
Fukusima: mi történt és mi várható?

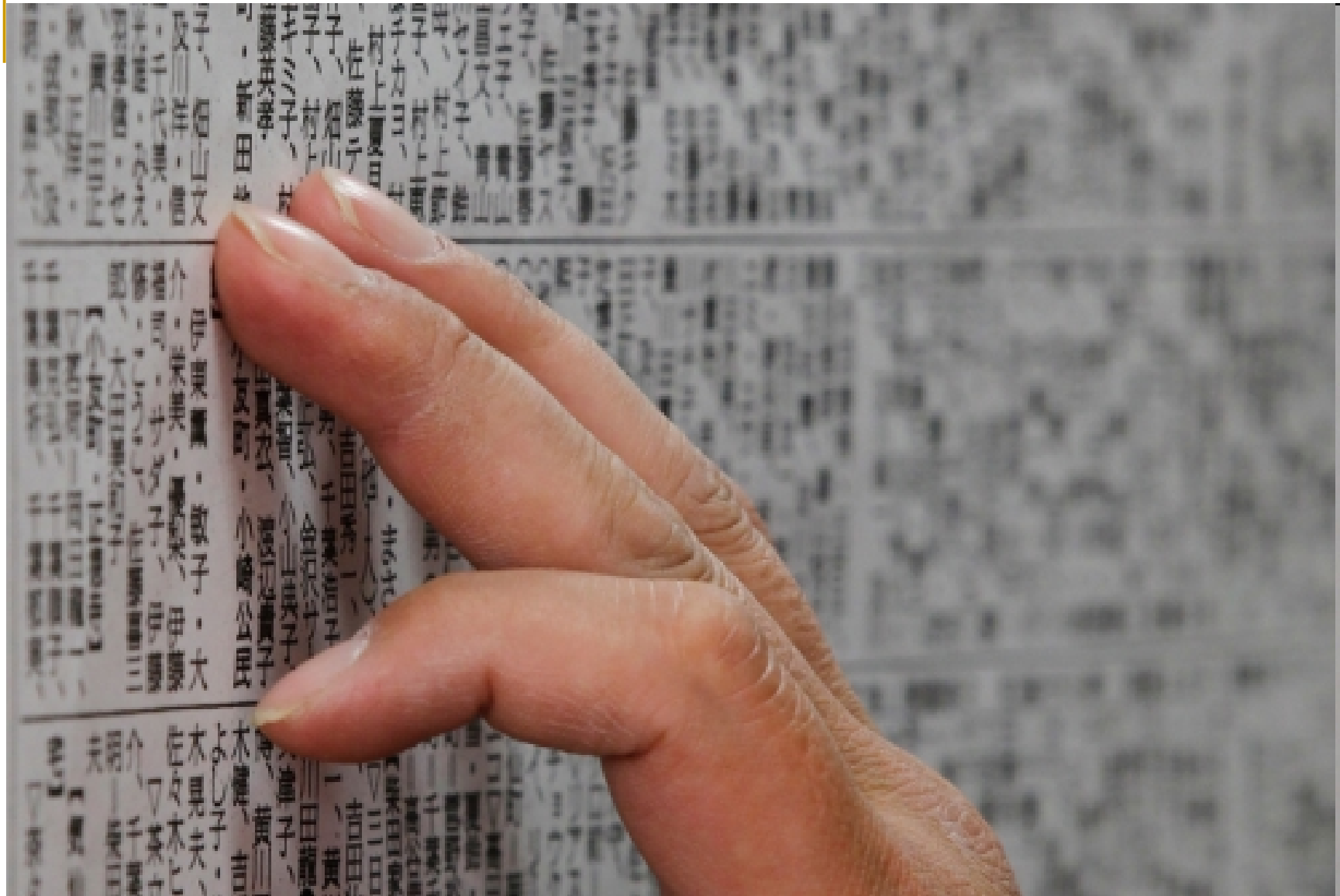
Kulacsy Katalin

MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet

Áldozatok és áldozatkészek

- A cunami tízezerszám szedett áldozatokat.
- 185 000 kitelepített él tábori körülmények között.
- A fukusimai atomerőműben több száz ember dolgozik erős sugárzásban.
- Japán igen nehéz helyzetben van.





Főbb forrásaim

- angol nyelvű információ
 - <http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html>
 - <http://www.nisa.meti.go.jp/english/>
 - <http://www.iaea.org/newscenter/news/tsunamiupdate01.html>
- magyar nyelvű információ
 - http://www.oah.hu/web/v2/portal.nsf/index_hu
 - <http://www.reak.bme.hu/index.php?id=768>
 - <http://nukleraj.blog.hu/?token=597a23258b28d2b1fdc8773b8e804e54>
- fényképek
 - <http://index.hu>
 - egyéb média

Az előadás háttere

- az emberek kérdeznek – mi is
- kevés válasz van, nemzetközi szinten is
- hiányosak a tényadatok (senki sem tudja, mi van a sérült blokkokban)
- itthon kevés szakismeret van kézben az ilyen atomerőművekről

Az előadás a 2011.03.24-ig közölt adatokon, a szakirodalomból és külföldi kollégáktól szerzett információkon, valamint általános atomerőművi ismereteken alapszik. További információk fényében néhol hibásnak bizonyulhat.

Az előadás felépítése

- Japán
- a természeti katasztrófa és általános következményei
- műszaki részletek
- az eseménysorok
- következmények

Japán



Terület:

378 ezer km²

Erdő, vadon:

67%=253 ezer km²

„Hasznos”:

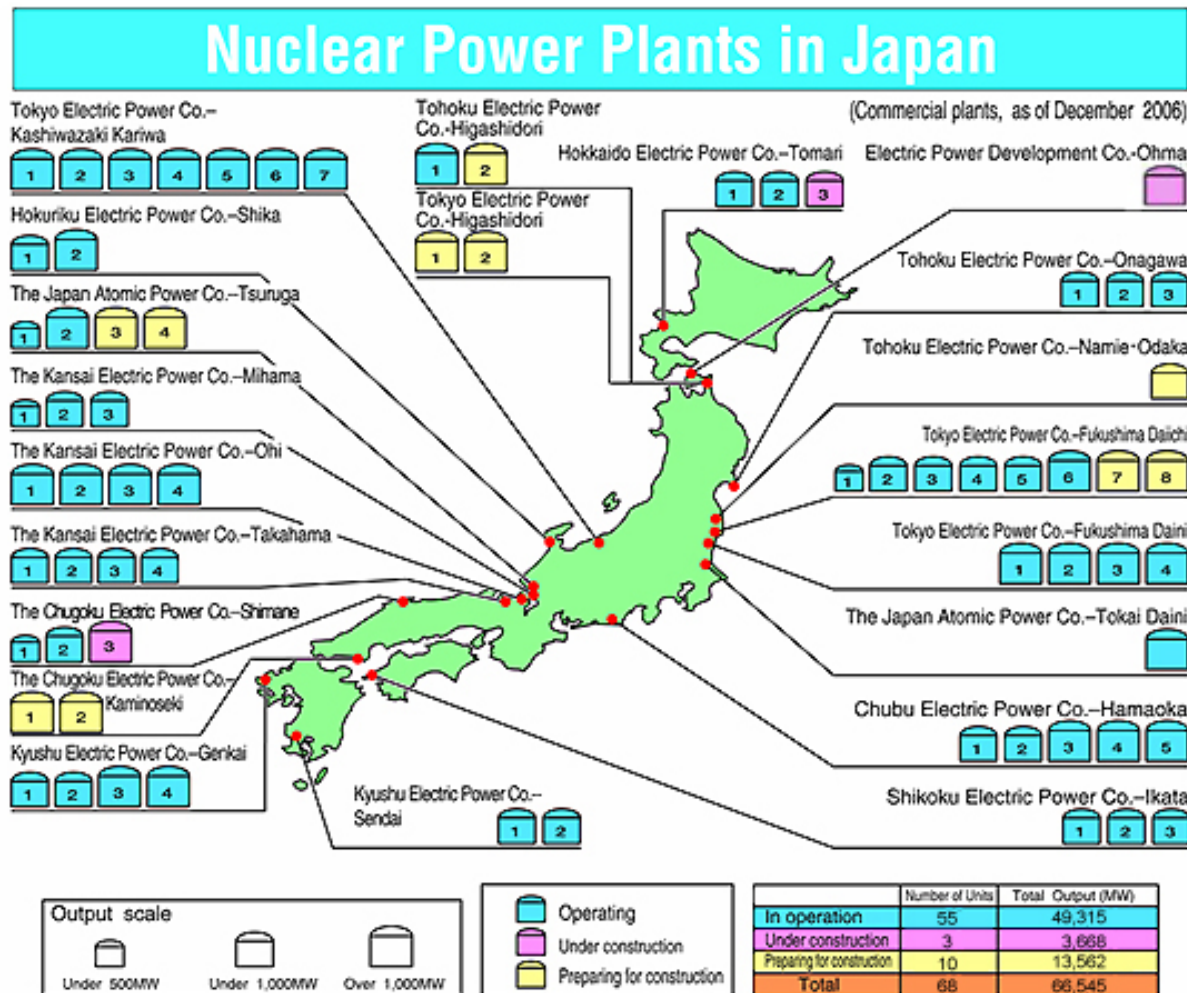
125 ezer km²=1,3 M.o.

Népesség:

kb. 130 millió fő=13 M.o.

3 kőzetlemezes találkozásánál fekszik.

Atomerőművek Japánban



- 2010-ben 279 TWh (a villamosenergia-termelés 29%-a)
- 17 telephelyen 54 blokk, többféle
- a primer energia-hordozók 80%-a import

Az előadás felépítése

- Japán
- a természeti katasztrófa és általános következményei
- műszaki részletek
- az eseménysorok
- következmények

Kezdeti események

Megj. JST=CET+8h

- földrengés: Richter-skála szerinti 9-es; március 11-én 14:46-kor (JST)
- cunami: 10 m magas, bár 23 m-es adat is van; 15:01 és 15:41 között valamikor
- előtte napokig 6-os – 7-es fölötti előrengések, azóta >600 utórengés (4,5-es fölötti)

(Richter-skála: 1,0-val magasabb érték = 32x több felszabaduló energia)

A számok értelmezése

- földrengés (+ cunami)
 - japán rekord: 1707., 8,6-os, 10 m magas cunamival
 - világrekord: 1960., Chile, 9,5-ös
 - a mostani az 5. legnagyobb volt, amióta mérik
 - lényeges mennyiség: felszíni vízszintes gyorsulás → $5,07 \text{ m/s}^2$
az erőműnél, $4,49 \text{ m/s}^2$ -re volt tervezve
- cunami
 - japán rekord: 38 m
 - a mostanit gyengítették a védőgátak, egyesek szerint enélkül rekordot döntött volna
 - a méretezési cunami $+5,8 - -3,6 \text{ m}$, a kritikus berendezések $+10 \text{ m}$ -en vannak

A cunami a tervezési alapon túli volt (nagyobb, mint amire reálisan számítva a létesítményeket tervezték).

Létesítmények földrengésállósága

- épületek: 5-ös
- egy Fukushima prefektúrabeli duzzasztógát: 1-es
- villanyoszlopok (+berendezéseik): legfeljebb 2-es
(3,8 millió háztartásban áramszünet = 1 M.o.)
- gázvezetékek (+berendezéseik): 2-es
(0,5 millió felhasználó gáz nélkül maradt)
- vízvezetékek (+berendezéseik): 2-es
(1,5 millió háztartás víz nélkül maradt)
- utak, vasutak: 3-as
- atomerőművek: 5-ös



Létesítmények cunamiállósága

- védőgátak: 3-as (nem voltak elég magasak vagy lerombolta őket a víz)
- épületek: 2-es
- petrokkémiai üzem: 2-es
- atomerőművi kiegészítő berendezések: 3-as





Az előadás felépítése

- Japán
- a természeti katasztrófa és általános következményei
- műszaki részletek
- az eseménysorok
- következmények

Mi is az az „atomerő”, amit művelünk?

■ atom = atommag + elektronok

■ atommag = protonok + neutronok = $p^+ + n^0$

$p^+ - p^+$

$n^0 - n^0$ (erős kh.)

$p^+ \leftrightarrow p^+$ (Coulomb)

$p^+ - n^0$

Pl. ^{16}O : $8p^+ + 8n^0$

■ Ha sok a p^+ , szétvetné a taszítás \Rightarrow több n^0 kell.

Pl. ^{235}U : $92p^+ + 143n^0$

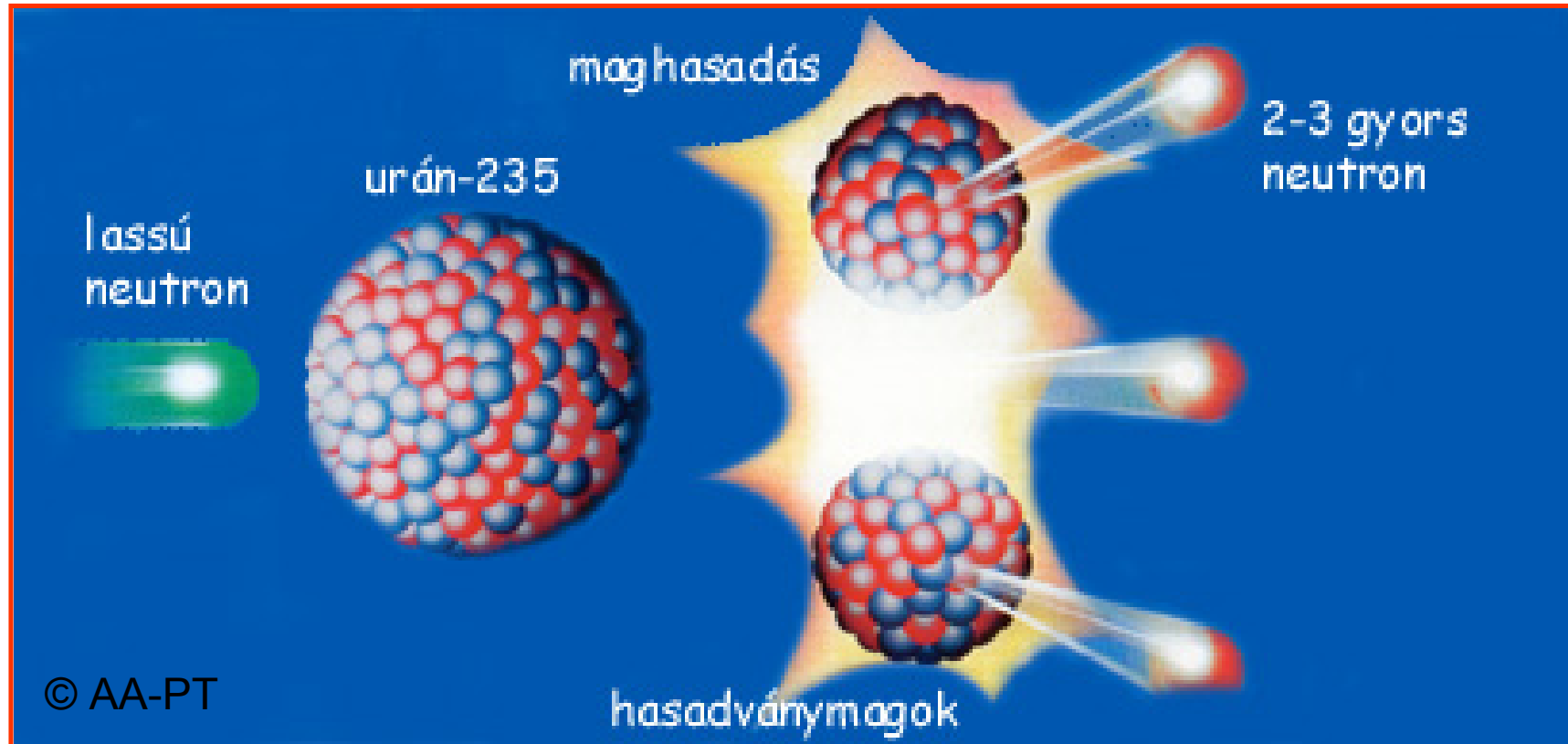
Hatalmas mag \Rightarrow instabil

\Rightarrow hasadás (a Coulomb-taszítás pozitív energiája szabadul fel)

\Rightarrow alfa-bomlás ($2p^+ + 2n^0 = \text{He}$)

Kisebb magok is lehetnek instabilak \Rightarrow béta, gamma sugárzás.

Maghasadás



Egy uránmag elhasadása során 2,5 milliószor annyi energia szabadul fel, mint egy szénatom oxidációja során!

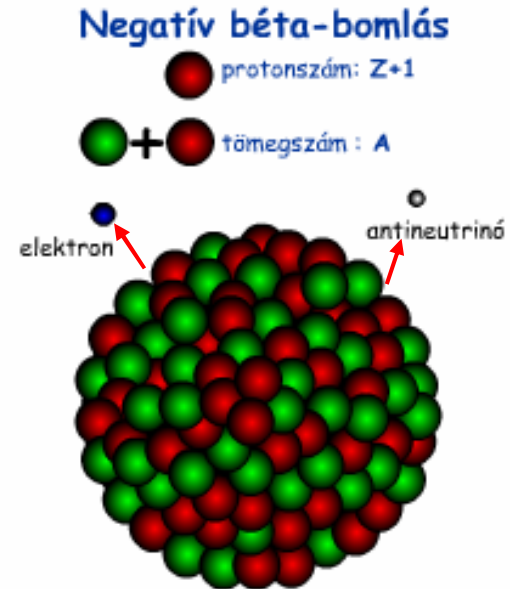
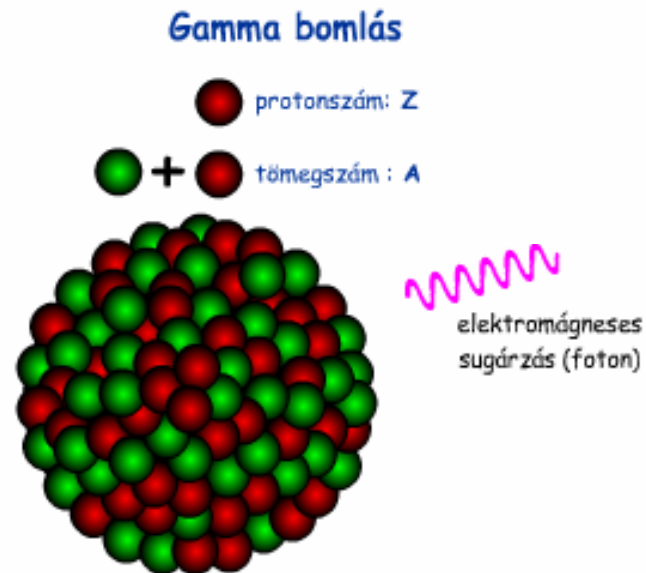
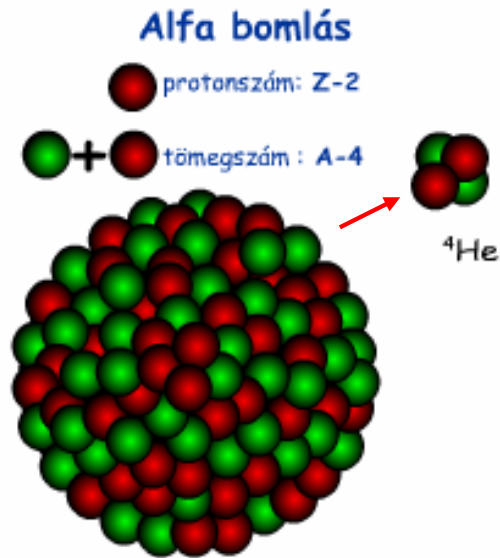
Mi keletkezik?

- hasadási termékek (ált. 2 kisebb mag, ált. radioaktívak)
- neutronok
- egyéb részecskék
- energia

A maghasadások az atomreaktor aktív zónájában mennek végbe.

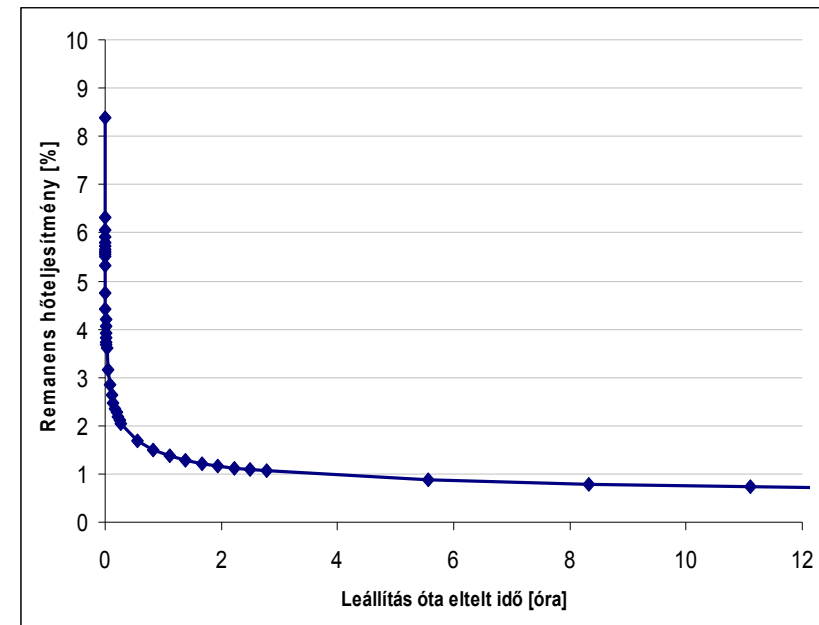
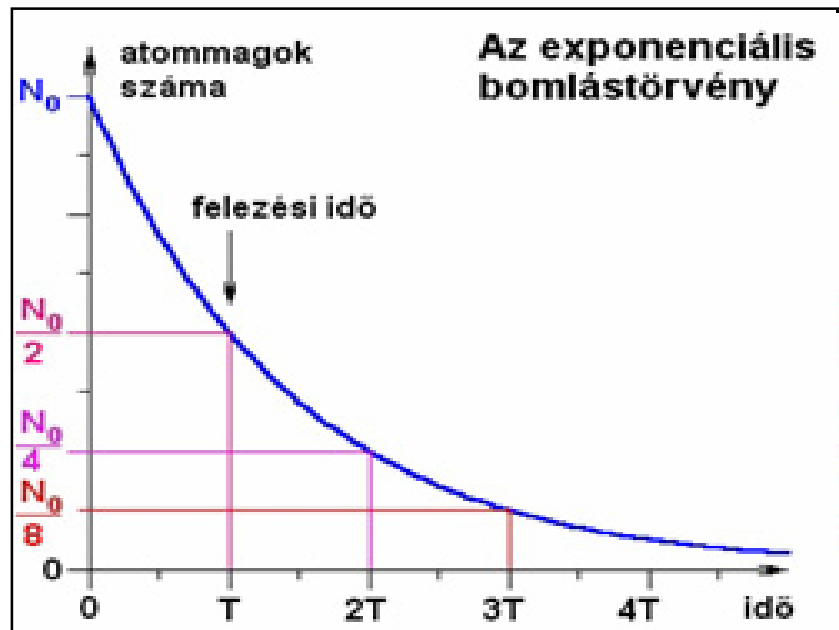
A hasadó magokra jellemző az alfa-bomlás, a hasadási termékekre a béta.

Radioaktív bomlás



felszabaduló energia: nagyságrendekkel kisebb, mint hasadáskor

A radioaktivitás időbeli lecsengése



Pl. ^{131}I , $T_{1/2} = 8$ nap: ha a megengedett határérték kétszerese van belőle valahol, 8 nap alatt lecsökken a határértékre.

Minél régebben maradt abba a hasadási láncreakció, annál kevesebb hő képződik az üzemanyagban.

Az érintett erőművek

Japánul icsi=1, ni=2; dai=üzem vagy n^o

Fukusima-dai-icsi =

Fukusima I. telephely, a továbbiakban Fukusima I.

Fukushima-dai-ni =

Fukusima II. telephely, a továbbiakban Fukusima II.

Forralóvizes reaktorok (BWR): amerikai tervezés, a GE, majd a technológia átvételével a Toshiba és a Hitachi építette őket.

Az érintett blokkok

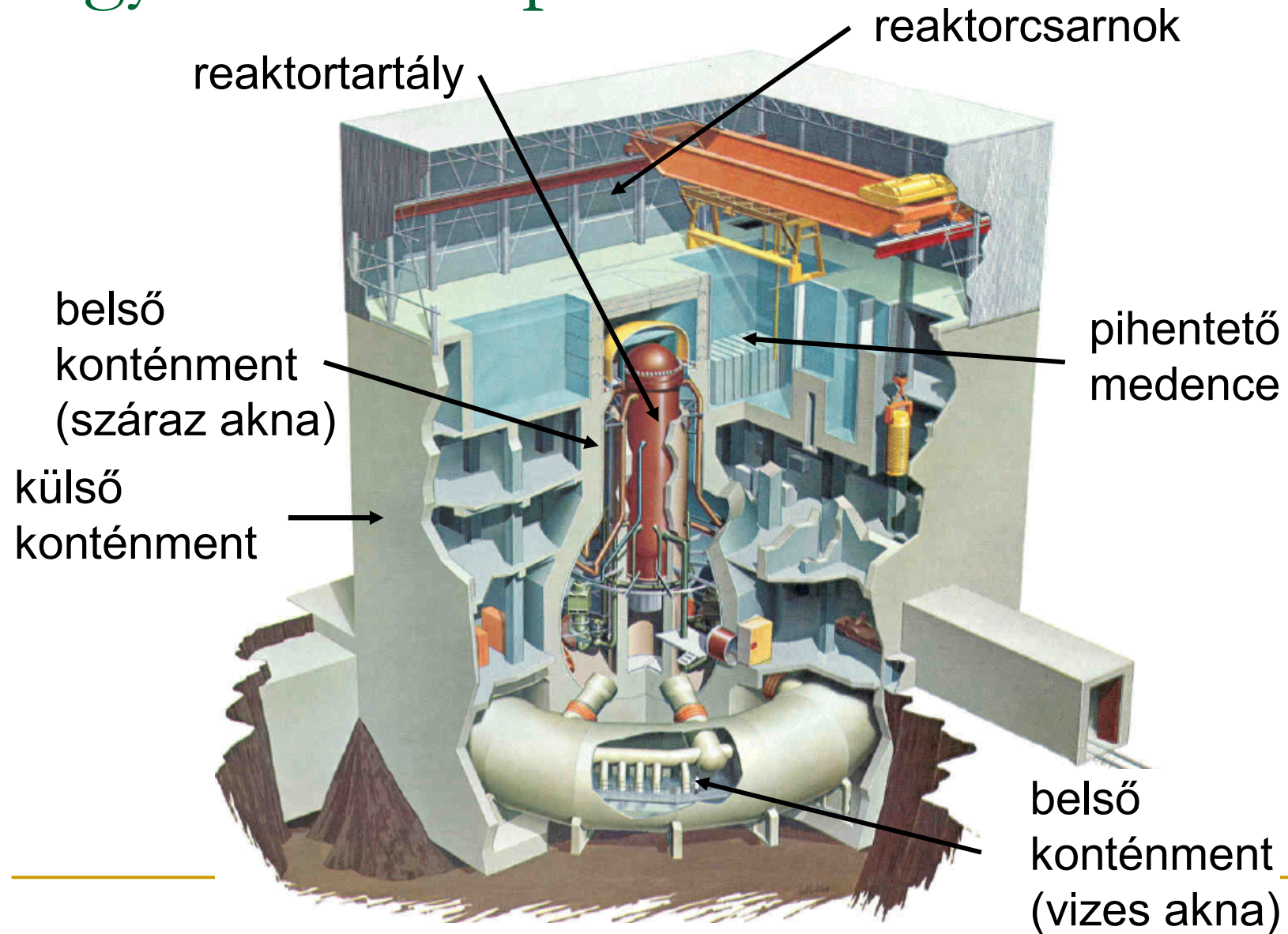
■ Fukushima I:

- 1. blokk (460MWe): üzemelt, automatikusan leállt a földrengéskor
- 2. blokk (784MWe): üzemelt, automatikusan leállt a földrengéskor
- 3. blokk (784MWe): üzemelt, automatikusan leállt a földrengéskor
- 4. blokk (784MWe): időszakos karbantartás miatt állt
- 5. blokk (784MWe): időszakos karbantartás miatt állt
- 6. blokk (1,100MWe): időszakos karbantartás miatt állt

■ Fukushima II:

- 4 blokk, mindegyik 1 100MWe: üzemeltek, automatikusan leálltak a földrengéskor

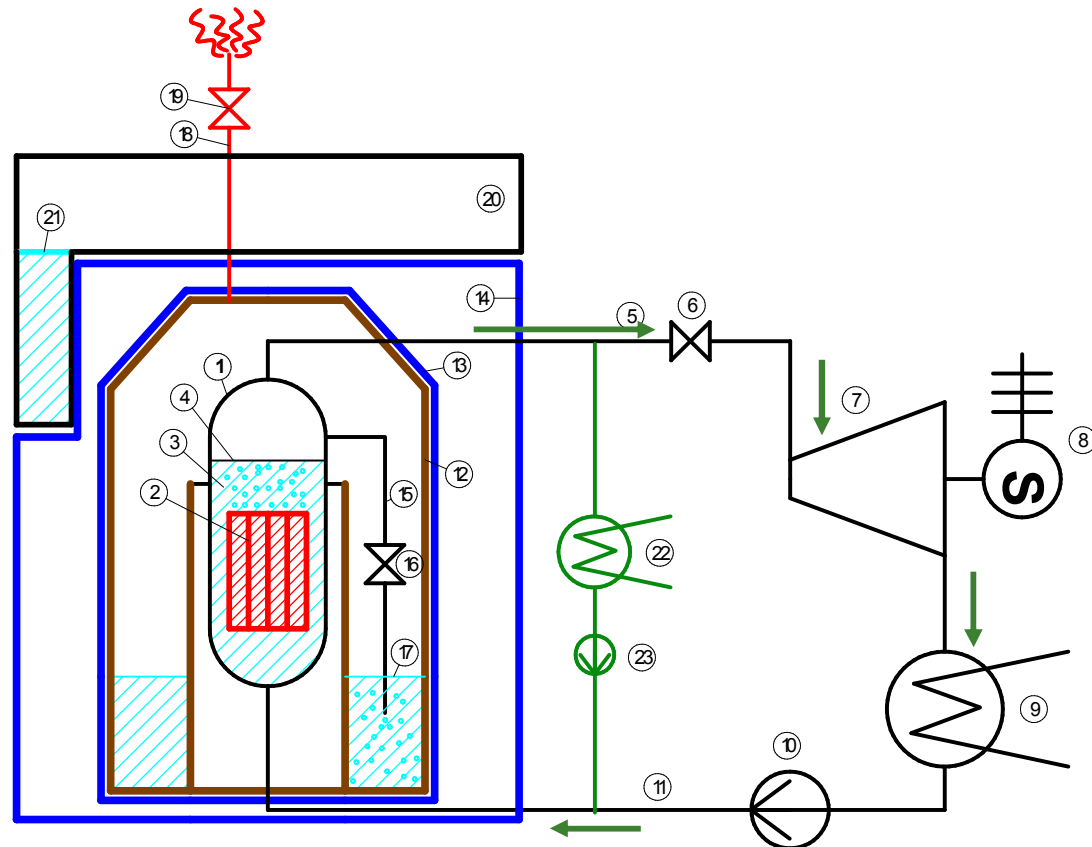
Egy blokk felépítése



Sematikus rajz, normál üzem

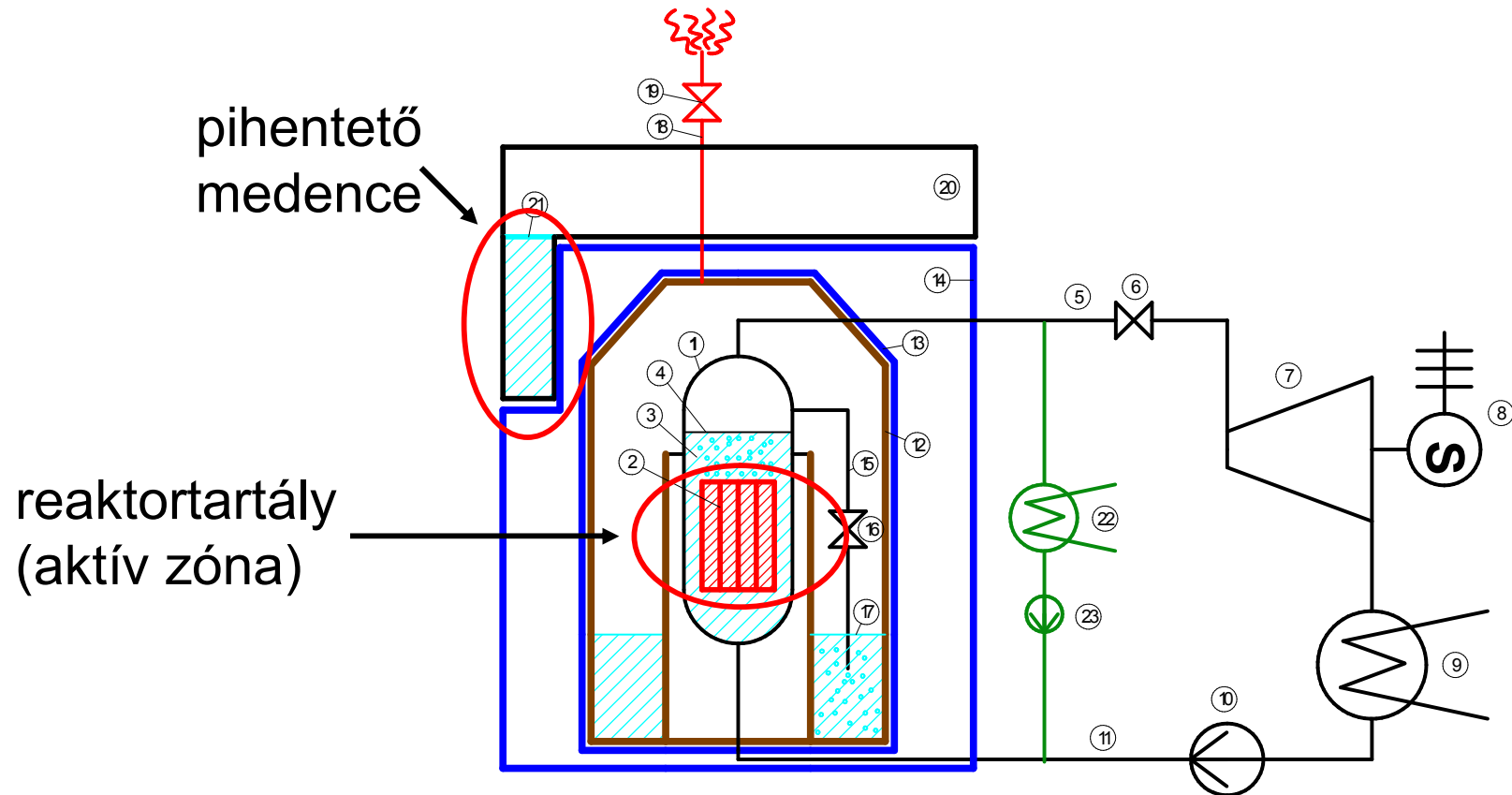
Forralóvízes reaktor:

- hideg víz reaktortartályba be
- víz a tartályban felforr
- gőz a tartályból ki
- gőz a turbinára
- gőz lecsapatása, víz hűtése



(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemzavari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemzavari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

A fűtőelemek elhelyezkedése



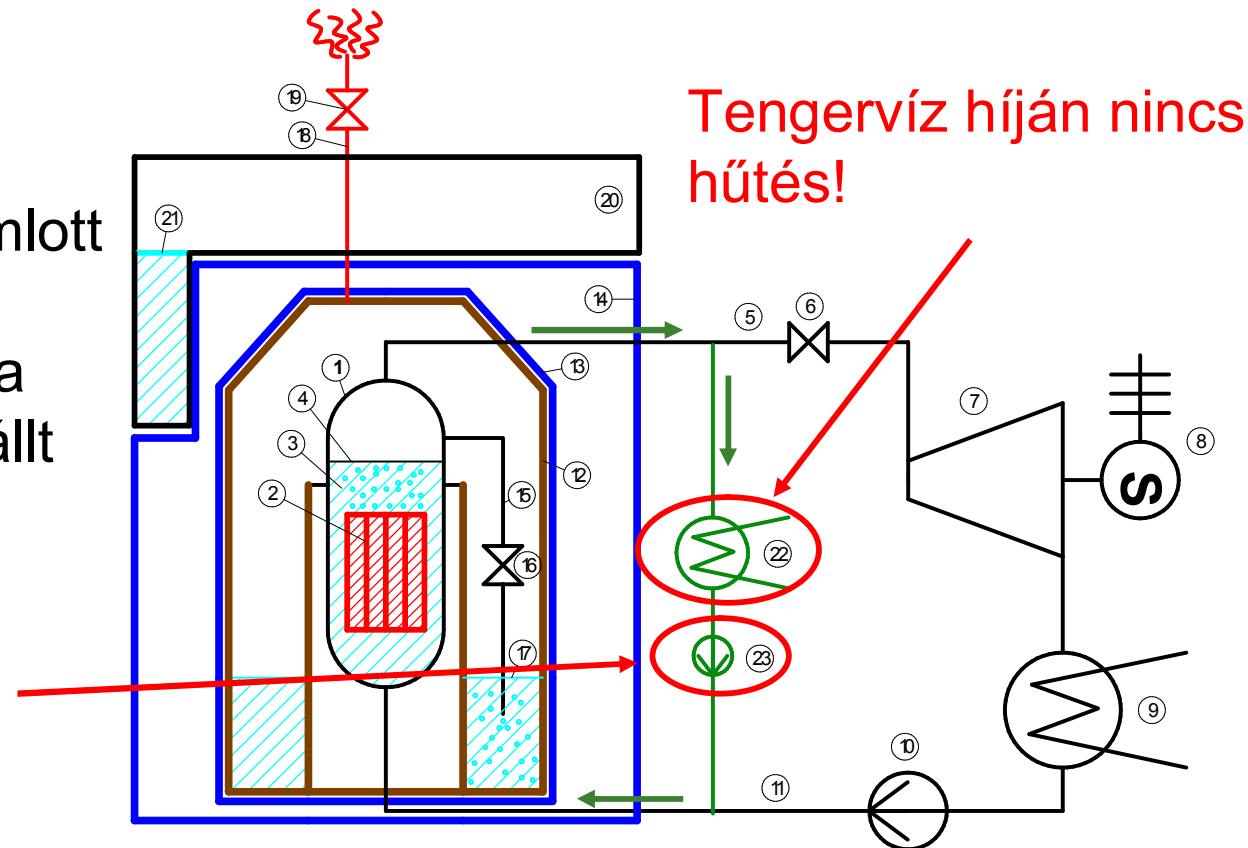
(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemszabari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemszabari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

Leállás, maradványhő eltávolítása

Gond:

- az elektromos hálózat összeomlott
- 55 perc után a dízel generátor a cunami miatt leállt

Villamos betáplálás híján a szivattyú nem működik!

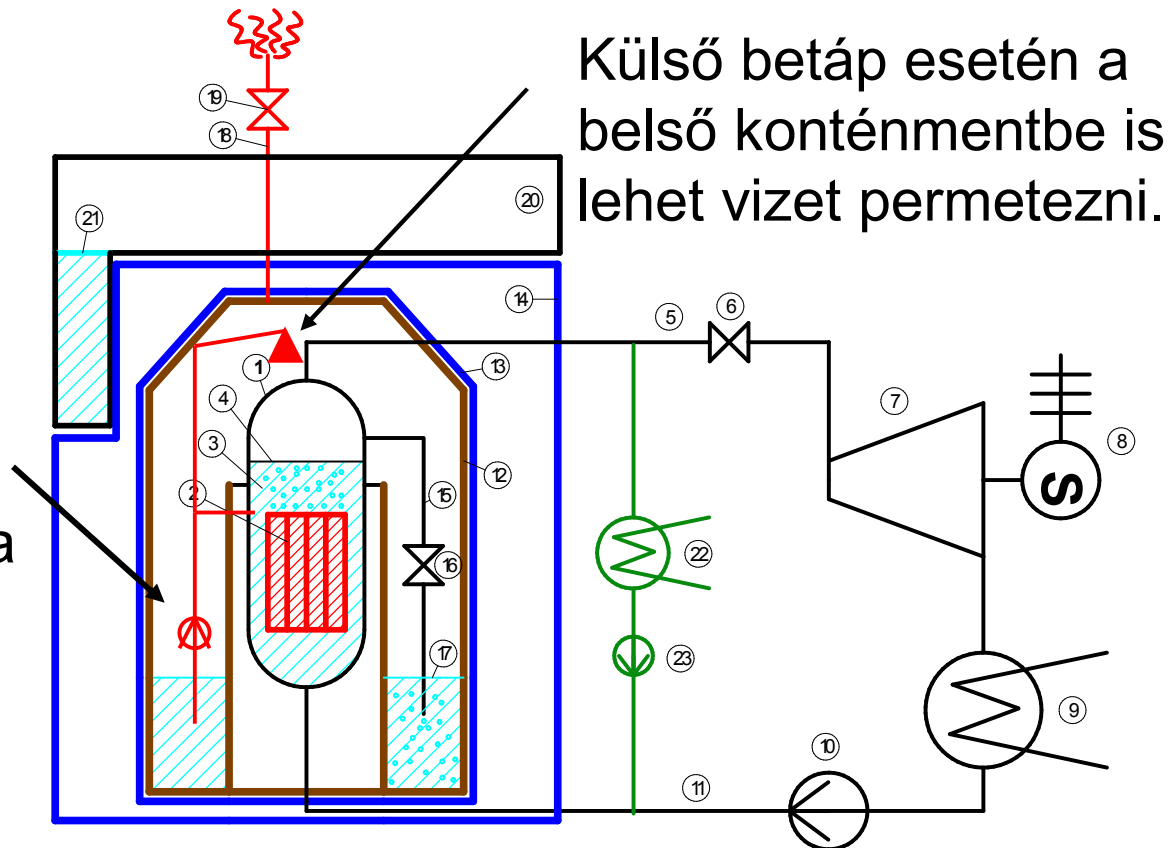


(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemszervi lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemszervi lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

Üzemzavari hűtőrendszerek

A belső konténment vizes aknájából is lehet vizet szivattyúzni a reaktortartályba:

- a gőz által hajtott külön turbina táplálta szivattyúval vagy
- külső villamos betáplálású szivattyúval

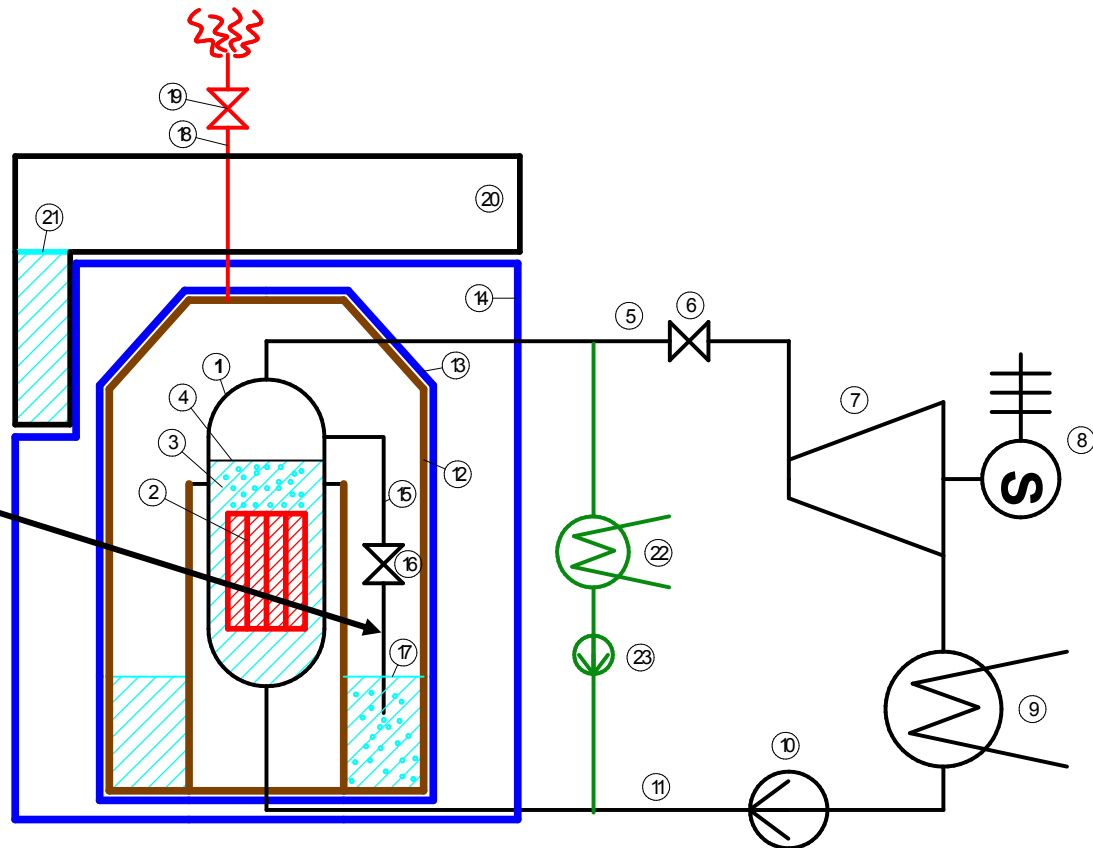


Külső betáp esetén a belső konténmentbe is lehet vizet permetezni.

(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemzavari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemzavari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

Üzemzavari hűtőrendszerek

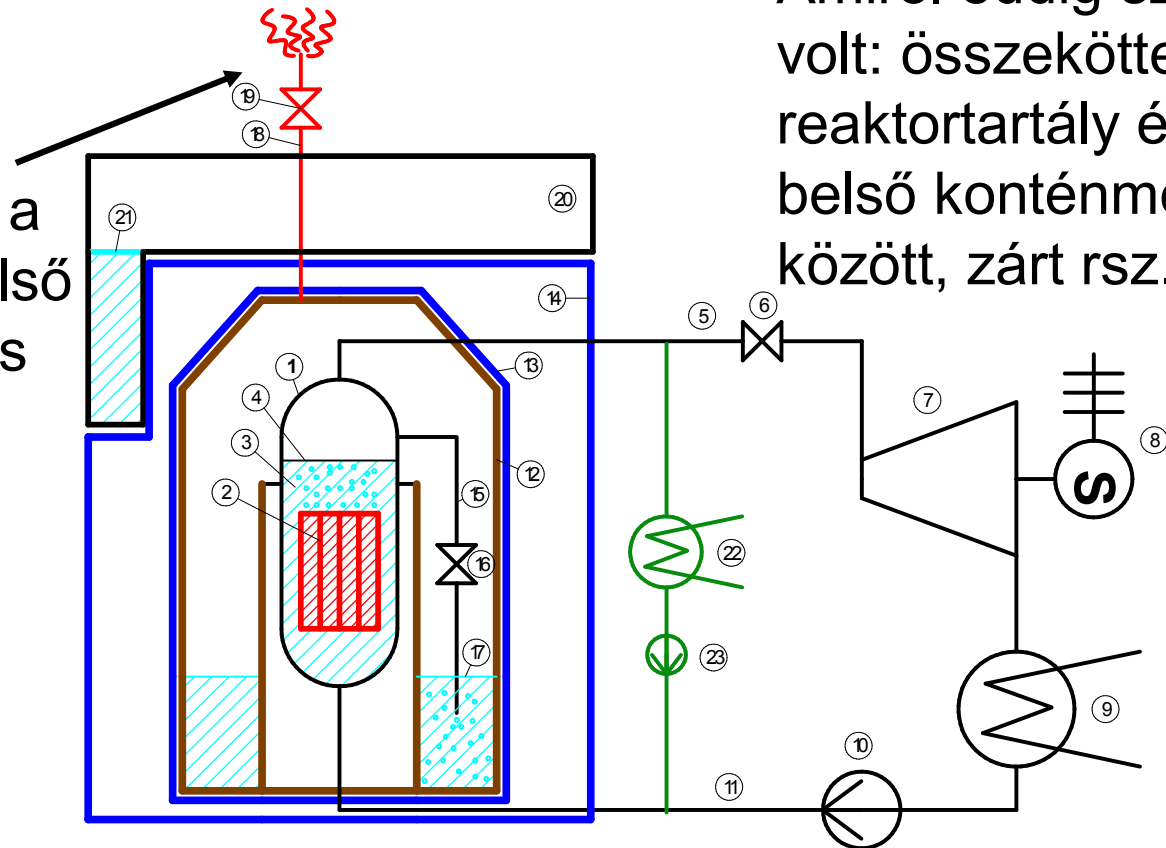
A reaktortartály túlnyomását lefúvathatják a belső konténment vizes aknájába.



(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemzavari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemzavari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

Túlnyomásvédelem

Ha kevés a hűtés, a reaktortartály + belső konténment összes vize elforrhat → nagy nyomás a belső konténmentben → szűrt lefúvatás a környezetbe

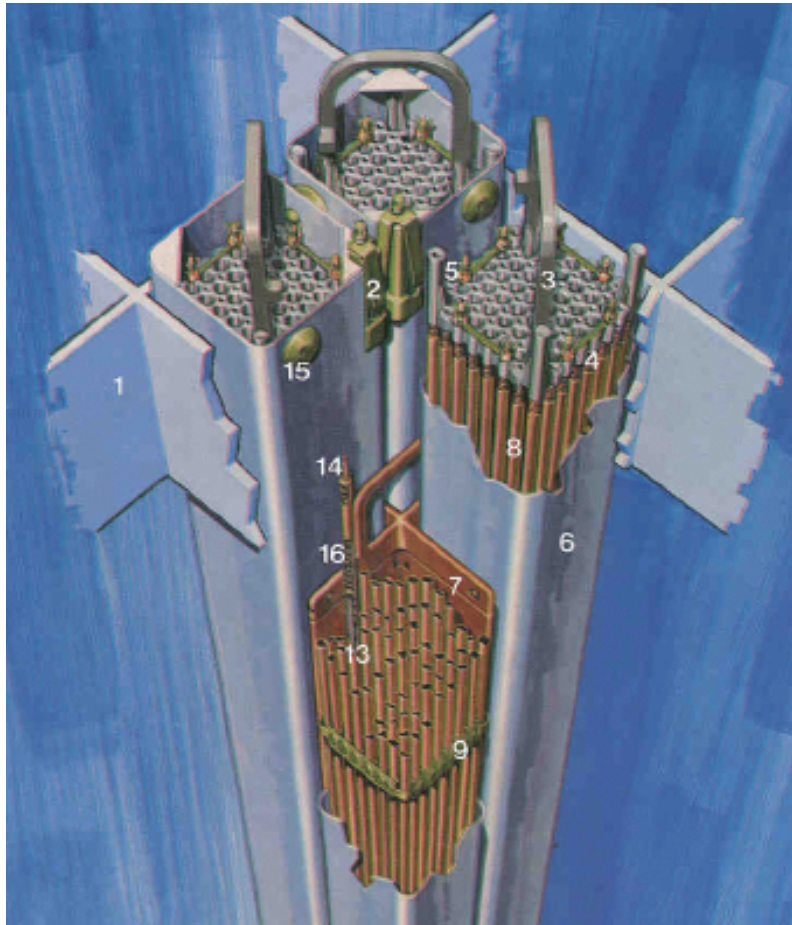


Amiről eddig szó volt: összeköttetés a reaktortartály és a belső konténment között, zárt rsz.-ben.

(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemszabari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemszabari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

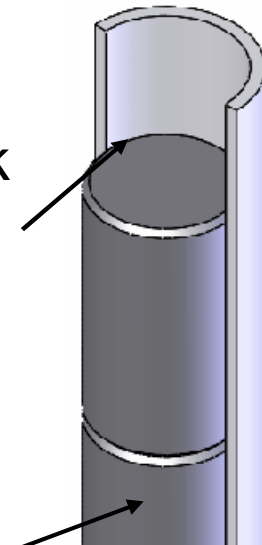
Fűtőelem-kazetta

Fém (Zr=cirkónium) csövek ($d \approx 1$ cm), bennük a hasadóanyag UO_2 hengerek formájában ($h \approx 1$ cm), egy cső hossza >4 m.



Hol van az aktivitás forrása?

a hasadás során
keletkezett gázok
és illékony anyagok
egy része a résben



hasadóanyag,
hasadási termékek
többsége

Honnét a hidrogén?

- Ha a fűtőelemekről elforr az összes víz, burkolatuk felhevül.
- A cirkónium a vízgőzből kivonja az oxigént:
$$\text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZrO}_2 + 2\text{H}_2 + \text{hő}$$

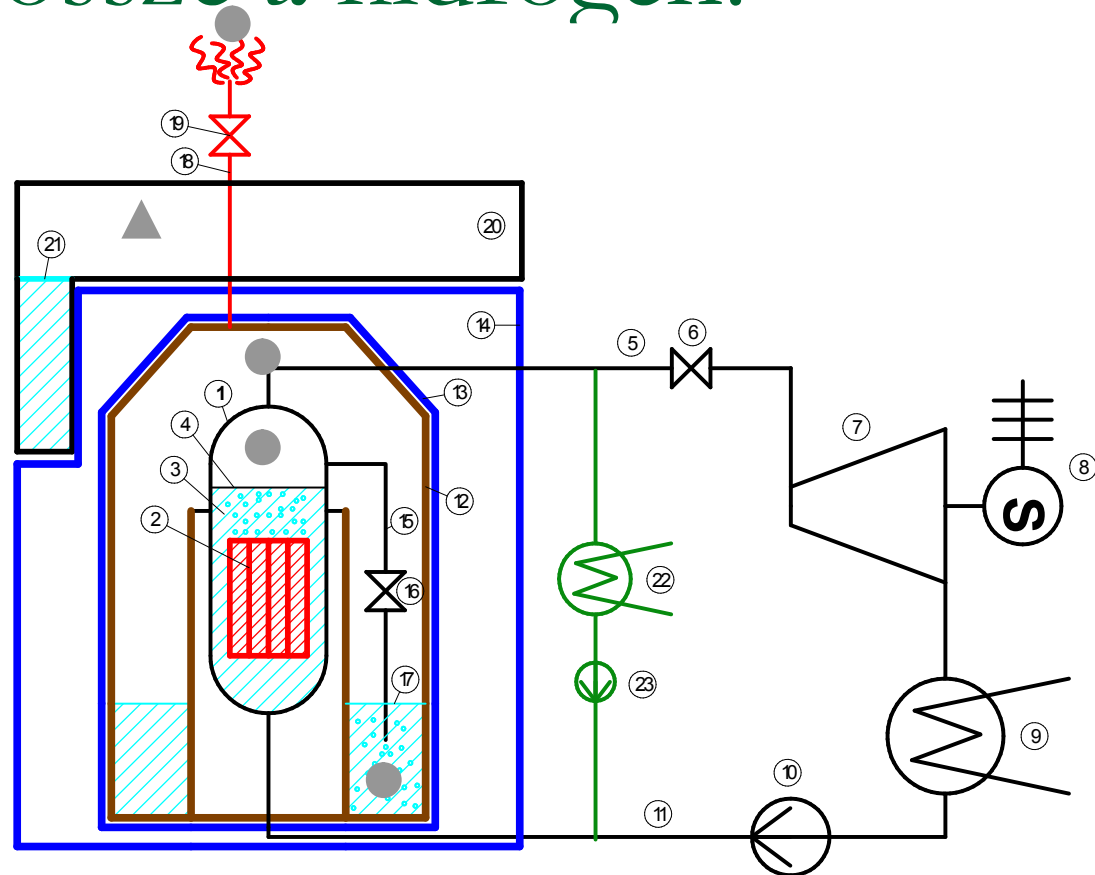
(A Zr burkolat akár meg is gyulladhat.)
- A H_2 eljut oda, ahova a vízgőz.

(Az UO_2 üzemanyag csak nagyon magas hőmérsékleten, 2800 °C fölött olvad meg.)

Hol gyűlhet össze a hidrogén?

Ha a csővezetékek épek és a belső konténment hermetikus, az aktív zónából (reaktortartály) a ● jelű helyekre juthat ki a hidrogén.

A pihentető medencéből a reaktorcsarnokba juthat hidrogén (▲).



(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemzavari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemzavari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

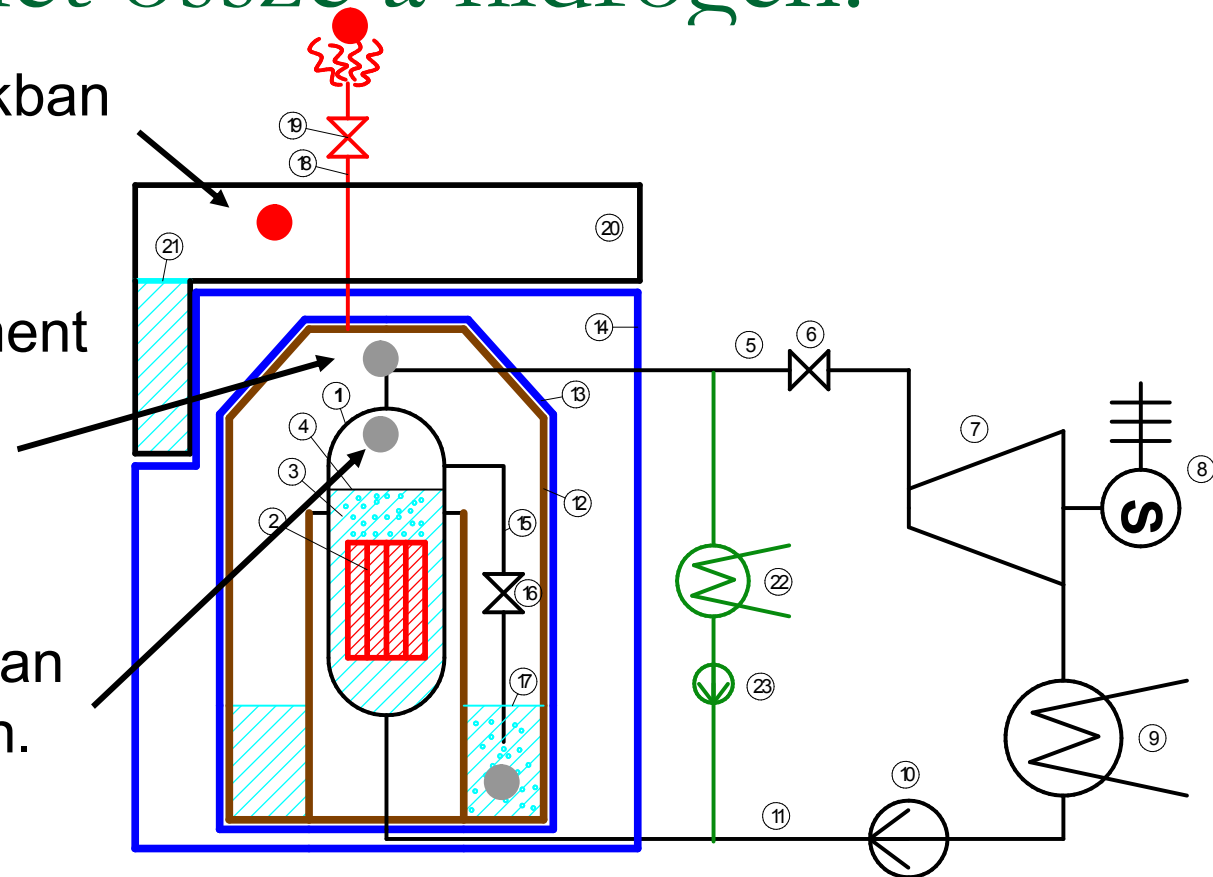
Hol gyűlhet össze a hidrogén?

A reaktorcsarnokban
levegő van.

A belső konténment
nitrogénnel van
feltöltve és
hermetikus.

A reaktortartályban
nem lehet oxigén.

ELVILEG.



(1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemszabari lefúvató vezeték; (16) reaktortartály üzemszabari lefúvató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefúvató vezeték; (19) konténment lefúvató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence

Az előadás felépítése

- Japán
- a természeti katasztrófa és általános következményei
- műszaki részletek
- az eseménysorok
- következmények

Eseménysor Fukushima II-n

- március 11. (minden idő JST)
 - 14:46: földrengés, mind a 4 reaktorban előírás szerint **leállítják a hasadási láncreakciót** (automatika)
 - 14:47: dízel generátorok üzemelnek
 - **15:41: dízel generátorok leállnak, 1., 2. és 4. blokk hűtése megsérül**; a gőz által hajtott turbina táplálta szivattyúval működő üzembiztos hűtőrendszer üzemel *a vízkivételi mű sérülhetett?*
- március 12.
 - 0:00: helyreáll az **áramszolgáltatás a telephelyen; az 1., 2. és 4. blokkon hűtés továbbra sincs**
 - a nap folyamán elfogy a víz a vizes aknákból, tartalék tartályból szivattyúznak vizet a reaktortartályokba; 100 °C fölötti T a vizes aknában
 - 07:00: kitelepítés 3 km-en belül, elzárkóztatás 3-10 km között
 - a **3. blokkon** elérik a **hideg leállított állapotot** 12:15-re
 - 19:00: kitelepítés 10 km-en belül
- március 14-15.
 - 1., 2., 4. blokkon helyreállítják a hűtést, 9-16 órával később **hideg leállított állapot**

Eseménysor Fukushima I-en

- Március 11. (minden idő JST)
 - 14:46: földrengés, mind a 3 üzemelő reaktorban előírás szerint **leállítják a hasadási láncreakciót** (automatika)
 - 14:47: dízel generátorok üzemelnek
 - **15:42: dízel generátorok leállnak**; a gőz által hajtott turbina táplálta szivattyúval működő üzembiztonsági hűtőrendszer üzemel
 - 22:00: kitelepítés elrendelése 3 km-en belül, elzárkóztatás 3-10 km között
- további napok
 - mobil generátorok érkeznek a telephelyre
 - fennakadások: kifogynak víz- és üzemanyag-tartályok
 - utórengések, cunamiriadók
 - kifogynak a blokkokon az akkumulátorok

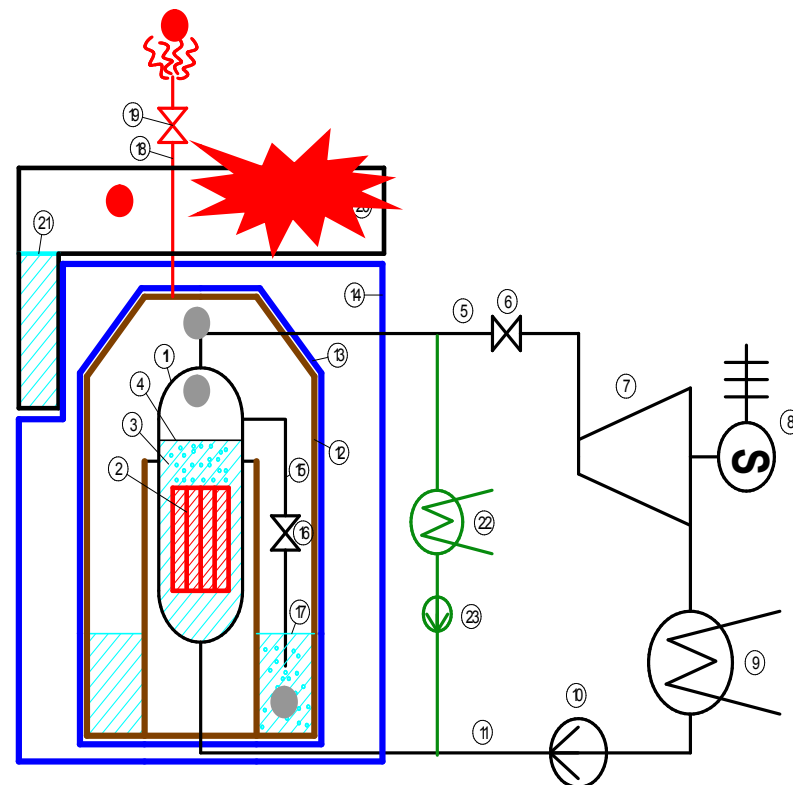
Eseménysor Fukushima I/1-en

- Március 12.
 - 8:00: megnövekedett sugárzás (határérték alatti), kitelepítés elrendelése 10 km-en belül
 - szinte egész nap nincs információ a reaktortartály vízszintjéről; kezdettől rosszabb a helyzet: gyengébb üzemzavari hűtőrendszert sikerült csak beindítani
 - 11:00: **leáll az üzemzavari hűtés**, a reaktor vízszintje csökken
 - 10:17: lefúvatják a belső konténmentet (a környezetbe), a reaktor vízszintje csökken, vizet fecskendeznek be
 - 15:36: **utórengés, robbanás**
 - 17:00: nő a sugárzás (átlépi a határértéket)
 - 19:00: kitelepítés elrendelése 20 km-en belül, elzárkóztatás 20-30 km között
 - 20:20: elkezdenek tengervizet és bórsavat fecskendezni a reaktortartályba (és a belső konténmentbe?)

Ez az állapot azóta is tart.

Robbanás Fukusima I/1-en

Honnét került a reaktorcsarnokba H₂?...

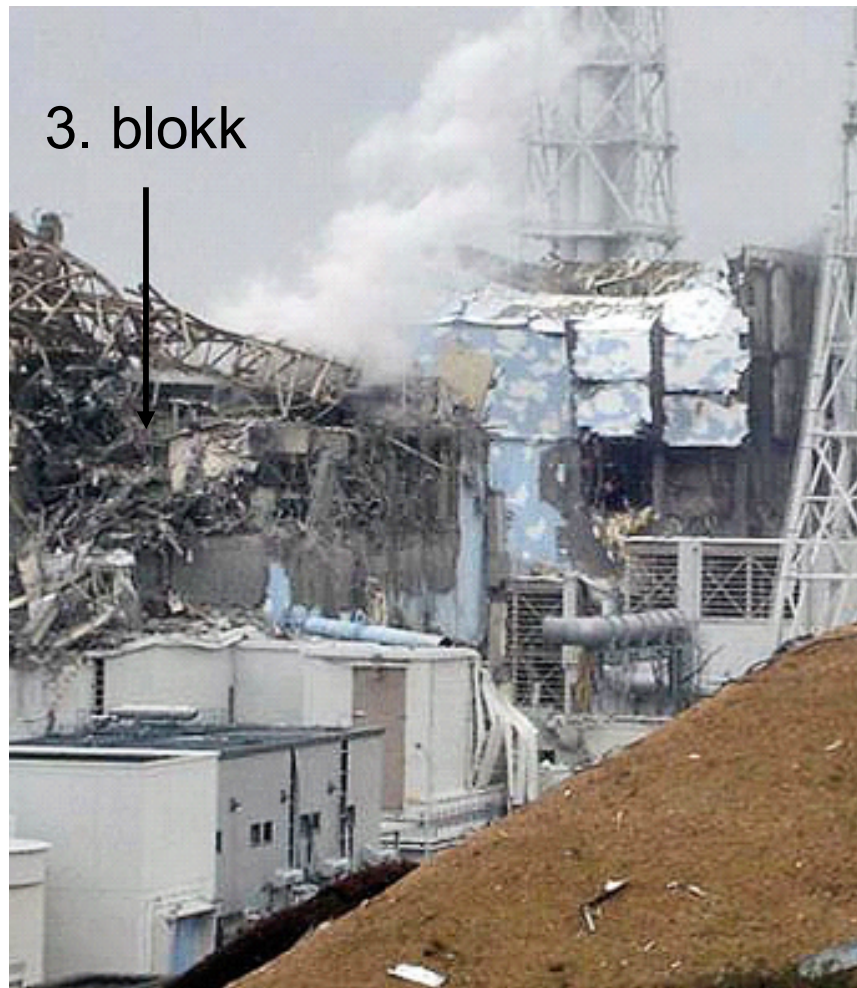


Eseménysor Fukushima I/3-on

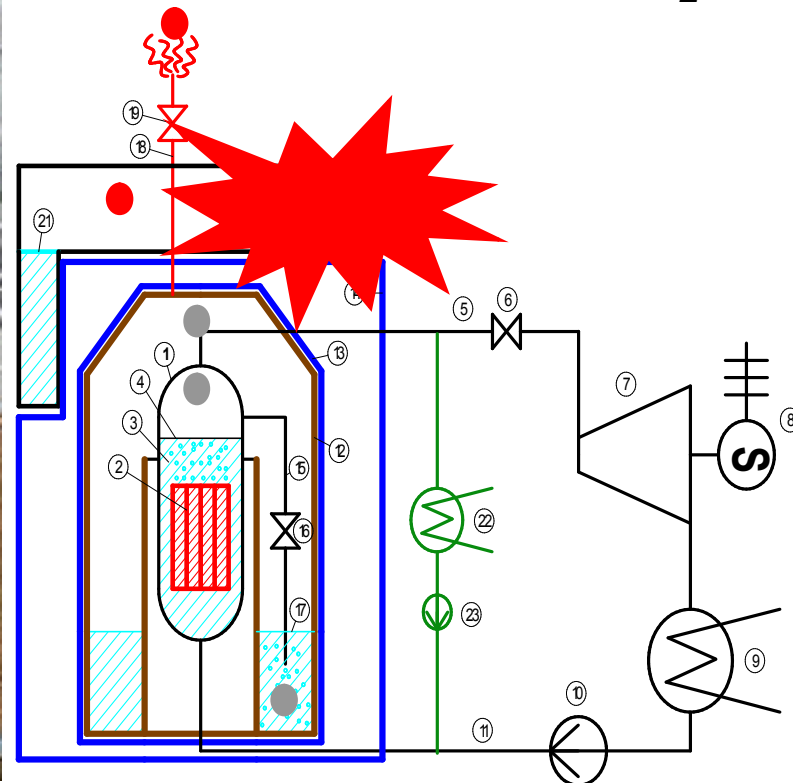
- Március 11.
 - 15:41: **dízel generátorok leállnak**; a gőz által hajtott turbina táplálta szivattyúval működő üzemszabályozási hűtőrendszer üzemel
- Március 12.
 - üzemszabályozási hűtés
- Március 13.
 - 5:10: **leáll az üzemszabályozási hűtés**, nem tudni, van-e vízbefecskendezés a reaktortartályba
 - 8:41: lefúvatják a belső konténmentet (a környezetbe)
 - 12:00: a reaktortartályt lefúvatják a vízes aknába (kézi szeleplejtetés); elkezdenek tengervizet és bórsavat fecskendezni a reaktortartályba (és a belső konténmentbe?)
- Március 14.
 - 11:00: **robbanás**
 - tengervizet és bórsavat fecskendeznek a reaktortartályba (és a belső konténmentbe?)

Ez az állapot azóta is tart. Néha gőz tör elő az épületből.

Robbanás Fukushima I/3-on



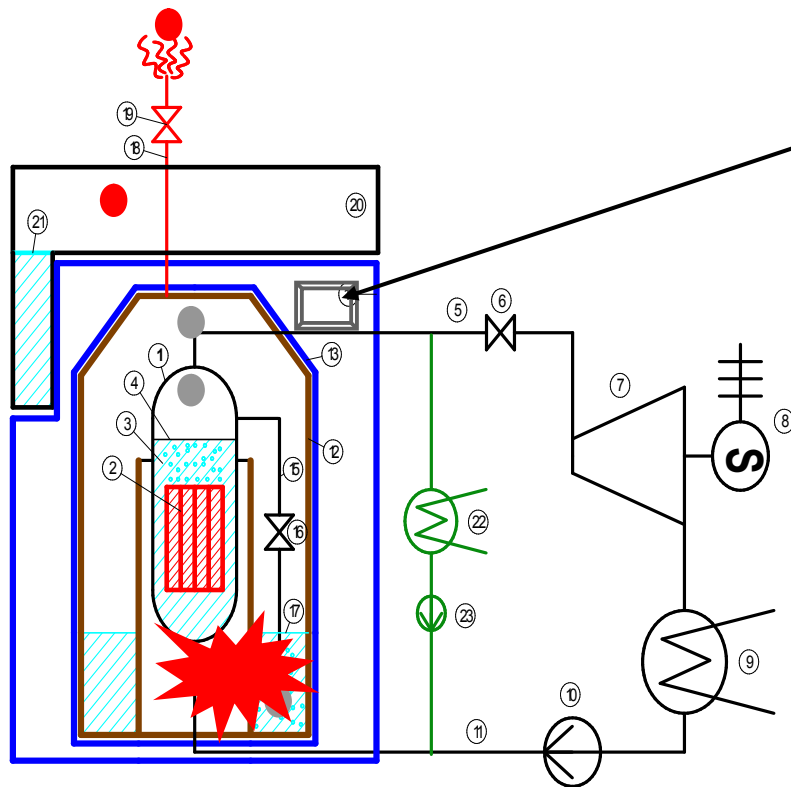
Honnét került a reaktorcsarnokba és/vagy a külső konténmentbe H_2 ?...



Eseménysor Fukushima I/2-n

- Március 11.
 - 15:41: **dízel generátorok leállnak**; a gőz által hajtott turbina táplálta szivattyúval működő üzemszabályozási hűtőrendszer üzemel
 - Március 12-13.
 - üzemszabályozási hűtés, a vízszint alacsonyabb a normálisnál, de stabil
 - 13-án 11:00: lefúvatják a belső konténmentet (a környezetbe)
 - valamikor lyukat képeznek a külső konténment falára, hogy ne robbanjon be a H₂
 - Március 14.
 - 13:25: **leáll az üzemszabályozási hűtés**; a reaktorban a víz a fűtőelemek tetejéig ér; vizet, majd bóros tengervizet fecskendeznek a reaktortartályba (és a belső konténmentbe?)
 - Március 15.
 - 6:14: **robbanás**, a vizes akna nyomása csökken
- A befecskendezés azóta is tart. Néha gőz tör elő az épületből.**

Robbanás Fukushima I/2-n



A reaktor épülete ép, a külső konténmenten képzett lyuknak hála nem volt H₂-robbanás.

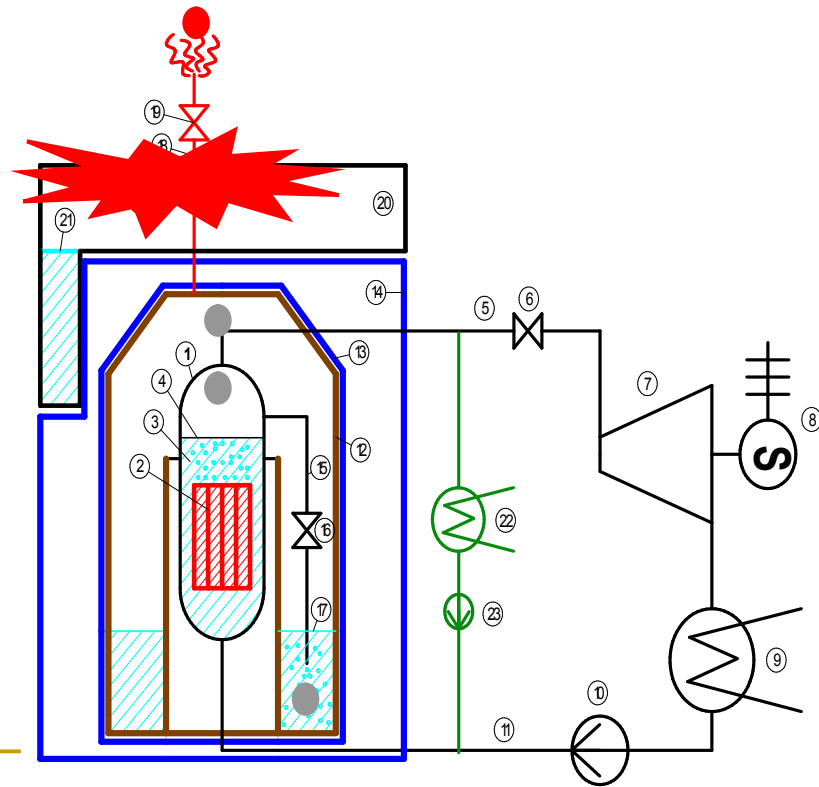
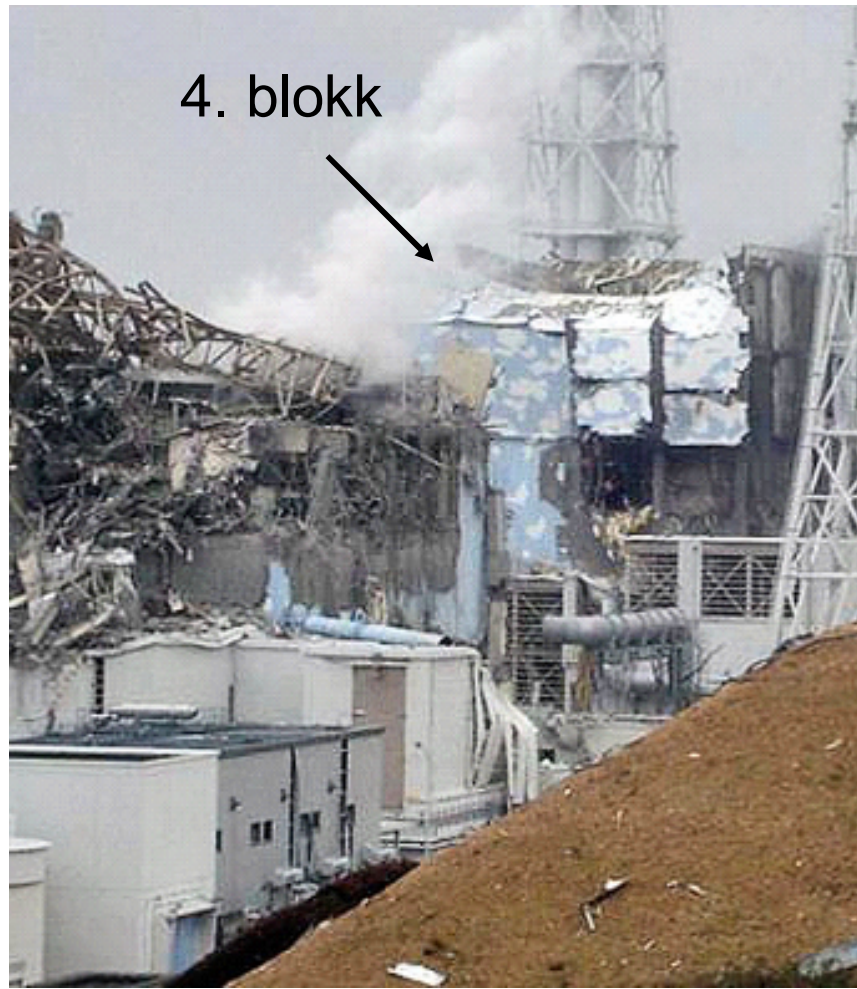
A sérült/kérdéses reaktorok állapota

- csak feltételezések vannak
- a mérésekből (sugárzási szint és összetétel, nyomásviszonyok, hőmérsékletek) lehet következtetni a sérülés helyére és mértékére; **a vezénylőkben van áram!**
- a feltételezések:
 - FI/1: a reaktortartály és a belső konténment ép; részleges zónaolvadás történhetett; folyamatos a bóros tengervíz befecskendezése, a zóna félig van víz alatt
 - FI/2: a reaktortartály ép, a belső konténment ereszthet; részleges zónaolvadás történhetett; folyamatos a bóros tengervíz befecskendezése, a zóna félig van víz alatt
 - FI/3: a reaktortartály ép, a belső konténment ereszthet; részleges zónaolvadás történhetett; folyamatos a bóros tengervíz befecskendezése, a zóna félig van víz alatt
 - FI/5-6 és FII/1-4: hideg leállított állapotban vannak, kérdés, nem sérültek-e meg a fűtőelemek
- a blokkok kábelezése sérült, nehéz a hálózatra kötni őket és beindítani a hűtőrendszereket

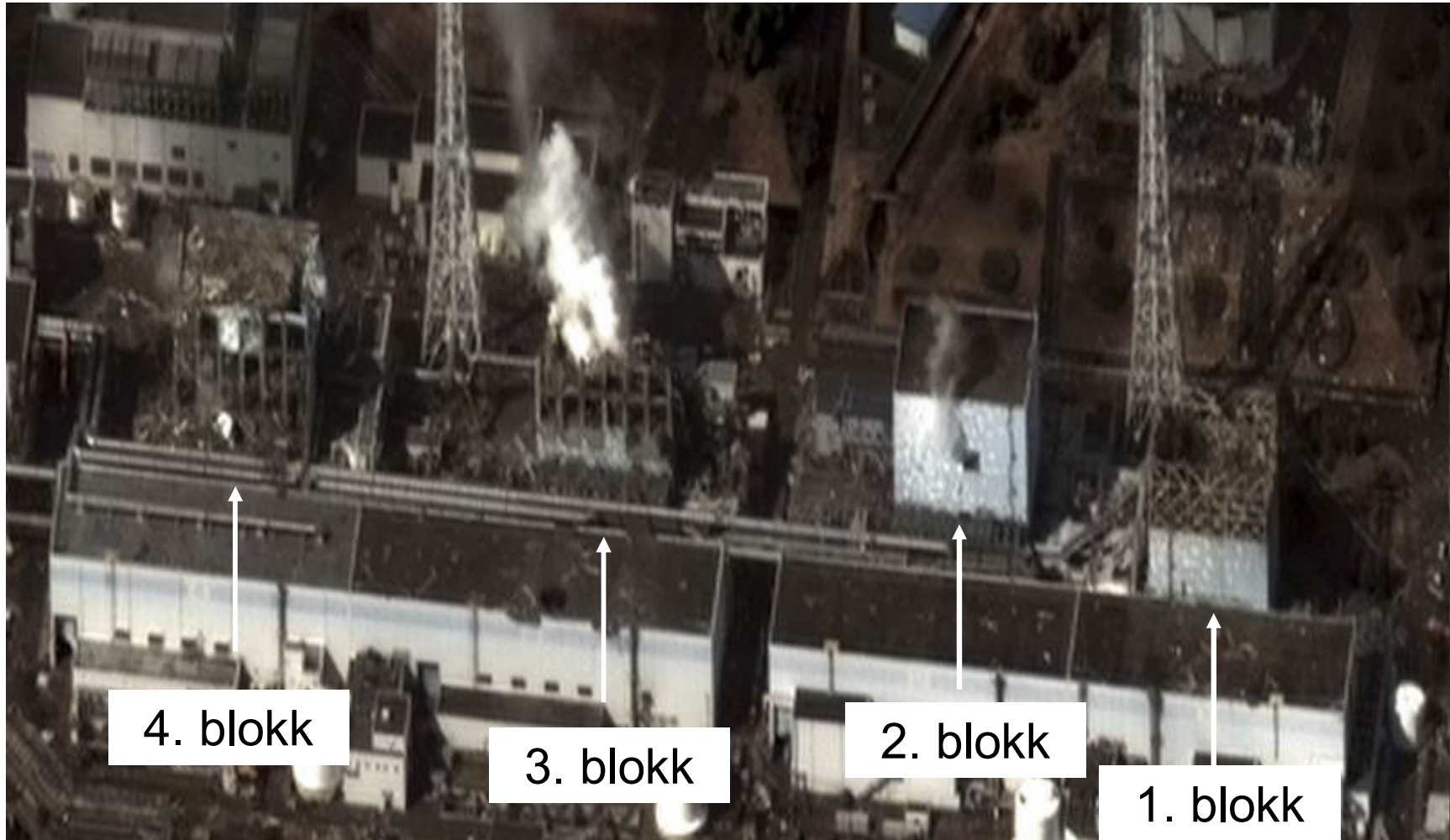
A pihentető medencék állapota

- csak Fukushima I-en volt probléma
- 1. blokk: nincs adat az állapotáról; kevés, régen kirakott fűtőelem van benne
- 2. blokk: kívülről töltik tengervízzel, hűvös
- 3. blokk: kívülről locsolják tengervízzel, hűvös
- 4. blokk: március 15-én 6:00-kor robbanás; kétszer tűz volt mellette/benne?; kívülről locsolják tengervízzel, forrásban van
- 5-6. blokk: hűvös
- közös medence: hűvös
- 1., 3., 4. blokk: a robbanások kárt tehettek a pihentető medencében

Robbanás Fukusima I/4-en



Fukusima I állapota



angolul: <http://www.nisa.meti.go.jp/english/files/en20110324-2-2.pdf>

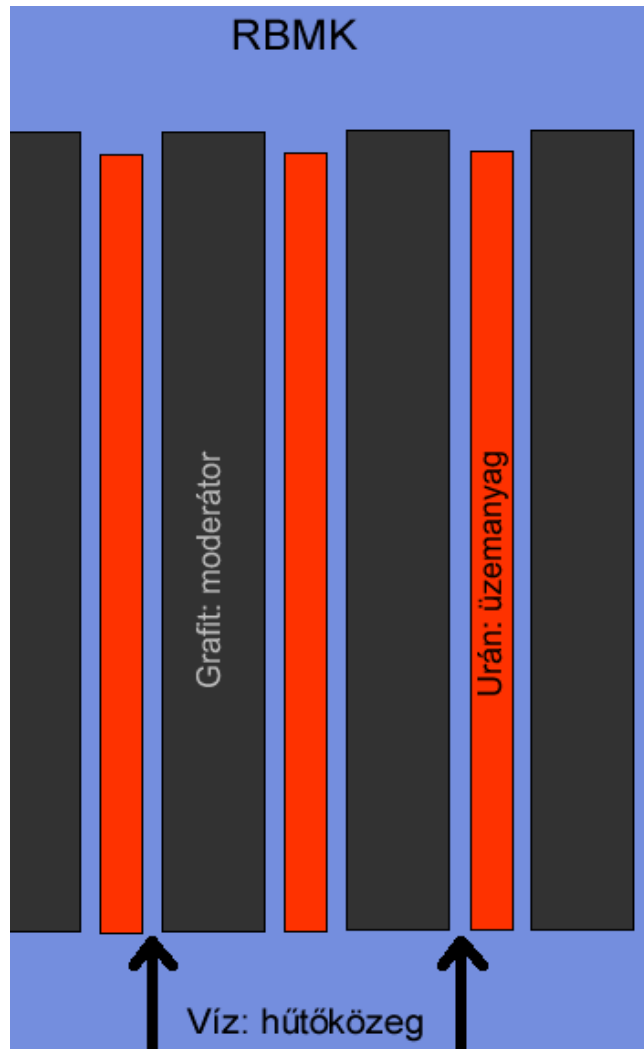
Mi várható?...

- Nem lehet tudni.
- Úgy tűnik, a blokkok állapota stabilizálódott.
- Ha nem romlik tovább, jelentős kibocsátásra nem kell számítani.
- Kisebb kibocsátásra még sor kerülhet.

Az előadás felépítése

- Japán
- a természeti katasztrófa és általános következményei
- műszaki részletek
- az eseménysorok
- következmények

Miért más ez, mint Csernobil?



Emlékeztető:

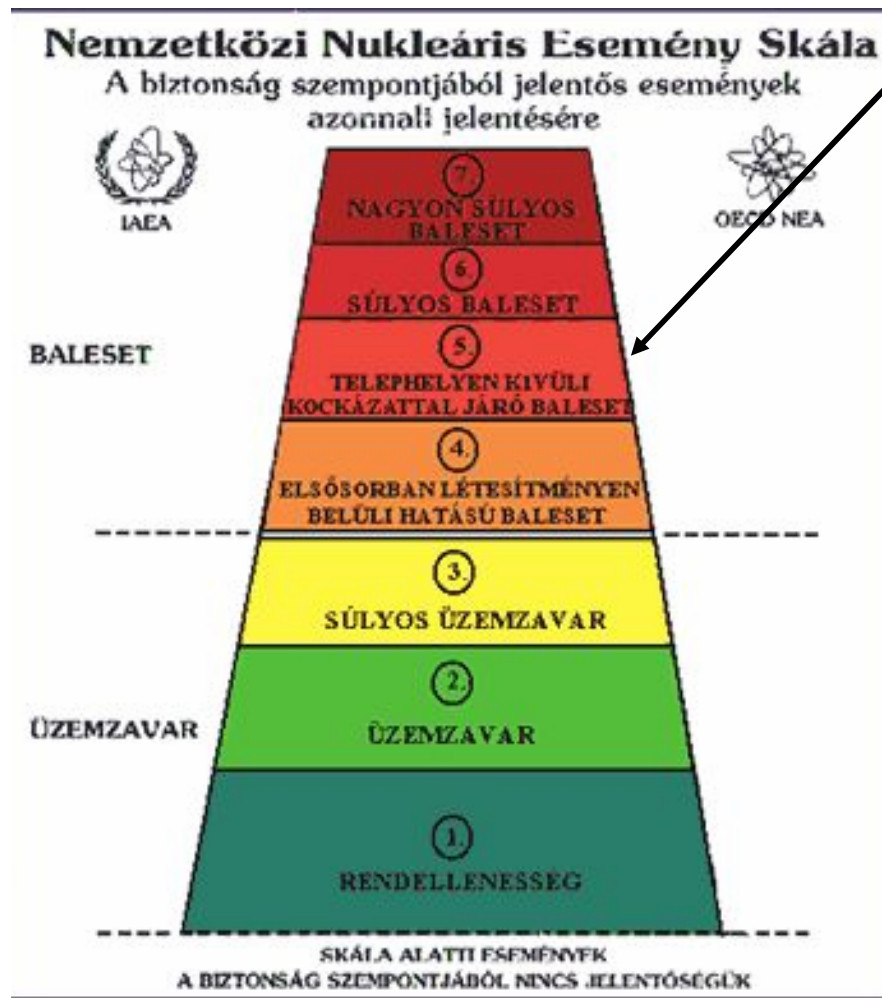
Az RBMK grafit moderátoros, nyomott csöves reaktor.

A leglényegesebb különbségek

Csernobil	Fukusima
a robbanások pillanatában üzemelt	a robbanások pillanatában órák/napok óta nem volt hasadás
a pálcák nyomástartó csőben voltak → a csövek kinyíltak	a pálcák reaktortartályban vannak → a tartály ép
nem volt konténment	van konténment (ép vagy csak mérsékelten sérült)
a robbanás a hasadóanyag között történt	a robbanás a hasadóanyagtól távolabb történt
10 napig grafittűz → magasra (tehát messze) jutott a szennyezés	nincs grafit
ok: emberi hiba	ok: természeti katasztrófa
rögtönzés	baleseti kezelési utasítások
titkolózás a lakosság előtt	azonnali tájékoztatás, kitelepítés

INES besorolás

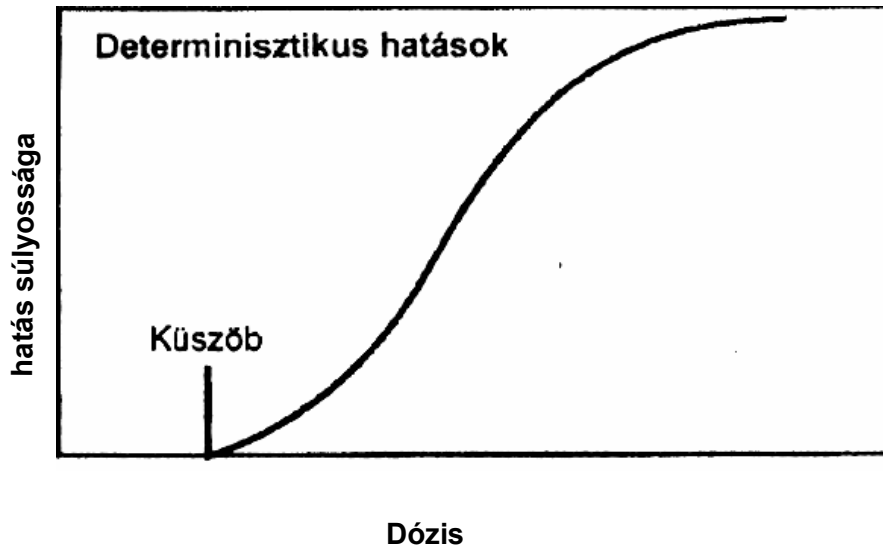
http://www.oah.hu/web/v2/portal.nsf/html_files/INES



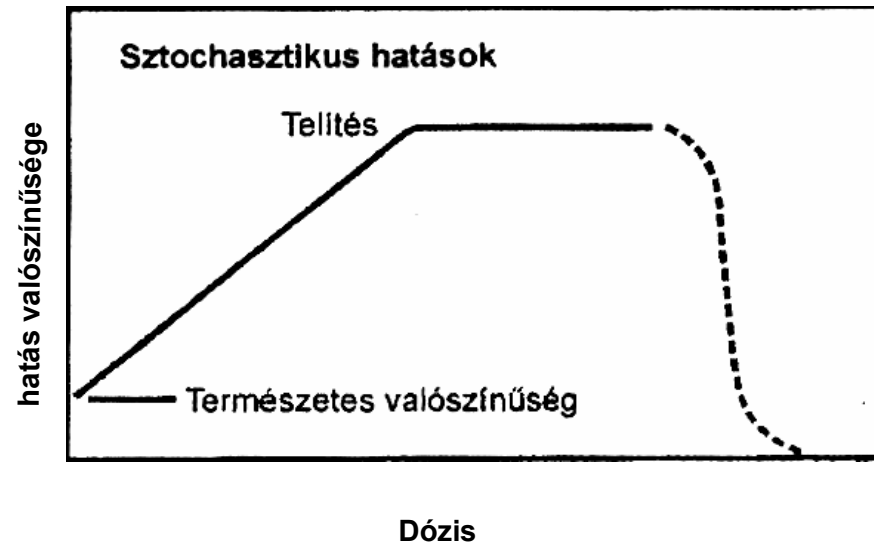
5. Telephelyen kívüli kockázattal járó baleset

Hasadási termékek kibocsátása a környezetbe (száz-ezer TBq jód-131 egyenérték mennyiségben). A balesetelhárítási tervek részleges végrehajtása (pl. helyi elzárkóztatás, kitelepítés) szükséges egyes esetekben az egészségi hatások valószínűségének csökkentésére. A zóna nagy részének súlyos károsodása mechanikus hatások és/vagy megolvadás következtében.

Egészségügyi következmények



- szövetek, szervek, szervezet károsodása
- több sejtből kiindulva
- sugár**betegség**
- 1-2 Gy = 1-2 J/kg fölött



- rosszindulatú daganat
- egy-egy sejtből kiindulva
- 100 mSv fölött mutatható ki statisztikailag
- évek után jelentkezik
- meredekség: 5%/Sv

Az aktivitás mértékegységei

A károsítás arányos az elnyelt energiával → Gray: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

De! Számít

- hogy milyen a sugárzás típusa és energiája és
- melyik szervet éri.

→ Sievert: $\text{Sv} = \text{Gy} * \text{súlytényező}$ (súlytényező: vegyük 1-nek)

Fontos szám adatok:

- A természetes háttérsugárzásból $2,4 \text{ mSv/év}$ származik átlagosan. Ez nagyságrendileg $0,1 \mu\text{Sv/h}$ -nak felel meg.
- 100 mSv alatt statisztikailag nem mutatható ki a végzetes rákos megbetegedés valószínűségének növekedése.

Mérések

- Csernobilban a robbanás után 10 000 – 300 000 mSv/h lehetett közvetlenül a reaktor mellett (Wikipédia, ellenőrizetlen adat).
- Fukusimában 400 mSv/h volt a legnagyobb adat, amit láttam.
- Egy mellkasröntgen: 0,05 mSv.
- Ha Tokióban a március 18-i sugárzás maradna egész évben, az 0,5 mSv-et jelentene 1 év alatt.
- Az erőműtől 20 km-re ennek 1000-szerese van.
- **Magyarországon csak műszeresen kimutatható szennyezés várható, egészségkárosító hatás nem – az egészségkárosító dózis egymilliomoda már kimutatható!**

Fontos radioaktív atomok

- ^{131}I : felhalmozódik a pajzsmirigyben → pajzsmirigyrák, különösen gyermekeknél. 8 nap a felezési ideje.

Pajzsmirigy: az anyagcserét szabályozza ⇒ a fölöslegesen bevitt, nagy mennyiségű jód felboríthatja az anyagcserét és allergizálhat is.

Magyarországon nem szabad a baleset miatt jódtablettát bevenni!

- ^{137}Cs : A káliumhoz hasonló kémiai tulajdonságokkal bír. 30 év a felezési ideje.

Paks, stressz teszt, politika, média

- Amin már túlvagyunk
 - földrengésállóság javítása
 - súlyos baleseti kezelési utasítások megújítása (majdnem kész)
 - hidrogén rekombinátorok telepítése
- Stressz teszt

Ésszerűen, a magyar viszonyoknak megfelelően kell kijelölni a vizsgálandó rendszerek és kezdeti események körét.
- Politika, média: a baleset mint eszköz
 - választók megnyerése
 - nézettség / olvasottság javítása (pánikkeltés!)
 - átgondolatlan lépések (N.o.-ban áramszolgáltatás stabilitása?)
 - Japán nem szándékszik elállni az atomenergia alkalmazásától...

Köszönöm a figyelmet!
