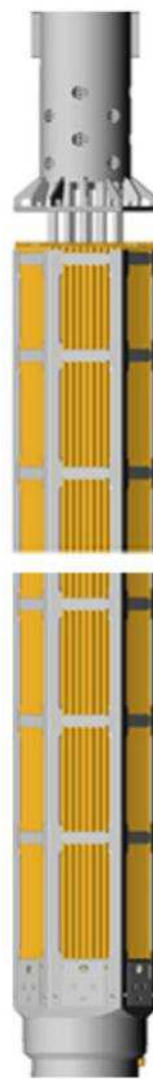
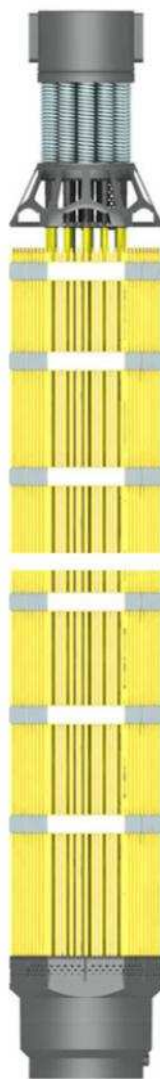
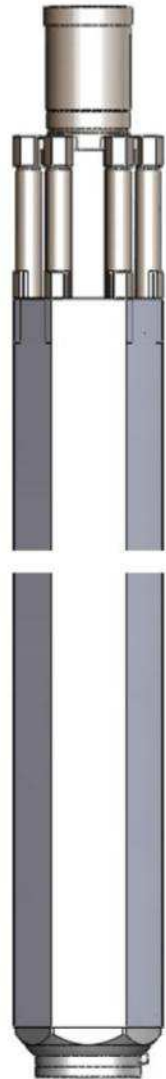
Kazettafallal

UTVS

TVSA

TVS-2M

TVS-1200

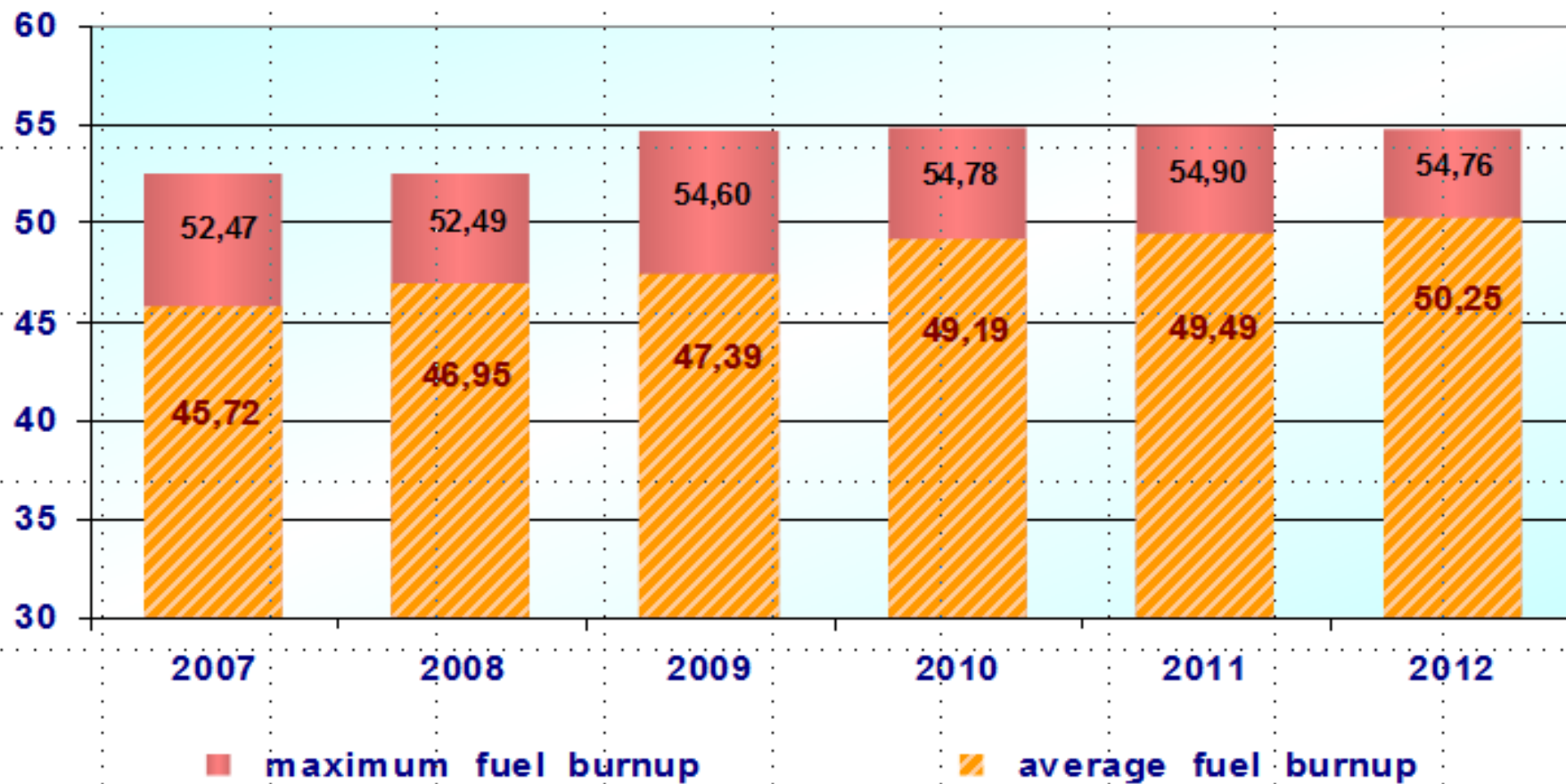


TVS: тепловыделяющая сборка



VVER-1000 kazetták kiégése

MW*day/kgU





VVER-1000: áttérés a 18 hónapos kampányra

NPP, unit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Balakovo NPP, 1	409	-	444	424	512	-	465
Balakovo NPP, 2		461	-	509	499	-	486
Balakovo NPP, 3		451	500	-	463	494	-
Balakovo NPP, 4		420	488	476	-	499	510
Kalinin NPP, 1					383	-	335
Kalinin NPP, 2				437	512	-	485
Kalinin NPP, 3			481	493	-	503	455
Kalinin NPP, 4						495	445
Rostov NPP, 1			332	439	533	-	505
Rostov NPP, 2					534	-	450

átmeneti kampányok

18 hónapos kampányok

	VVER-1000	AES-2006
A reaktor teljesítménye (termikus)	3000 MW	3200 MW
Zóna belépő hőmérséklet	289,8 °C	298,6 °C
Zóna kilépő hőmérséklet	319,6 °C	329,7 °C
Max. gőztartalom	5%	11,6%
Kazetta magassága	4570 mm	4570 mm
Üzemanyagoszlop hossza	3680 mm	3730 mm
Üzemanyag tömege a kazettában	527 kg	534 kg
Fűtőelemek max. kiégése	63,7 MWd/kgU	64,2 MWd/kgU
Üzemelési idő	40000 h	46000 h

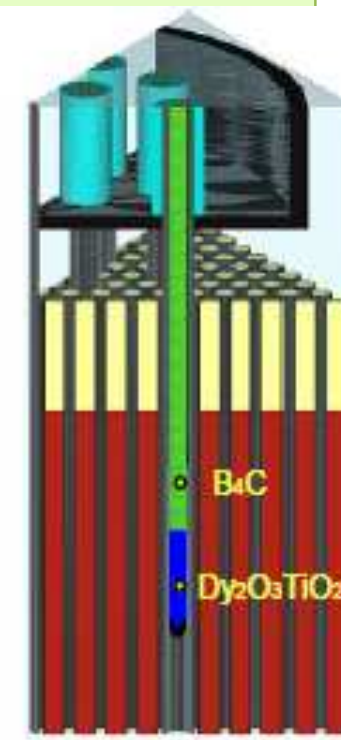
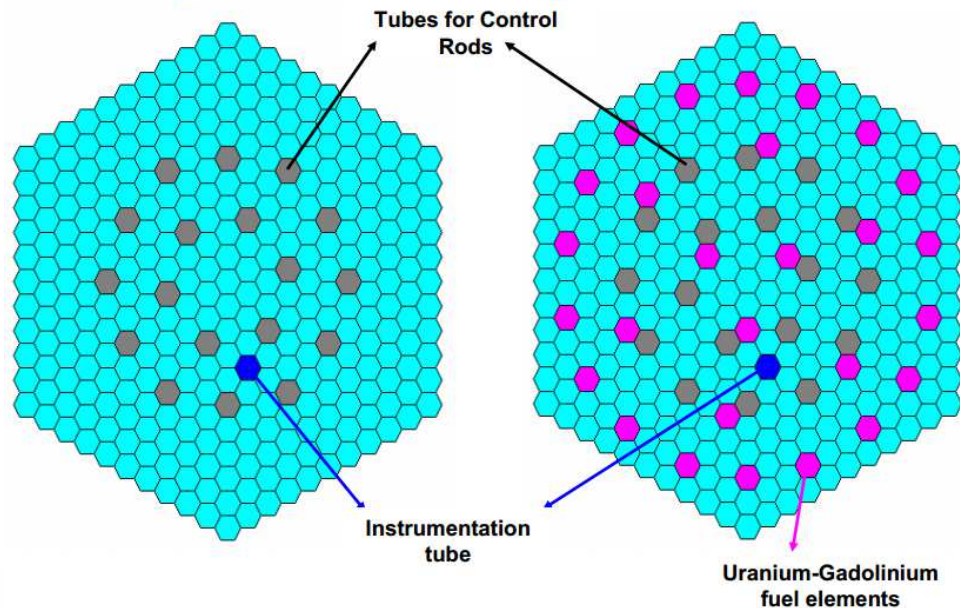


AES-2006 kazetta

163 kazetta az aktív zónában
312 fűtőelemrúd egy kazettában
18 megvezető cső a szabályozó rudaknak
Méréstechnikai cső nem középen van
SzBV rudak: $B_4C + Dy_2O_3TiO_2$



Examples of Fuel Assembly Pattern for VVER-1200





AES-2006 teljesítménykövető üzemmód

Teljesítmény- változás	Sebesség	Megengedett ciklusok száma
2-5%	1%/min	Tetszőleges
100%-50%-100%	5%/min	20000
±20%	20%/min	20000

kulcskérdés:

a tableta és burkolat közötti mechanikai kölcsönhatás ne vezethessen a burkolat sérüléséhez



AES-2006 továbbfejlesztési irányok

- **Tömör tabletták és vékonyabb burkolat**
- **Keverőrácsok optimalizálása**
- **Erbium kiégőméreg használata**
- **5%-nál nagyobb ^{235}U dúsítás**
- **Zr ötvözetek továbbfejlesztése**
- **MOX üzemanyag bevezetése**





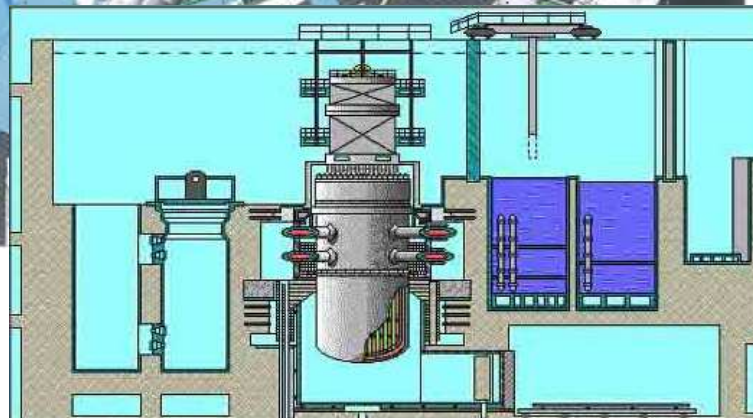
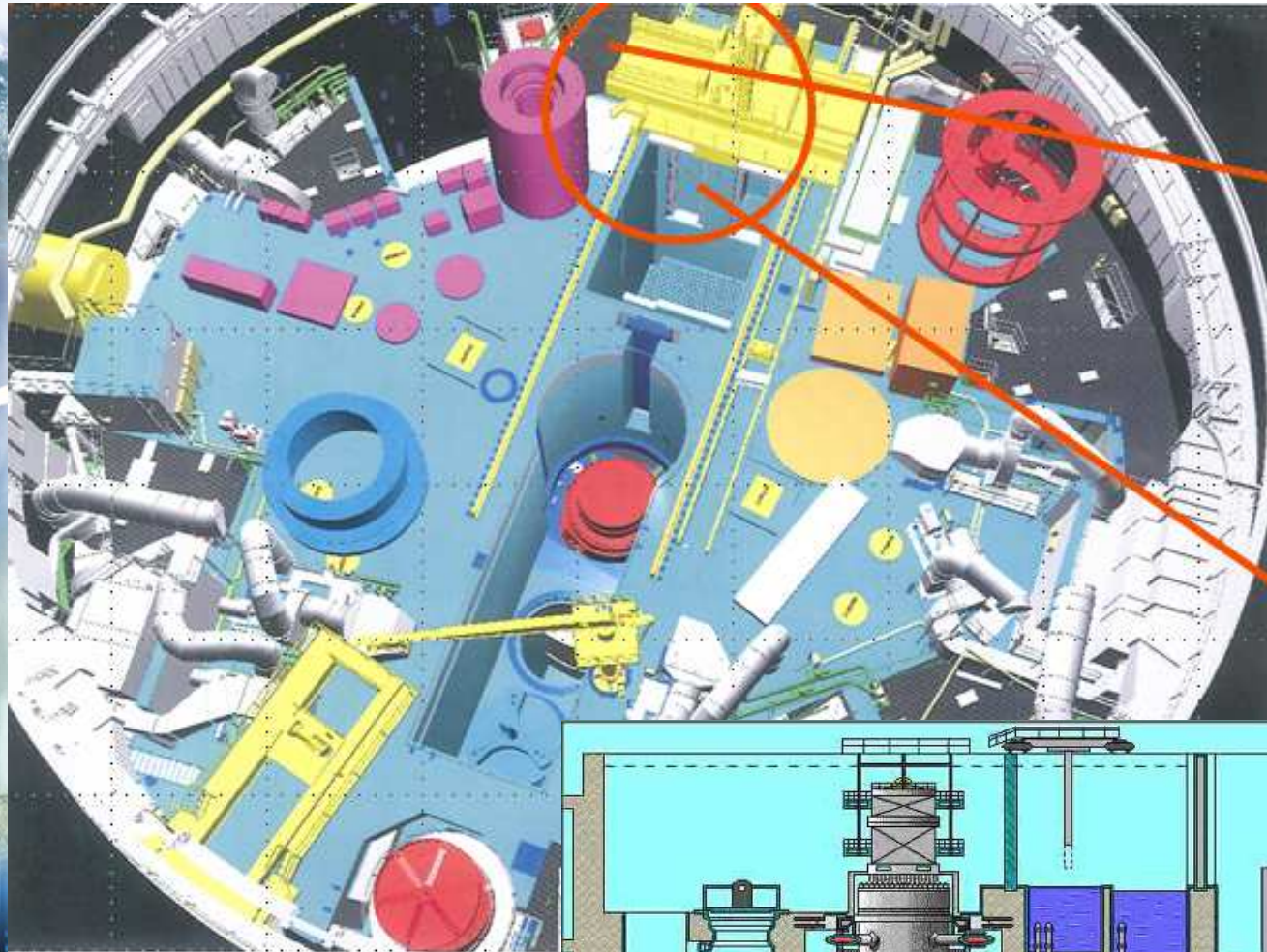
A kiégett üzemanyag kezelése





Pihentető medence

Lehetőség a kiégett kazetták vizsgálatára, javítására





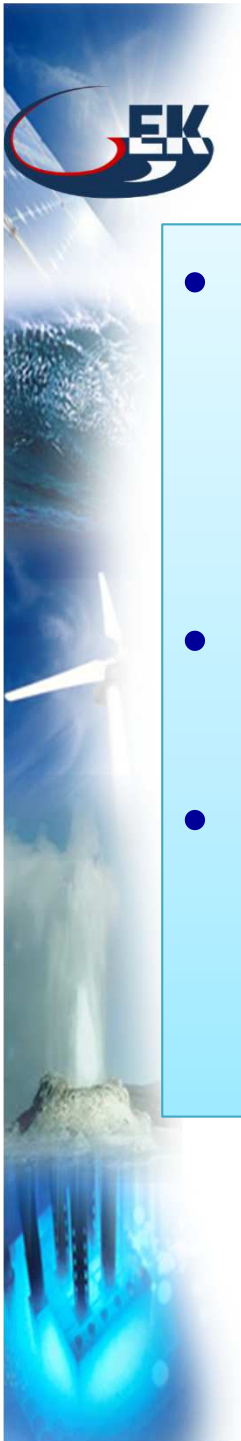
Átmeneti tárolás

- Az új kazetták a KKÁT-ban nem helyezhetőek el (kazetta méret, konténer fogadásának kialakítása)
- Új száraz tároló lehet szükséges
- Sokféle műszaki megoldás jöhet szóba:

- a jelenlegi KKÁT-hoz hasonló kamrás rendszer nagyobb tárolócsövekkel
- konténerek



Zaporozsi atomerőmű



Visszaszállítás

- Az orosz-magyar szerződés lehetőséget ad a kiégett kazetták Oroszországba történő visszaszállítására: átmeneti tárolás és/vagy reprocesszálás céljából
- A jelenleg működő blokkok indulásakor is volt visszaszállítási lehetőség
- Az új blokkok üzemanyagának visszaszállítására megállapodást kell/lehet majd kötni

Az Oroszországban történő
tárolás és feldolgozás
műszaki háttere



VVER-440 és BN-600

- 3-5 éves tárolás után a Majak üzembe szállítják feldolgozásra
- Az RT-1 (Majak) üzemben PUREX technológiával szeparálják a kiégett üzemanyag komponenseit



VVER-1000

- 3-5 éves erőművi tárolás után központi nedves tárolóba szállítják (Zseleznogorszk)
- Az újrafeldolgozást későbbre tervezik: RT-2

RBMK-1000

- Az erőművek közelében tárolják (10 m hosszú kötegek)
- Átszállítás a zseleznogorszki központi száraz tárolóba 2012-ben megkezdődött

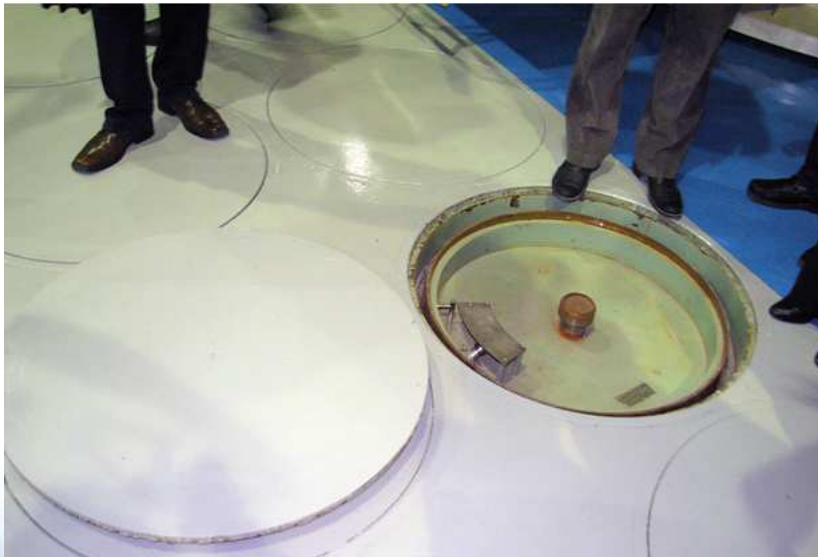




Száraz tároló Zseleznogorszk



További
épületekkel
bővül





Reprocesszálás

RT-1 (Majak) 400 t/év

RT-2 (Zseleznogorszk)

2017: 250 t/ év

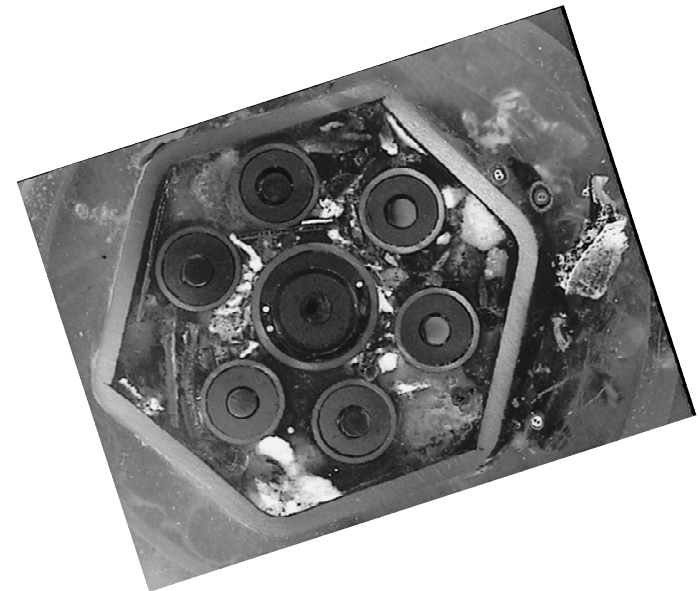
2025: 1500 t/év



RT — регенерация топлива



A tervezési alapon túli balesetek kezelése



Főbb módszerek, eszközök

Olvadékcsapda

Hidrogén rekombinátorok

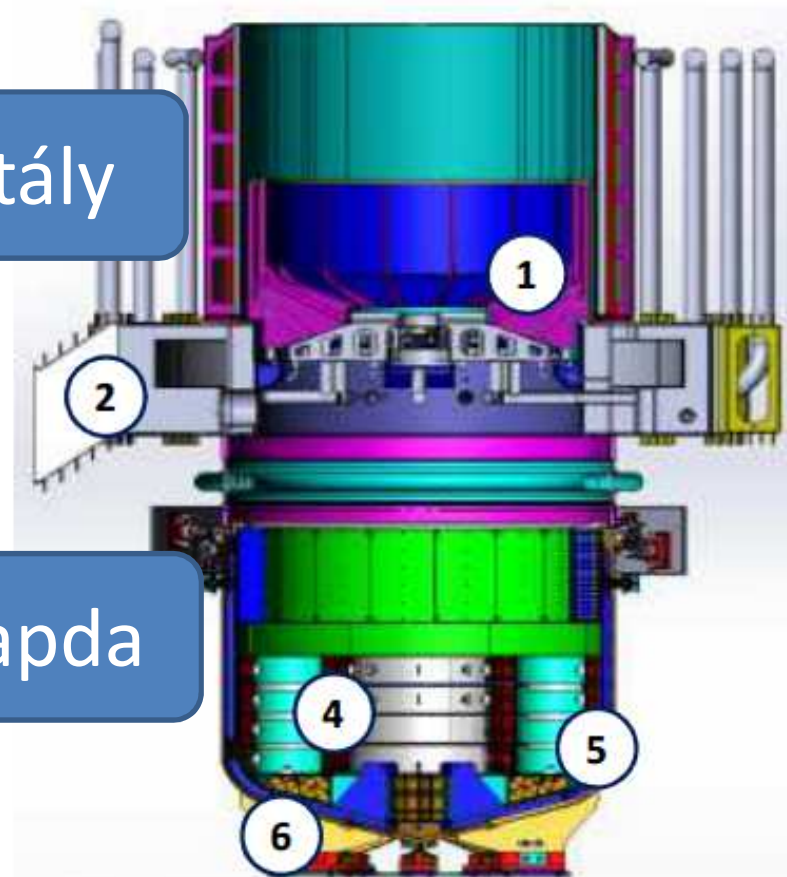
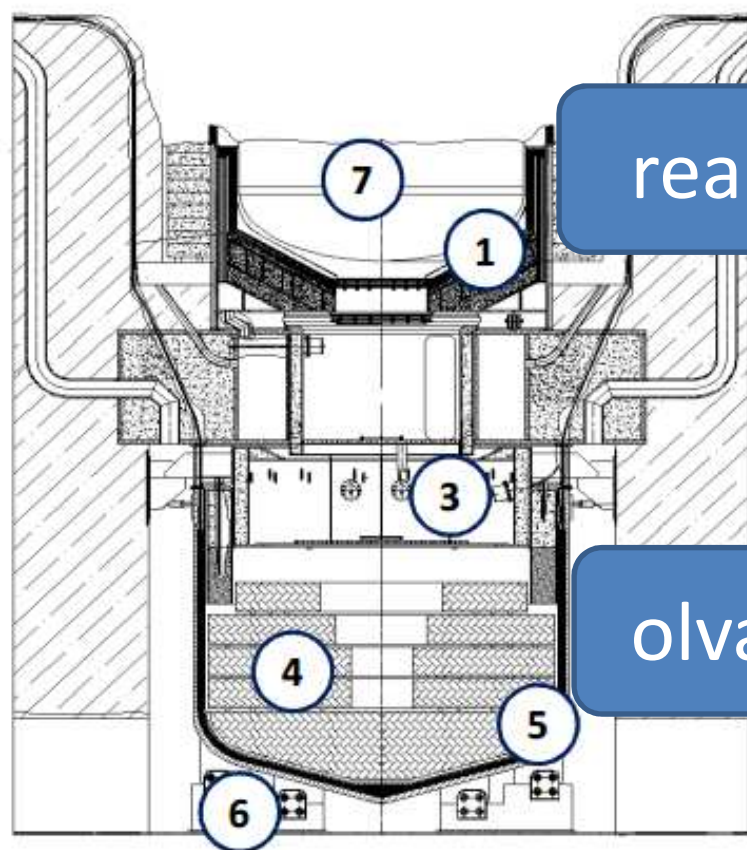
**Passzív maradványhő elvitel a
környezet felé**

Kettősfalú konténment



Olvadékcsapda

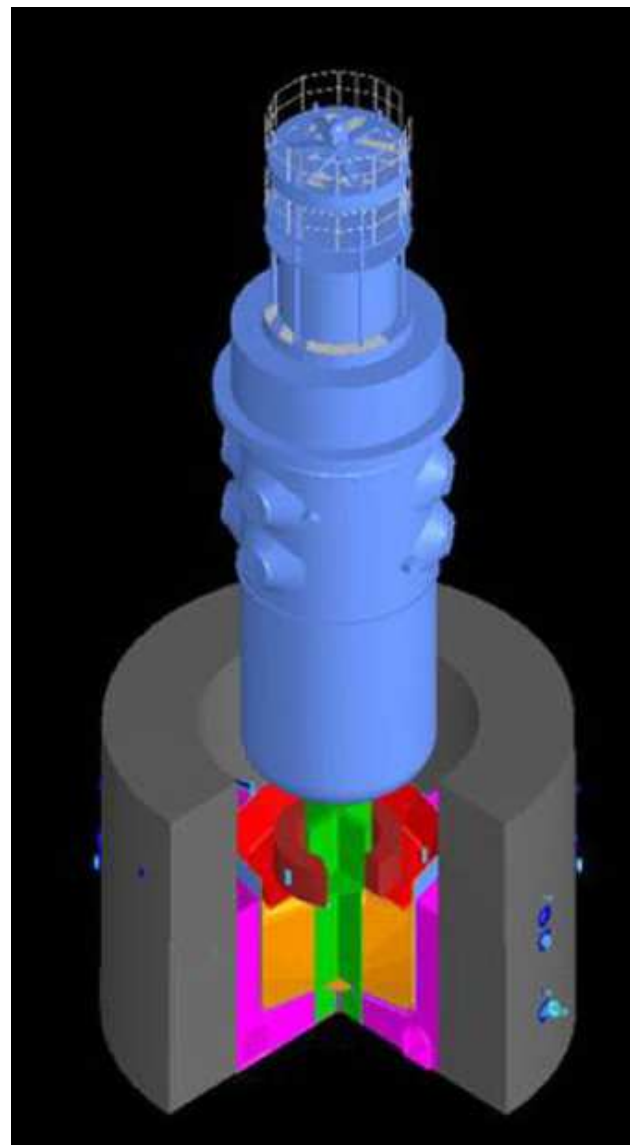
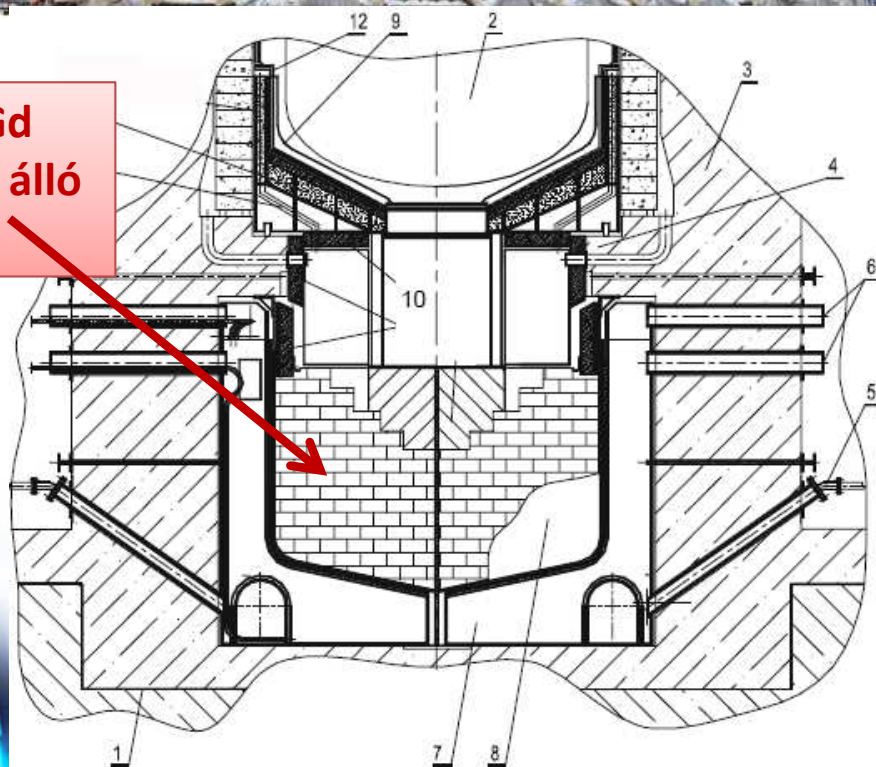
- A reaktortartály átolvadása után egy hűthető tartályban gyűjti össze a zónaolvadékot
- Megakadályozza a beton-kórium kölcsönhatást



Olvadékcsapda

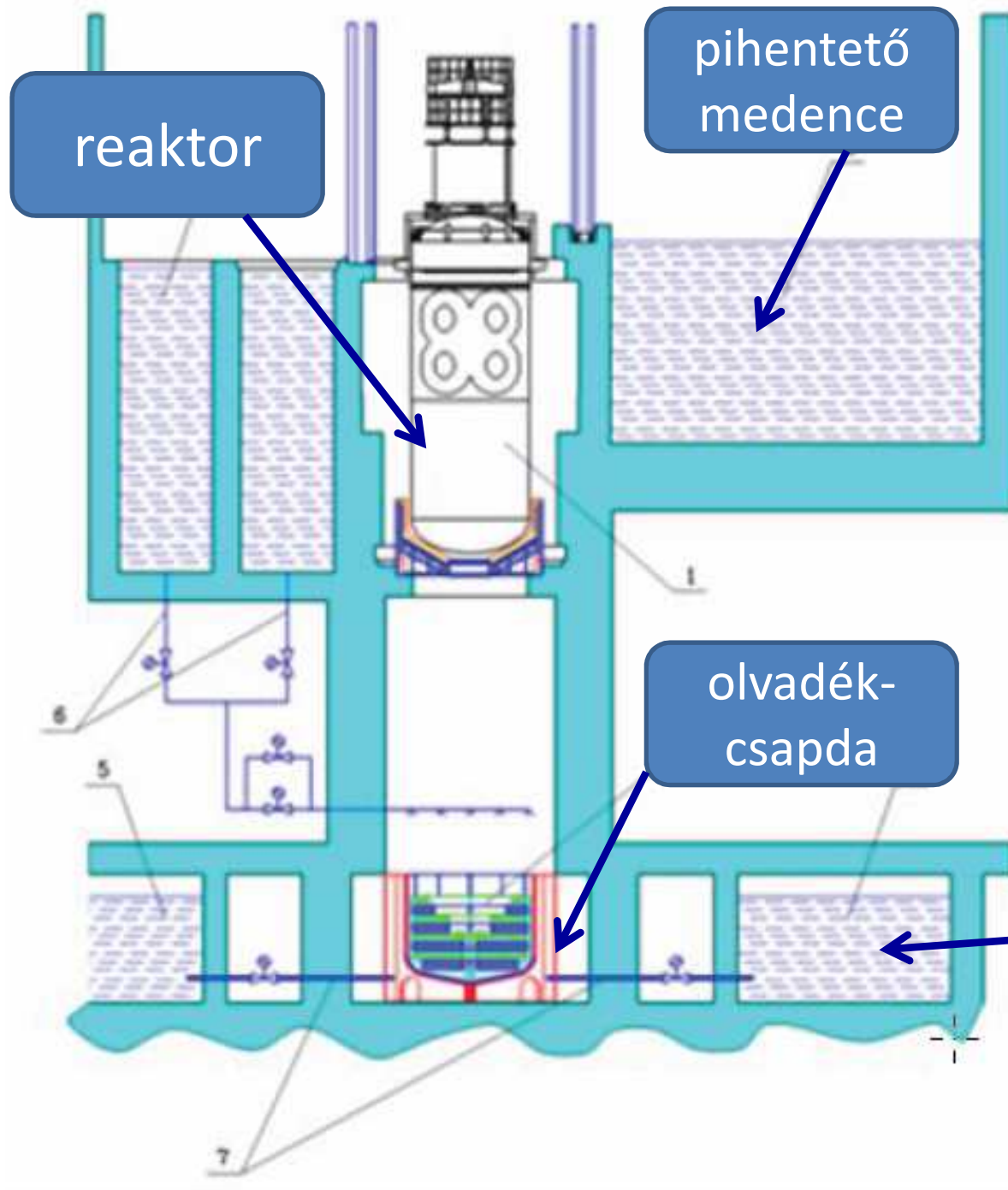


Al, Fe és Gd
oxidokból álló
kerámia



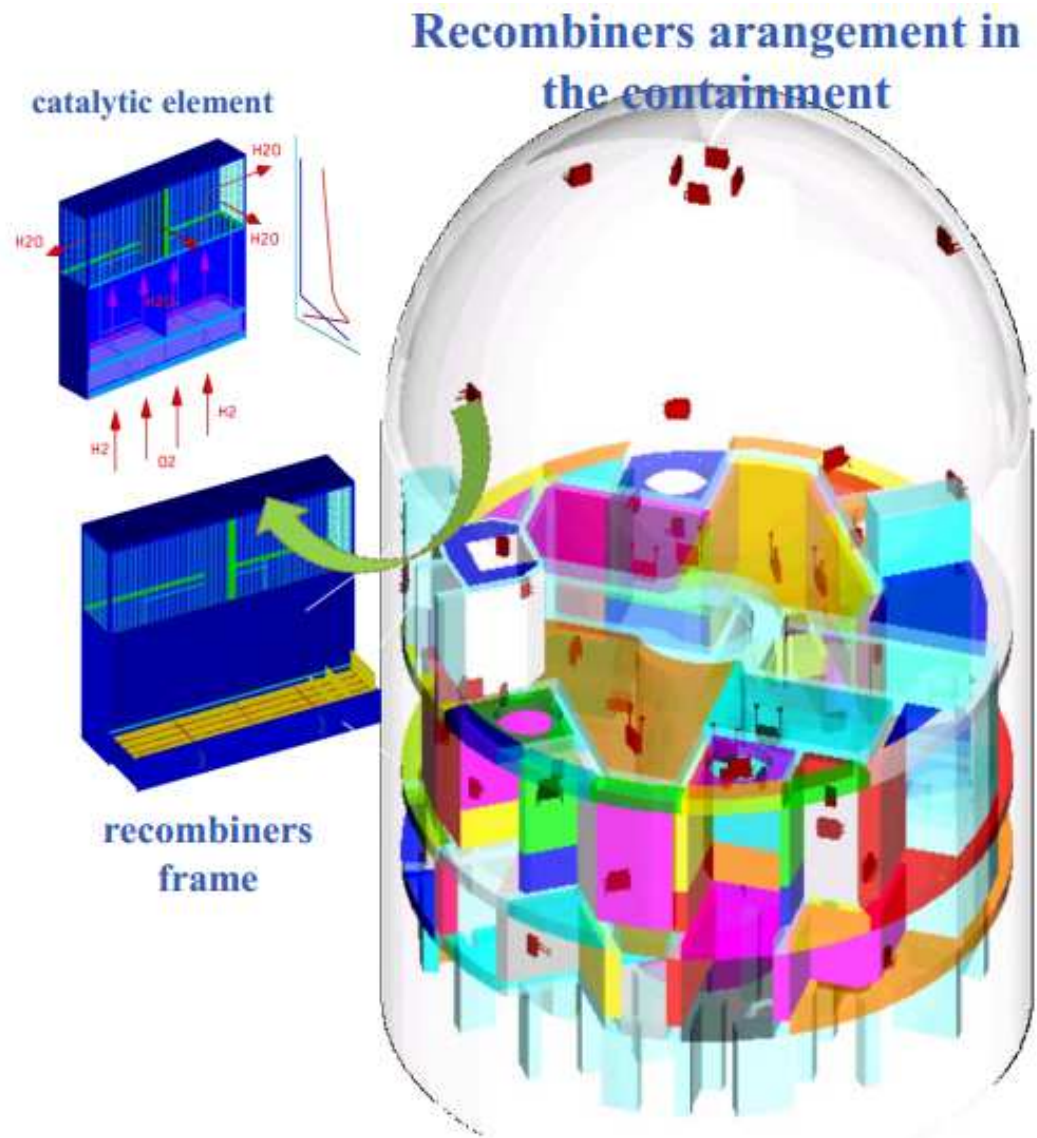
Az olvadék- csapda hűtése

Az olvadékcsapda felületén kialakuló hőfluxust a víz természetes cirkulációval el tudja vinni

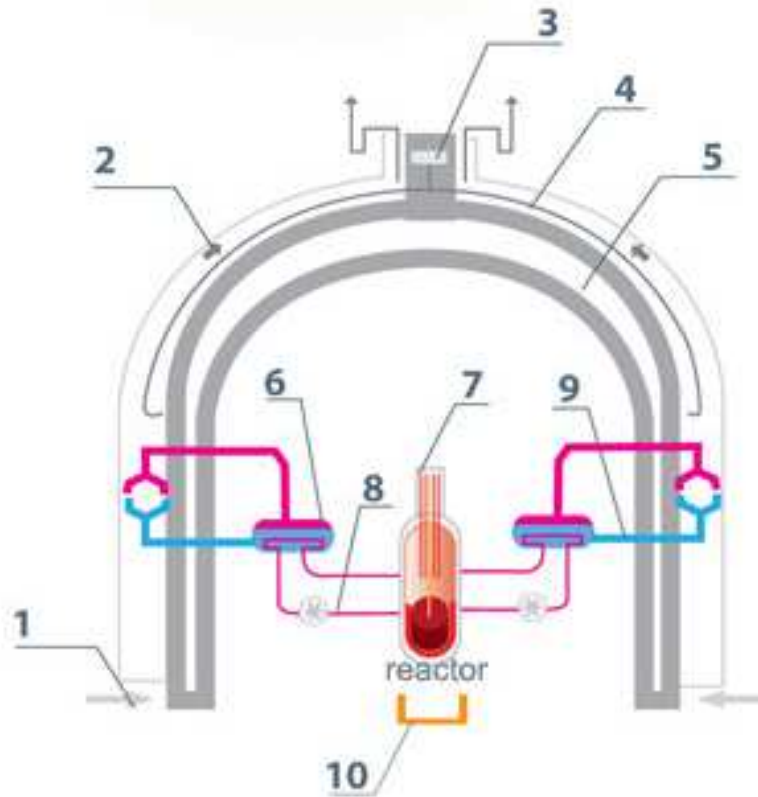


Hidrogén rekombinátorok

- A jelenleg is működő rekombinátorokhoz hasonlóak
- Számuk elegendő a súlyos balesetek során keletkező hidrogén (Zr-vízgőz) mennyiségének a kezelésére

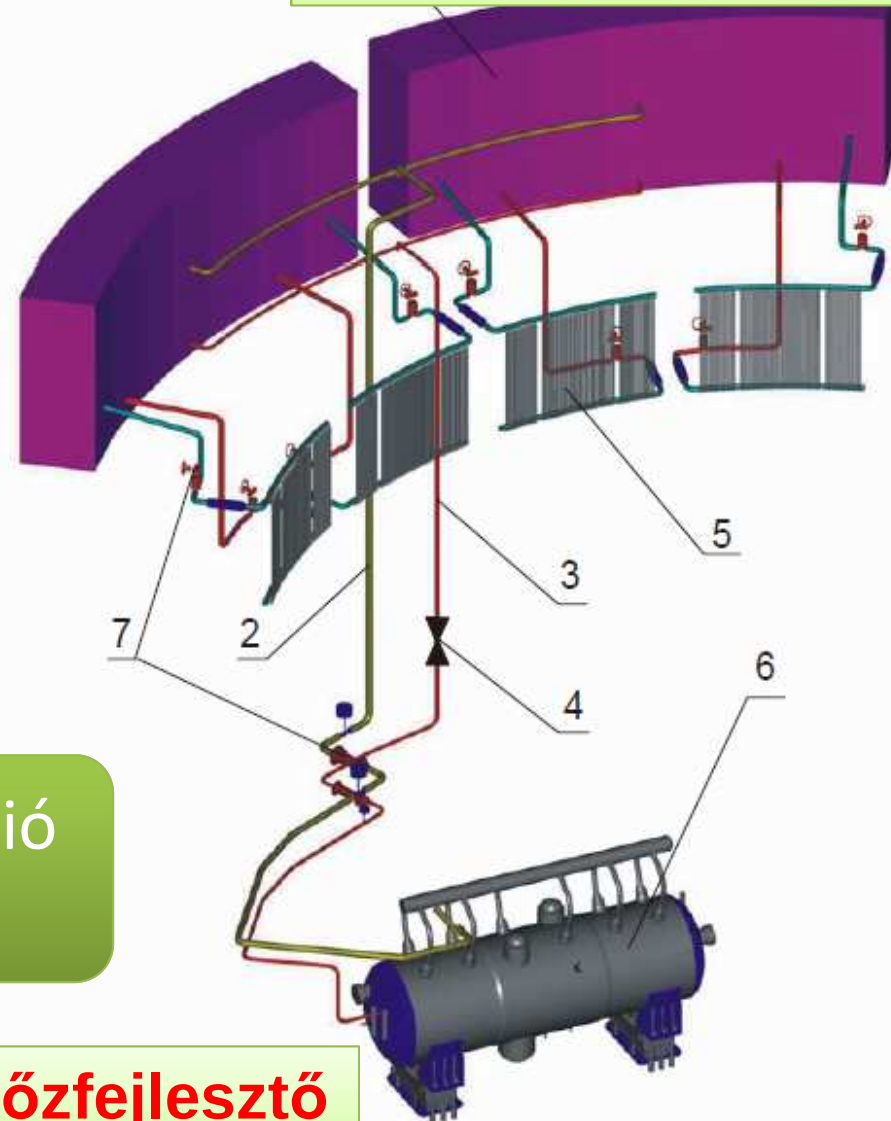


Gőzfejlesztők passzív hűtése



Természetes cirkuláció
a környezet felé

Külső hőcserélők

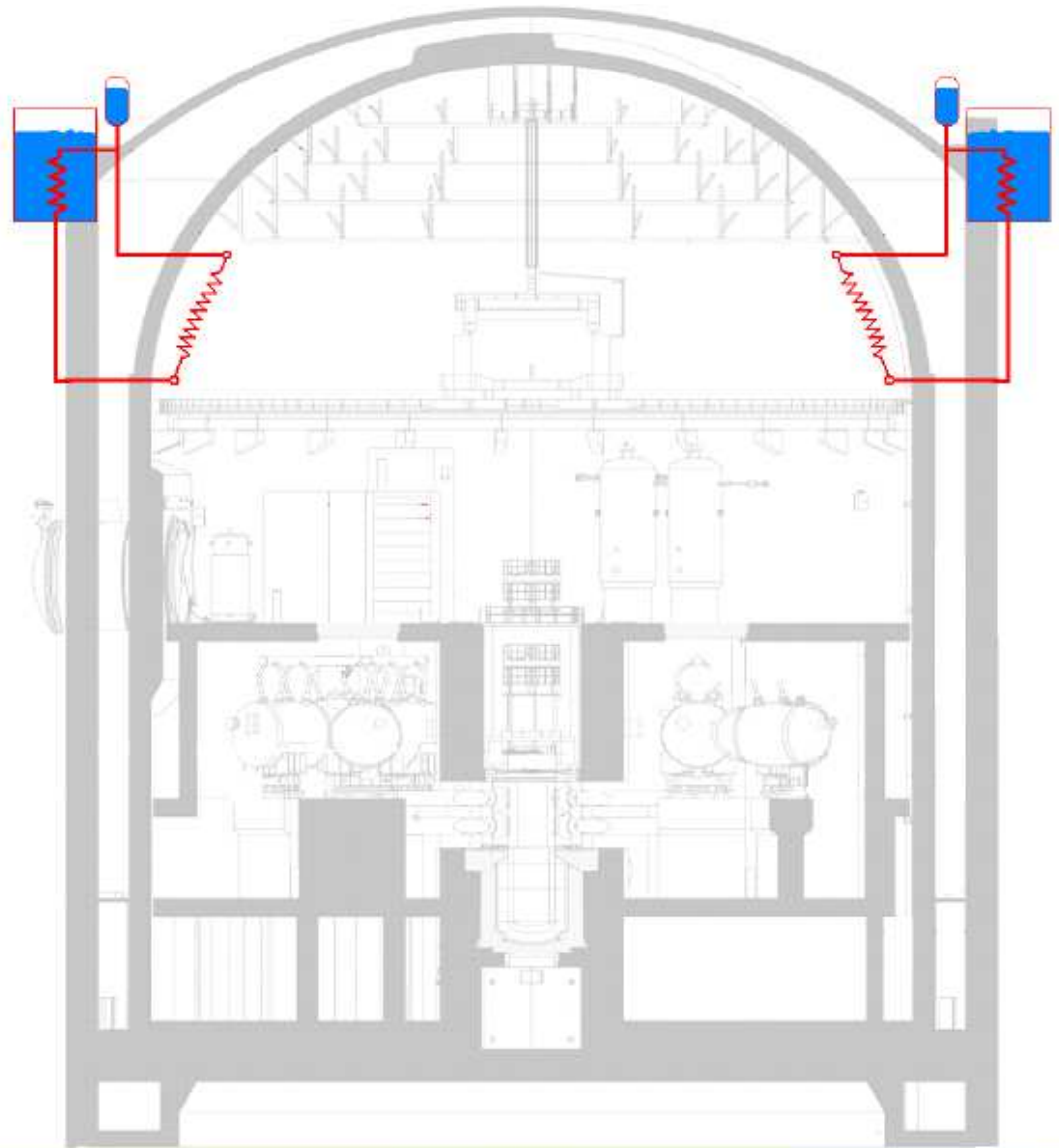


Gőzfejlesztő



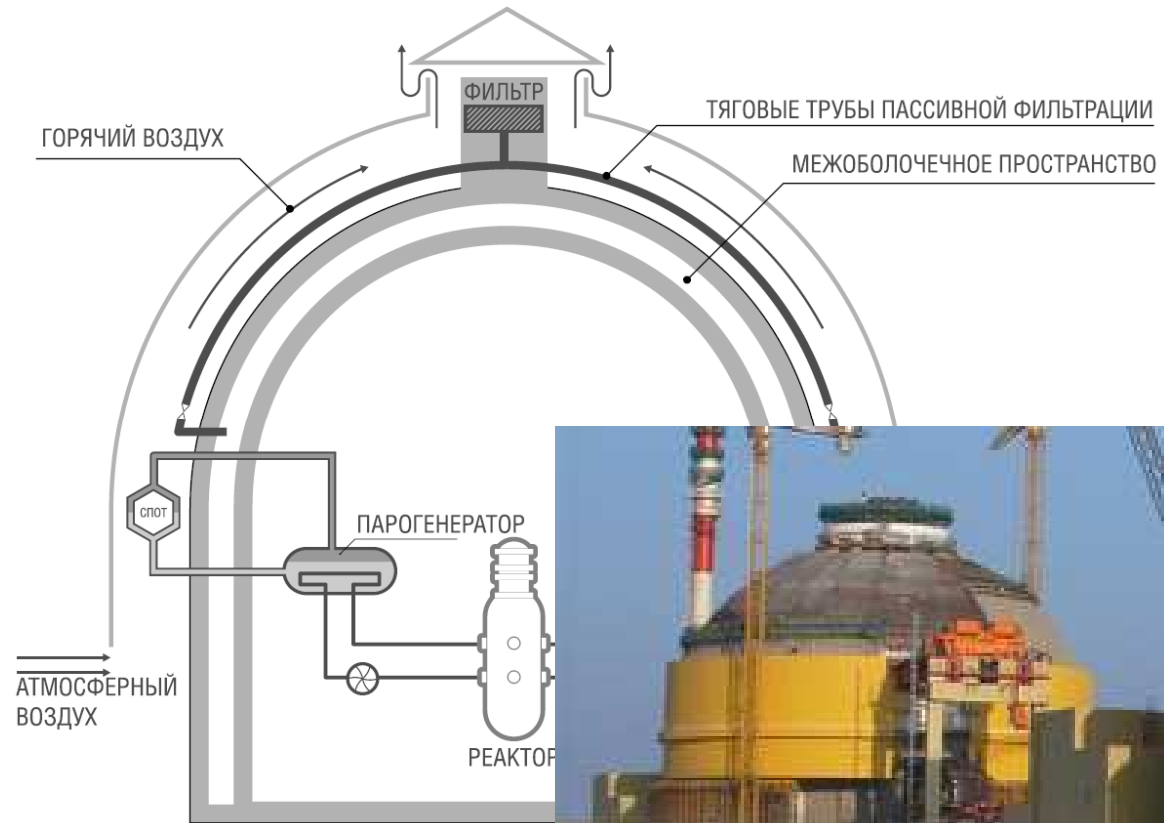
A konténment passzív hűtése

A gőzfejlesztők hűtésére is alkalmas külső hőcserélőkhöz a konténmenten belül elhelyezett hőcserélők csatlakoztathatóak



A konténment szűrt léghűtése

- A levegő természetes cirkulációja a konténmenten kívül
- A szűrő tovább csökkenti a környezeti kibocsátást
- A külső hőcserélők intenzív hűtése

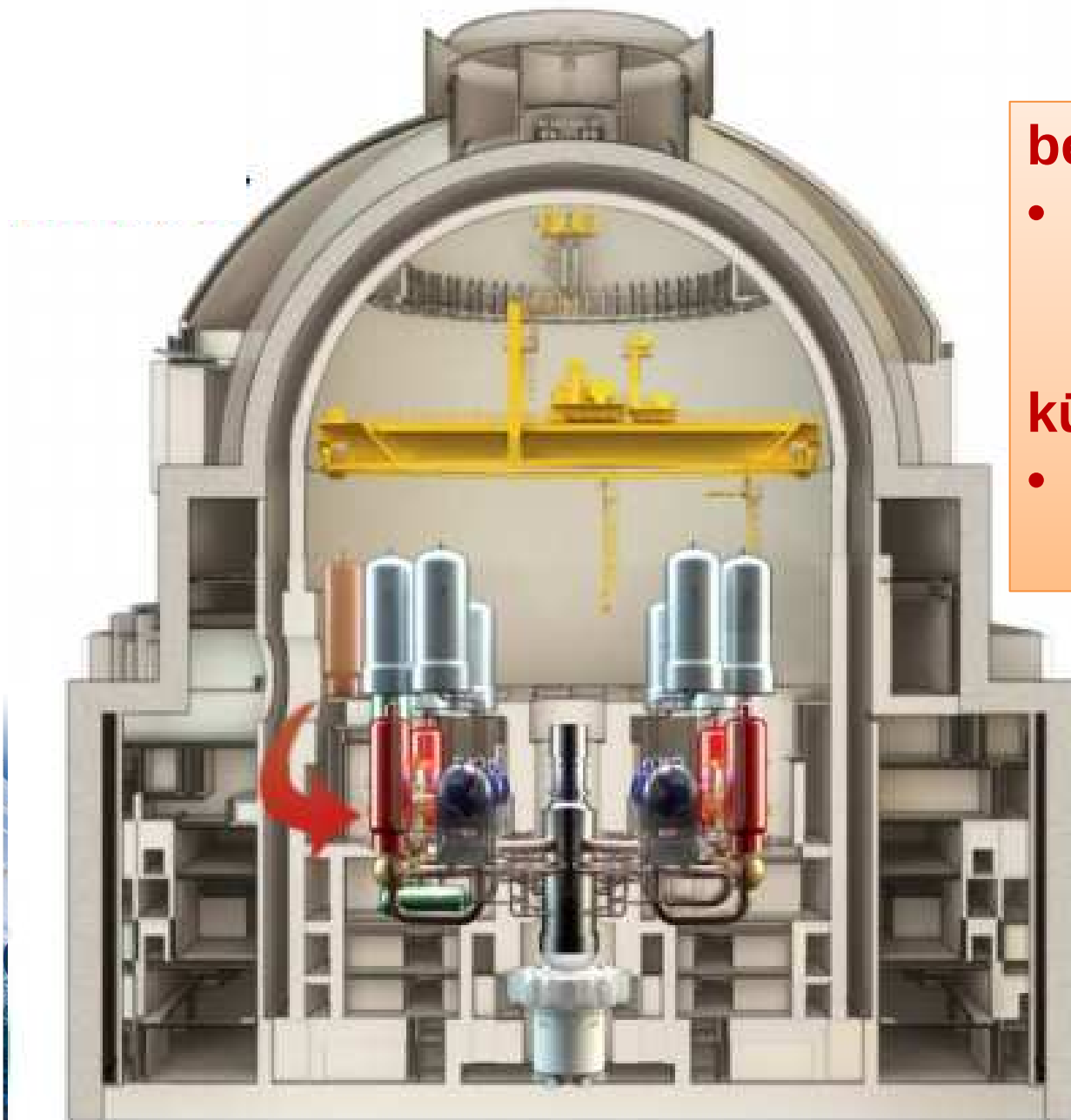


- **kettős fal**
- **hermetikusan elzárja a környezettől a reaktort**
- **44 m belső átmérő**
- **fal vastagsága a 1-1,2 m**
- **előfeszített beton**
- **6 mm vastag acélburkolat**
- **a külső és belső fal közötti légtérből elszívás szűrőkön keresztül**
- **az átmenő csővezetékek mindig szeleppel vannak ellátva**
- **az ajtók zsilipszerűen működnek és**

Konténment



Konténment



belső fal:

- **aktivitáskikerülés megakadályozása**

külső fal:

- **külső hatások elleni védelem**

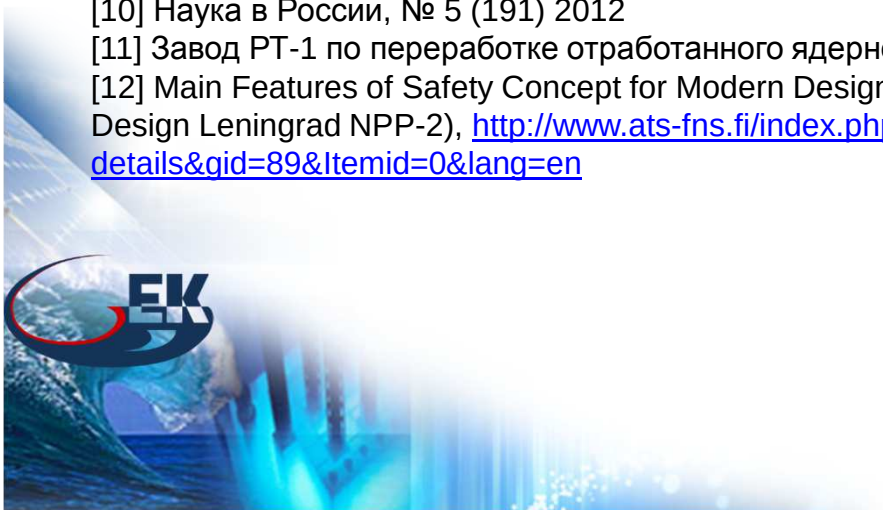
Külső események elleni védetség

- földrengés
- több méter vastag nedves hótakaró
- erős szél
- árvíz és cunami
- külső robbanást követő lökéshullám
- repülőgép rázuhanása



Irodalomjegyzék

- [1] V. Molchanov: Nuclear fuel for NPPs, Current Status and Main Trends of Development, 10th International Conference on WWER Fuel Performance, Modelling and Experimental Support, 07-14.09.2013, Inter-Hotel, Bulgaria
- [2] N.S. Fil : VVER-1200 Reactor Plant and Safety Systems, Rosatom Seminar on Russian Nuclear Energy Technologies and Solutions , April 2-3, 2012, Johannesburg, Sandton Convention Center
- [3] A. Uskov: Spent nuclear fuel projects in Ukraine and first steps to their implementation, Regional meeting on national strategies concerning nuclear fuel cycle and high level radioactive waste (HLRW), IAEA RER/3/008, 18-19 March 2009, Budapest, Hungary
- [4] Status and trends in spent fuel reprocessing, IAEA-TECDOC-1467, 2005.
- [5] OECD 2011, Technical and economical aspects of load following with nuclear power plants <http://www.oecd-neo.org/ndd/reports/2011/load-following-npp.pdf>
- [6] Design AES-2006, Joint Stock Company St. Petersburg Research and Design Institute, ATOMENERGOPOEKT,2011, http://www.rosatom.ru/wps/wcm/connect/spb_aep/site/resources/d4229080474289b1ae22be86442d90bd/AES-2006_2011_EN.pdf
- [7] Эволюционное и инновационное развитие реакторных установок водо-водяного типа, Международный форум «АТОМЭКСПО 2010» г.Москва, ЦВЗ «Манеж», июнь 2010 г.
- [8] Yu. Gagarinskiy, Radioactive waste management in the Russian nuclear development strategy: a view of the Kurchatov Institute, EUROSAFE 2013,
- [9] Opinion paper Regional Strategies Concerning Nuclear Fuel Cycle and HLRW in Central and Eastern European Countries, 2010.
- [10] Наука в России, № 5 (191) 2012
- [11] Завод РТ-1 по переработке отработанного ядерного топлива. ПО «Маяк», Озёрск, <http://bigpicture.ru/?p=156593>
- [12] Main Features of Safety Concept for Modern Design of NPP with High Power VVER Reactors (AES-2006 Design for Design Leningrad NPP-2), http://www.ats-fns.fi/index.php?option=com_joomdoc&task=doc_details&qid=89&Itemid=0&lang=en



Köszönöm a figyelmet!

