



mvm paksi atomerőmű

Paksi bővítés: a nemzetközi háttér, a VVER fejlődése, az orosz atomipar



57. Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató

Eger, 2014. március 14.

Cserhádi András
műszaki főszakértő

1



mvm paksi atomerőmű

Tartalom

- **2013 főbb eseményei a paksi bővítésben potenciálisan érintett öt típus kapcsán**
 - orosz AES-2006, amerikai-japán AP1000, dél-koreai APR1400, francia-japán ATMEA1 és francia EPR.
- **Államközi megállapodás orosz blokkra**
- **VVER evolúció, nemzedékek**
 - korai blokkok, VVER-440, VVER-1000 és a jövő,
 - rend vágása a burjánzó altípusokban, kódnevekben.
- **Rövid AES-2006 áttekintés**
- **A centralizált orosz atomipar**
 - a Roszatom szervezete, tevékenységei,
 - áttekintés a paksi bővítésnél velünk kapcsolatba kerülő tagintézményekről, cégekről,
 - K+F és oktatás.

2

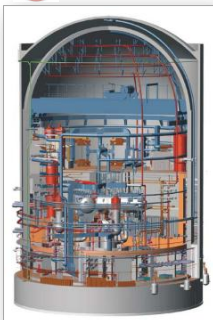
Cserhádi A.

2014-03-14

A 2013-ig versengő projektek



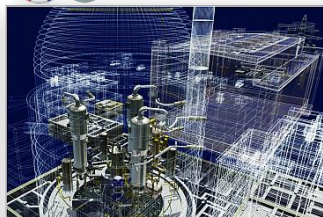
AES-2006



AP1000



ATMEA1



APR1400



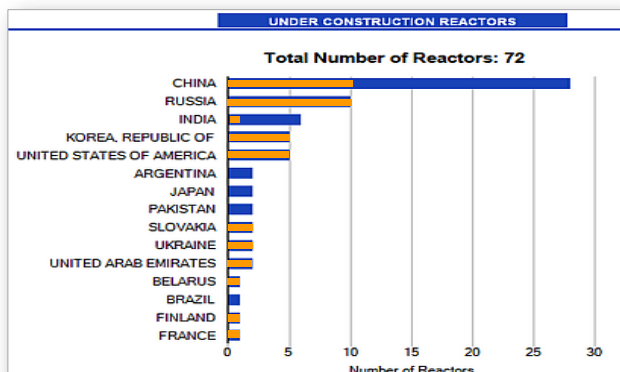
EPR



?

Épülő, tervezett atomerőművek

- 72 reaktor épül, ebből 39 a nálunk előválasztott típusok valamelyike



- Ha a tervezetteket is számba vesszük, az öt típus még nagyobb hányadot képvisel

- **Rendszeresen figyelt portálok, lapok**
– heti 1-5 alkalommal



- **Részletek, független megerősítések**
– célirányos keresés: [GoogleHírek](#), [ЯндексНовости](#)
– nem angol, orosz nyelvű (pl. francia, német, cseh, koreai, kínai, finn): [GoogleFordító](#) gépi fordítás
- **A hírfolyamban ~150 hír gyűlt össze**
– rendezés időrend, típus, ország szerint

időrendben

2013 főbb hírei a számunkra fontos új atomerő típusok piacáról

Havi hírfolyam, közel időrendben

2013. január

- AP1000 – Épülnek a szimulátorok a kínai Sanmen és Haiyang telephelyeken.
- EPR – Bár Fukushima után jelentős változások következnek be a piacon, a francia AREVA azt jelenti, hogy 2012-es értékesítési árbevétele 5,3%-kal nőtt, rendelési állománya nem változott az előző évhöz képest. A francia EdF is összességében elégedett a 2012. év eredményeivel (főként a hazai és az angol atomerőművei termeléséből befolyt jövedelemmel), noha ki kell vásárolnia a francia Flamanville-3 beruházásból kiszállt olasz Enel-t és e blokk létesítése is tovább késik.
- AES-2006 – Környezeti engedélyt kapnak a cseh Temelín-3, -4 blokkok.
- AES-2006 – A cseh CEZ csökkentené részesedését a szlovák JESS vegyesvállalatban, melyet a bohunicei V3 blokk létesítésére alapítottak. A szlovákok és csehek információt osztanak meg az oroszokkal, hogy azok eldöntsék, hogy a JESS-be. Ha a CEZ teljes tulajdoni hányadát eladja, a blokkhoz vezet.
- AES-2006 – Banglades 500 millió USD kölcsönt kap Rooppur atomerőmű beruházásának 2014-i elkezdéséhez.

2013 főbb hírei a számunkra fontos új atomerő típusok piacáról

Típusok szerint

ATMEA1

- Török-japán kormányfői megállapodás a második török atomerőműről. Sinop telephelyen négy ilyen blokk épül, ez lesz a típus első megvalósítása. A létesítő konzorcium a japán MHI és a francia-belga GDF Suez.
- A május végére ígért jordániai döntésről egyelőre nincs hír (már csak az ATMEA és a RO van versenyben).
- Sikeresen teljesíti a kanadai nukleáris hatóság engedélyezési folyamatának első lépését.
- A kínai SNPTC (állami atomenergetikai társaság) braziliai irodájának megnyitása kapcsán jelent meg, hogy az Elettronuclear az Angra-3 befejezése után legkorábban 2020 kezdéssel két további négyblokkos atomerőmű létesítését tervezi. Típusról még nem döntöttek, de az AP1000, ATMEA1 vagy VVER-1000 lehet.
- Jordánia pár héten belül tényleg megnevezi nukleáris tenderének győztesét, jelentette be az ország atomenergia bizottságának elnöke Dubajban, a MENA (közép-keleti és észak-afrikai) régió 4. atomerőmű létesítési konferenciáján.

típusokra
rendezve

• Tipikus hírféleségek

• Marketing, politikai marketing

- műszaki, beszállítói nap, bemutató
- (miniszter)elnöki látogatás,

• Tender események

- kiírás, ajánlattétel, kizárás, elbírálás,
- versengők egymást lejárató akciói

• Államközi megállapodások

- típus, szállító konzorcium,
- finanszírozás (BOT, BOO, hitel)

• Nemzeti energiapolitikák

- nukleáris felfutás

• Engedélyezés, hatósági ügyek

- előminősítés,
- környezeti, építési stb. engedély,
- elutasítások

• Cégmozgások, együttműködés

- projekt-cég eladások, közös vállalatok, tulajdoni hányadok,

• Konkrét létesítési projektek

- eseménysor alapkötől avatásig,
- mérőökök betontól villanyig,
- prototípusok,
- gyártók, beszállítók,
- késések, jogviták, megtorpanások, törlések

• Oktatás, betanulás

- helyszínek, intézmények

• Lakossági elfogadás vagy ellenakciók

• Nemzetközi viták

- Espoo-i egyezmény
- választott bíróság

• Korrupciós botrány, büntetőjog

• EU versenyjogi felülvizsgálat

• NAÜ missziók

- infrastruktúra felmérése

• Tendenciák globális nyomulás, BO~/hitelek előtérben

Előfutár	Tianwan Kudankulam Belene	
Épül	Tianwan Kudankulam	Novovoronyezs-II Leningrád-II Balti Asztravec*
Megállapodás	NinhThuan1* Ruppur* Jordán*	Akkuyu* Hanhikivi Paks*
Tenderben		Temelín
Hazai terv		Kosztroma NyizsnijNovgorod Tatár Szerverszk Kola-II Kurszk-II Szmolenszk-II
Távolabb	Metsamor? Haripur? Balhas?	Bohunice
Próbálkozások	Egyiptom Argentína Brazília Dél-Afrika Nigéria Kenya Ghána Indonézia Nagy Britannia Szaúd-Arábia	

* BOT (Build-Own-Transfer) vagy BOO (Build-Own-Operate) vagy szállítói hitel

színek: **zöld** üzemel **piros** halad **sárga** bizonytalan **kék** leállítva távoli még távolabbi



AP1000

• Tendenciák, események

- = Kína: prototípus, építések, honosítás.
- = USA: 30 év óta megint épül atomerőmű, de olcsó a palagáz
- = Kanada: tender lefűjva.
- = Csehország: lebeg a tender.
- = Nagy Britannia: résztulajdon vásárlással.
- = India, Bulgária: talán.

Épül	Sanmen Haiyang Vogtle Summer
Megállapodás van/közel	Lufeng Sellafield
Tenderben	Darlington Temelin
Hazai terv	ShearonHarris WilliamStatesLee Levy
Távolabb	Kozloduj Gujarat
Próbálkozások	Lengyelország, Brazília, Dél-Afrika, Száúd-Arábia



APR1400

• Tendenciák, események

- = Korea: prototípus elkészült, de nem indult a hamisított bizonylat botrány miatt, de sok további építés tervben.
- = EA Emírségek: ütemes, zavartalan építés.
- = Törökország: kiestek a versenyből
- = Finnország: még versenyben

Épül	Shinkori Barakah
Tenderben	Sinop, Olkiluoto
Hazai terv	Shinkori ShinHanul
Próbálkozások	Litvánia, Vietnam, E-Afrika, USA



ATMEA1

• Tendenciák, események

- = Törökország: a második atomerőműnél befutott
- = Jordánia: sokáig versenyben, majd elvesztette a tendert
- = Franciaország: hatósági biztonsági értékelés, halvány remény az építésre (EdF-GdF Suez birkózás)
- = Kanada: hatósági előminősítés

Épül	---
Megállapodás van	Sinop
Tender	Jordán
Próbálkozások	Franciaország, Argentína, Brazília, Kanada, Lengyelország, Magyarország



EPR

• Tendenciák

- = Finnország: prototípus elhúzódik, de a típus tenderben
- = Franciaország: szintén késés, drágulás
- = Kína: az itteni blokkok indulnak először
- = Nagy-Britannia: előminősített, építési engedély és finanszírozási megállapodás van
- = Csehország: tenderből kizárva
- = India: jó kilátások
- = USA: típusengedélyezés egyelőre elutasítva jogi alapon

Épül	Olkiluoto, Flamanville, Taishan
Megállapodás van	HinkleyPointC Hanhikivi
Tender	Barakah Olkiluoto Temelin
Távolabb	Jaitapur
Próbálkozások	Csehország, USA, Lengyelország, Száúd-Arábia



Közelmúlt történései

- Bizalmas politikai előkészítés
- Kormányzati döntés a tender elvetéséről
- Brüsszel, EURATOM tájékoztatása
- 01.14. Előzetes államközi megállapodás
 - Roszatom 2, egyenként <1200 MW blokkot szállít,
 - orosz kölcsön beruházás 80%-ára, 3,9-4,9% kamat



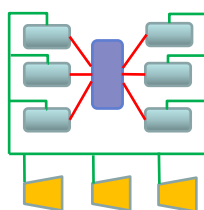
- Parlamenti jóváhagyás

• Evolúció, a generációs határok nem élesek

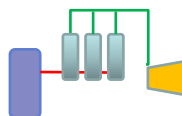
G	típus	altípus	elnevezés	év	prototípus blokk	db
G1	VVER-210	V-1	bevezető blokkok	1964	Novovoronyeys-1 	1
	VVER-70	V-2		1966	Rheinsberg 	1
	VVER-365	V-3M		1969	Novovoronyeys-2 	1
G2	VVER-440	V-179, V-230	korai	1971-	Novovoronyeys-3 	16
		V-213	kései/konténment	1977-	Loviisa-1 	2
		V-213 	kései/loktorony	1980-	Rovno-1 	17
G2+	VVER-1000	V-187	„fejblokk”	1980-	Novovoronyeys-5 	1
		V-302, V-338	„kis sorozat”	1982-	D-Ukrajna 	4
		V-320	„nagy sorozat”	1984-	Zaporozsje-1 	21
		V-428	AES-91	2006-	Tianwan-1 	2
G3	VVER-1200	V-412	AES-92	2013-	Kudankulam-1 	1
		V-392M, V-491 	AES-2006 külföld: MIR-1200	2014-	Novovoronyeys II-1 Leningrád II-1 	0
	VVER-1300	V-510	TOI, AES-2010	?	még nincs a piacon	

• Korai demonstrációs atomerőművek

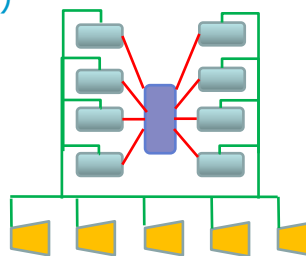
- más technológiák és/vagy országok:
 - = 1954 Obnyinszk, urán-grafit-víz, 6 MW (villany, kutatás)
 - = 1956 Calder Hall-1, urán-grafit-CO₂, 50 MW (Pu, villany)
 - = 1958 Shippingport, urán-víz-víz, 60 MW, (villany)
- 60-as évek: szovjet VVER (nyomottvizes) blokkok
 - = Novovoronyeys, Rheinsberg (NDK)



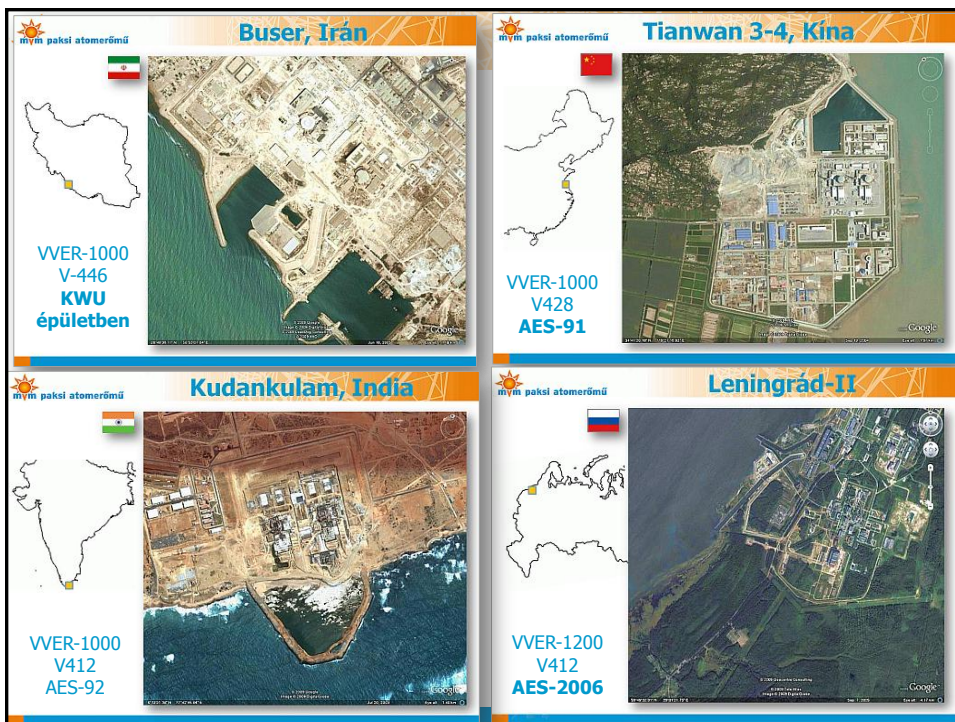
3x70 MW



1x70 MW



5x75 MW



AES-2006->MIR-1200

• Legfontosabb elemek

forrás: origo.hu

1

Vasbeton védőépület (konténerment)
Az 50 méter átmérőjű szerkezet kettős betonsíkkal épül

2

Reaktorblokk (primer kör)
Itt nagy nyomáson kering a hűtővíz, amely közvetlenül érintkezik a nukleáris fűtőanyaggal, tehát sugárzó izotópokat tartalmaz

1. Reaktor
2. Gőzfejlesztők
3. Fűtőanyag szivattyúk
4. Fűtővezeték
5. Nyomáskiegyenlítő rendszer
6. Vészlevezető reaktormag-hűtő rendszer (passzív, vagyis emberi beavatkozást nem igényel)
7. Vészlevezető gázvezető rendszer

3

Reaktor
1. Szabályozóelemek hajlómecánikája
2. Neutrondetektorok
3. Reaktormag a fűtőelemkazettákkal
4. Reaktortartály

4

Fűtőelem-kazetták
235-ös uránizotóppal dúsított természetes urán. Az urán-oxidot kapszulusokat cirkónium-oxidban csatlécskába helyezik, amelyeket kötegekbe fognak

5

Gőzfejlesztő
A hőcserélő, amelyben a reaktorblokkból kiáramló, nagy nyomású víz a hő nagy részét átadja a másodlagos (szekunder) kör tápvizének, felforralva azt utóbbi. Ez a gőz hajtja meg a turbinákat

6

Aktív biztonsági rendszerek
Négy párhuzamos, tízzáró falú elkövetett sziv, működéséhez villanyárama van szükség

7

Passzív biztonsági rendszerek
Nem igényelnek áramot, a fizika törvényei alapján védik a környezetet súlyos baleset esetén a radioaktív szennyezéstől

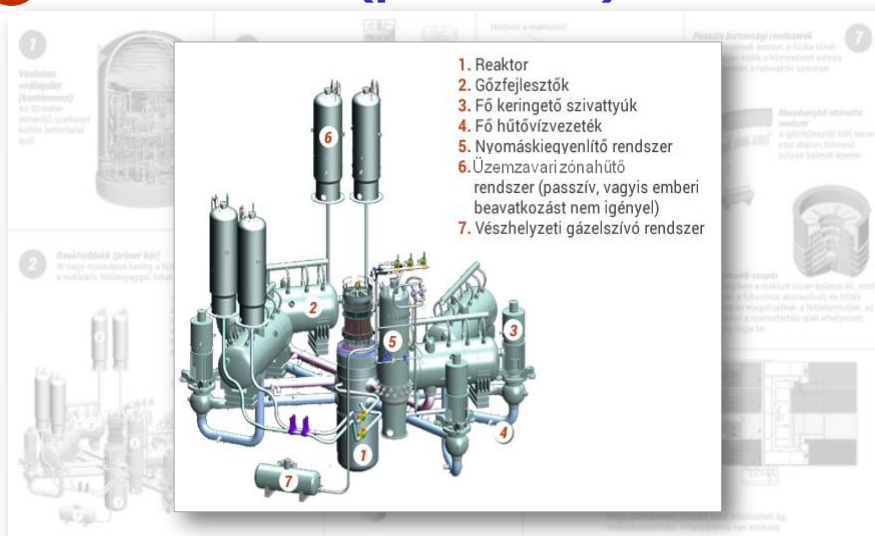
Maradványhű-eltávolító rendszer
A gőzfejlesztőtől hűtő tervezési alapon külön működtetett súlyos baleset esetén

Záróvalvók-szága
Amennyiben a reaktort olyan baleset ér, mint amilyen a fűtőelem-atomerővel, és hűtés hiányában megkezdődik a fűtőelemek, az olvadékok a reaktortartály alatt elhelyezett egység fogja fel

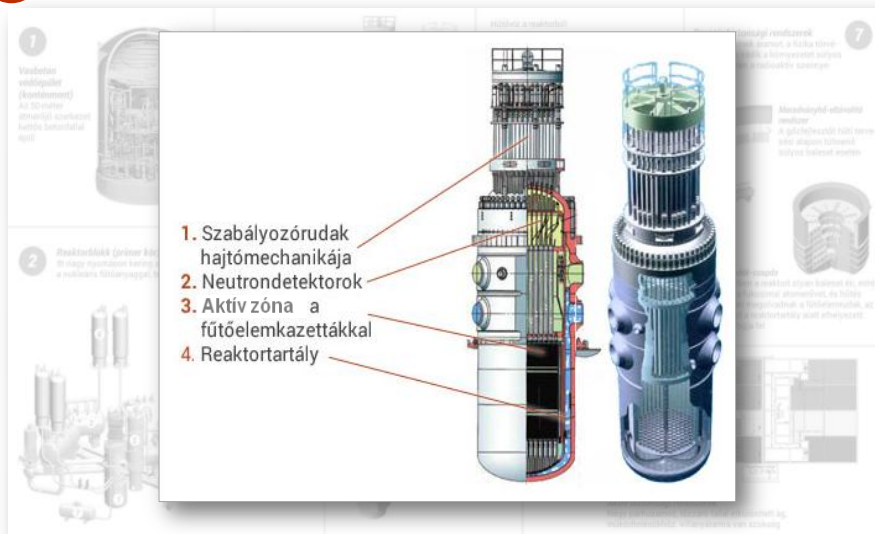
1 Vasbeton védőépület (konténment)



2 Reaktorblokk (primer kör)



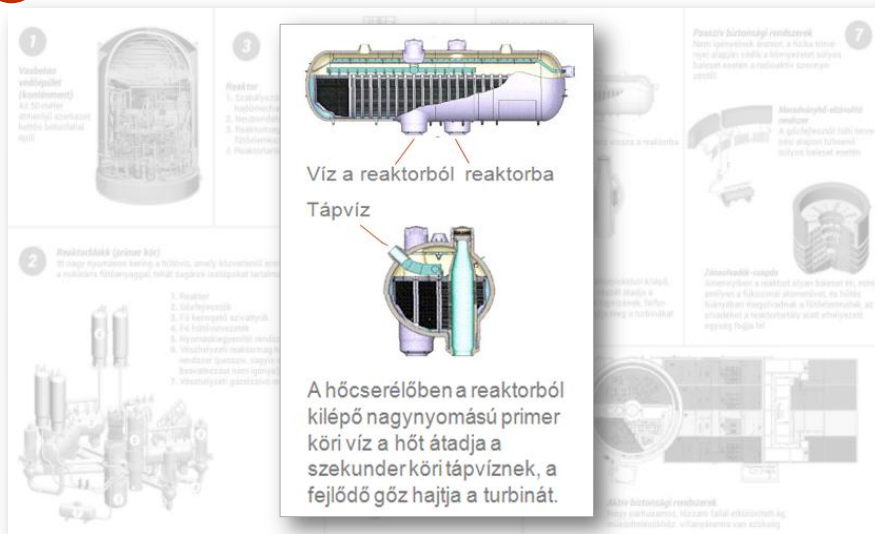
3 Reaktor, főbb elemei



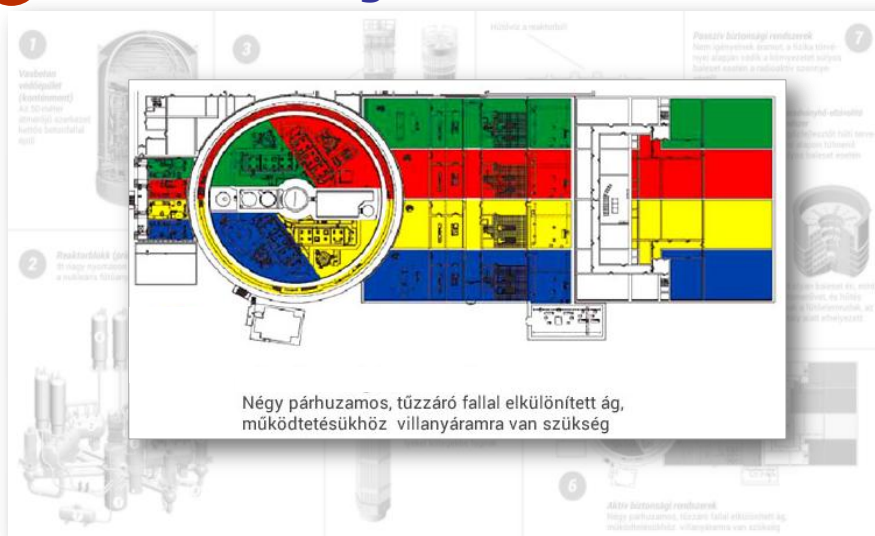
4 Fűtőelem kazetták



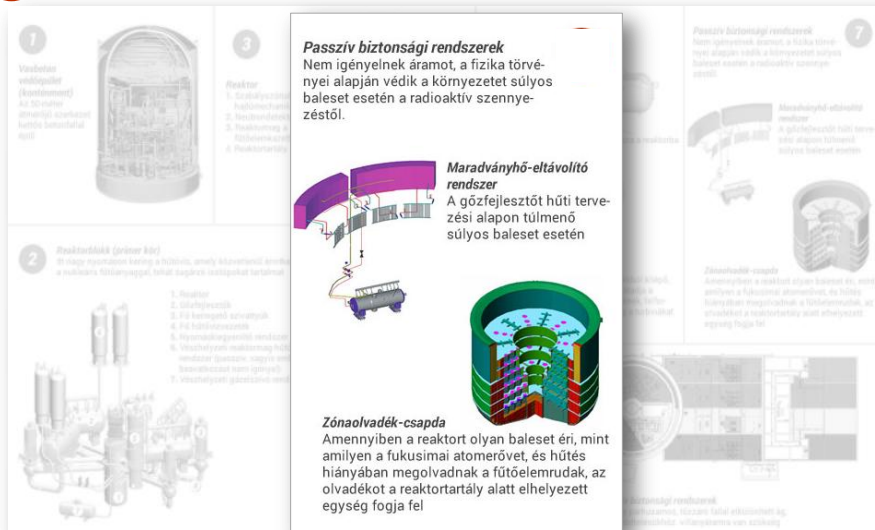
5 Gőzfejlesztő



6 Aktív biztonsági rendszerek



7 Passzív biztonsági rendszerek



- **Kissé eltérő prototípusok**

árnyalatnyival jobb;
több, erősebb izolált ág

		Novovoronyezs-II V-392M	Leningrád-II V-491
ÜZ zónahűtés	A	2 ág, [P+p]	4x100%, [P]+[p]
ÜZ bórsav befecskendezés	A	2x100%	4x50%
ÜZ tápvíz ellátás	A	nincs	4x100%
ÜZ gőzfejlesztő hűtés	A	2x100%	nincs
ÜZ zónahűtés	P	4x33%	4x33%
ÜZ zóna elárasztás	P	4x33%, 4x2 HA	nincs
Hőelvezetés - reaktor	P	4x25%, 4x2 LHH	4x33%, 4x18 VHH
Hőelvezetés - épület	P	nincs	van
Olvadékcsapda	P	van	van

ÜZ - üzemzavari, A - aktív, P - passzív

inkább ez a MIR-1200

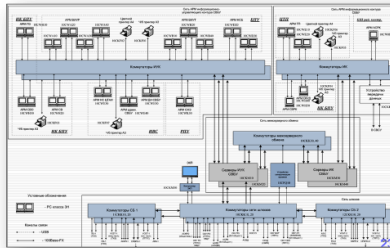
[P+p] - nagy és kisnyomású együtt, **[P]+[p]** - nagy és kisnyomású külön

HA - hidroakkumulátor, **LHH** - léghűtésű hőcserélő, **VHH** - vízhűtésű hőcserélő

• Korszerű, digitális alapok

- rendszerintegrátor: a moszkvai VNIIAES
- korai mintablokk(ok)
 - = Kalinyin-3 [VVER-1000/V-320] -> Tianwan [AES-91],
 - = Akkuyu – a brit hatóság ad tanácsot az engedélyezéshez,
 - = Hanhikivi – a finn hatóság nem fogadta el a javasolt I&C-t.
- potenciális beszállítók
 - = oroszok, pl. Fizpribor, VNIIEM
 - = Siemens - TXP (általános) -> SPPA T3000, AREVA - TXS (biztonsági)

Novovoronyezs-II

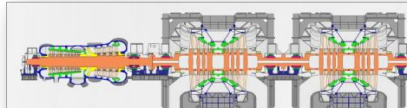


rendszer struktúra

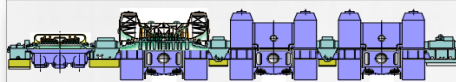


vezénylői látványterv

- >1000 MW: lassú járatú (1500 ford/perc)
- 4 potenciális gyártó



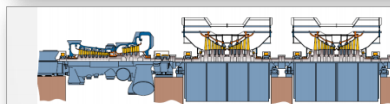
LMZ K-1200-6,8/25



TURBOATOM K-1100-60/1500-2M

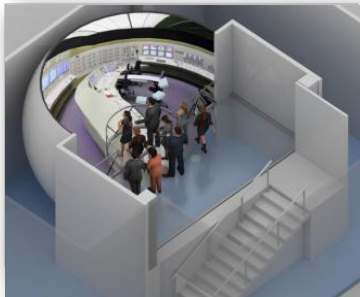


Siemens SST5-9000



Alstom ARABELLE™ 1000





ВВЭР-ТОИ (В-510)

- **типовой**,
 - **оптимизированный** и
 - **информатизированный**
- проект
двухблочной АЭС с
реактором ВВЭР-1300

- **tipizált**
= kiindulás különféle konkrét atomerőmű tervekhez
- **optimalizált**
= javított üzemi, gazdasági paraméterek, AES-2006 alapjáról
- **„informatizált”** *nincs is ilyen magyar szó (még :-)*
= ez nem a korszerű irányítástechnika, ember-gép kapcsolat,
= hanem a modern információtechnológia teljes alkalmazása
már az életciklus elejétől - tervezés, piacra vitel, létesítés ...

- **Többféle jellemzése megállja a helyét**
 - végletesen központosított állami monopólium
 - tökéletesen integrált technológiai holding
- **2007-től, ~350 nem kis cég egybevonva**



atom-
energetika



nukleáris
fegyver-
komplexum



alkalmazott
és alap-
kutatás



környezeti
és nukleáris
felügyelet



atom-
jégtörő
flotta



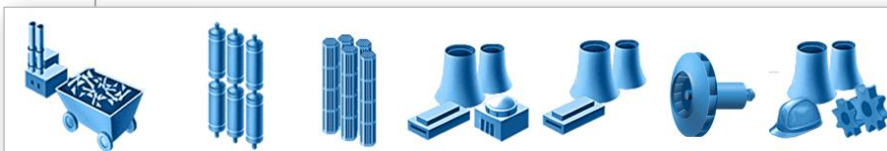
nukleáris
medicina



kompozit
anyagok



Atomenergoprom



urán
bányászat

urán
dúsítás

üzemanyag
gyártás

atomerőmű
tervezés és
létesítés

energia
termelés
üzemeltetés

nukleáris
gép-
gyártás

szolgál-
tatások

Atomredmetzoloto

gyárt

TVEL
Tjehsznabexport

elad

Atomenergoprojekt
Atomsztrojexport

Roszenergoatom

Atomenergomas

Atomtyechno
Atomenergoremont

űh

TMK



Atomenergoprojektek Atomsztrojexport



Kudankulam épül

• Profilok, egyes tagvállalatok

– generáltervezés, engineering, ritkábban létesítés (Atomenergoprojekt)

1932 Tyeploelektroprojekt,
1982 Atomtyeploelektroprojekt
2008 Atomenergoprojekt

AEP Moszkva

Novovoronyezs, Balakovo,
Novovoronyezs-II, Kozloduj,
Zaporozsje, Temelin, Buser,
Belene, Kudankulam, Akkuyu



1929 Energosztroj, Leningrád
1932 Tyeploelektroprojekt
1982 Atomenergoprojekt

AEP Szentpétervár

Kola, Bohunice, Loviisa,
Dukovany, Mochovce, Buser,
Tianwan-1,2, Leningrád-II, Balti
komoly külföldi projektek



1951 Tyeploelektroprojekt, Gorkij
2007 Atomenergoprojekt

AEP Nyizsnyij Novgorod

Buser, Balti, Kudankulam,
Tianwan-3,4, Belarusz,
Akkuyu, Ninh Thuan
új, fejlődő intézet,
főként részfeladatokkal kezdett

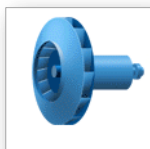


Melyik fogja tervezni Paks-II-t a három közül?

– export, külföldi létesítés (Atomsztrojexport)

a jogelőd Atomnergexport pl. a Paks-1,2,3,4 blokkokon is dolgozott





Atomenergomas
holding,
mintegy 50 cég



gőzfejlesztő
fenék

• Profilok, egyes tagvállalatok

- tervezés, engineering 8 (CNIITMAS, Hidropress, Afrikantov)
- metallurgia 1 (Energomasszpecsztat)
- reaktor, tartályok 3 (ZIO Podolszk, Atommas, Petrozavodszkmas)
- turbina 1 (Alstom-Atomenergomas)
- szerelvények 3 (ARAKO)
- szivattyú és szállítás 2 (CKBM, Ganz EEM)
- műszergyártás 2 (FIZPRIBOR)
- szellőzés 1
- hűtőtorony, szerelés 2 (Chladici veze Praha)
- komplex szállítások 1

Vannak más nagy,
nem Roszatom tag
gépgyártó cégek is!

OMZ, benne Izhora,
Skoda JS
SzilMas, benne LMZ

• Kurcsatov Intézet

- = alárendeltség - 1991-ig Atomenergetikai Minisztériumnál;
1991-től közvetlenül a kormány alatt,
(sem akadémiához, sem minisztériumhoz nem tartozik)
- = név: szovjet időkben - Kurcsatov Atomenergia Intézet;
2011 - Kurcsatov Nemzeti Kutatóközpont, +3 intézettel

atomenergetika
reaktorfizika
fúzió és plazma
kisenégiájú
magfizika
szilárdtest fizika
szupravezetés
molekuláris fizika
fizikokémia
nanotechnológia
informatika

Kurcsatov
Intézet
(Moszkva)

volt
Konstantinov
Szentpétervári
Magfizikai Intézet
(Gatcsina)

neutron



volt

Alihanov
Elméleti és Kísérleti
Fizikai Intézet
(Moszkva)

nehézion

volt

Nagyenergiájú
Fizikai Intézet
(Protvino)

proton

• Kurcsatov Intézetből kivált intézetek

-  = Bocsvar Intézet (Moszkva) anyagvizsgálat, nukleáris üzemanyag, metrológia,
-  = VNIAR (Dimitrovgrád) reaktorok, nukleáris üzemanyag,
-  = TRINITI (Troick) fúzió.

• Néhány más intézet

-  = Lejpuszskij Intézet (Obnyinszk) – atomenergetika,
-  = Hlopin Rádium Intézet (Szt.pétervár) radiokémia, sugárvédelem, radioaktív hulladékkezelés,
-  = NIIIEFA Jefremov Intézet (Szt.pétervár) fúzió, lézer, MHD,
-  = VNIPIET (Szt.pétervár) energetikai technológiák,
-  = VNIAM (Moszkva) atomenergetikai gépfejlesztés/gyártás,
-  = VNIITFA (Moszkva) műszaki fizika, automatizálás,
-  = Dedal Intézet (Dubna) fizikai védelem.

• Bázisintézmények

- 14 egyetem,
- = ebből 7 támogatást kap a nemzetközi versenyképesség javítására
- kiemelt a MIFI,
- = 10 kihelyezett tagozata működik

• Ösztöndíjak, díjak

140801 - Nukleáris elektronika és automatika
 141401 - Atomreaktorok és nukleáris anyagok
 141403 - Atomerőmű tervezés, üzemeltetés
 141405 - Izotóp szeparáció, nukleáris üzemanyag
 240601 - Energetikai vegyészeti technológiák
 020014 - Radiokémia

- | | |
|---|--|
| <p>5 Moszkva, Nukleáris KE (MIFI)</p> <p>10 Moszkva, Energetikai KE (MEI)</p> <p>Moszkva, Mengyelejev Vegyipari E</p> <p>3 Moszkva, Bauman Műszaki E</p> <p>Moszkva, Acélipari KE (MISziSz)</p> <p>Moszkva, Építészeti KE</p> <p>9 Szt.pétervár, Műszaki E</p> <p>4 Szt.pétervár, Állami E</p> <p>Szt.pétervár, Makarov Flotta E</p> <p>Nyizsnij Novgorod, Lobacsevszij KE</p> <p>Nyizsnij Novgorod, Alekszejev Műszaki E</p> <p>Ivanovo, Lenin Energetikai E</p> <p>Jekatyerinburg, Jelcin Uráli E</p> <p>7 Tomszk, Műszaki KE</p> |  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p>E - egyetem,
KE - kutatóegyetem</p> </div> |
|---|--|

orosz egyetemi rangsor
 oktatás minősége,
 végzettek kereslete,
 tudományos szint

• Főbb szakok

- **Az atomenergetika**
 - a (hazai) high-tech része
- **Új blokk előbb-utóbb épül**
- **Kell a hozzáértő munkaerő**
 - a létesítéshez (6-8 év)
 - az üzemeltetéshez (60+? év) és
 - a majdani leszereléshez (~évtized)
- **Hosszú távú, stabil munkahely – itthon!**
- **Anyagi, erkölcsi megbecsülés**
- **Vonzó karriercél a mai középiskolásnak**



forrás: tehetség.pte.hu

Kérem, közvetítsék diákjaiknak!

Köszönöm a figyelmet!

