

# Ohutus ja õnnetused

**FERMIONI SUVEKOOL 2024**

Kaspar Kööp **30.07.2024** Aatomiku tuba

# Definitsioonid

- **Safety** = Ohutus
- **Security** = Turvalisus  
(julgeolek, füüsiline kaitse)
- **Safeguards** = Kaitsemeetmed  
(tuumamaterjali leviku tõkestamiseks tehtavad tegevused ja lepped)



# Tuumaenergia järelevalve alustalad

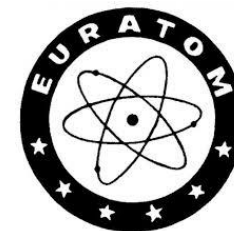
Rahvusvahelistel kokkulepetel  
tuginevad organisatsioonid ja  
struktuurid



Siseriiklikud tuumaenergia  
regulaatorid



Tuumamaterjale käitlevad  
asutused

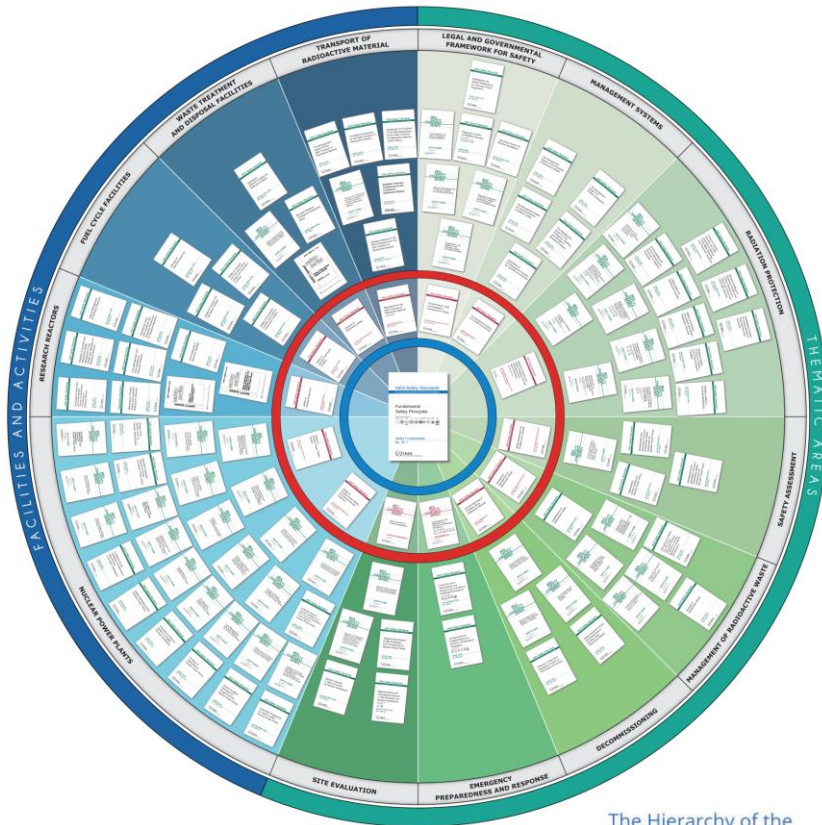


**A.L.A.R.A.**  
As Low As Reasonably Achievable



TARTU ÜLIKOOL

# IAEA ohutusstandardid



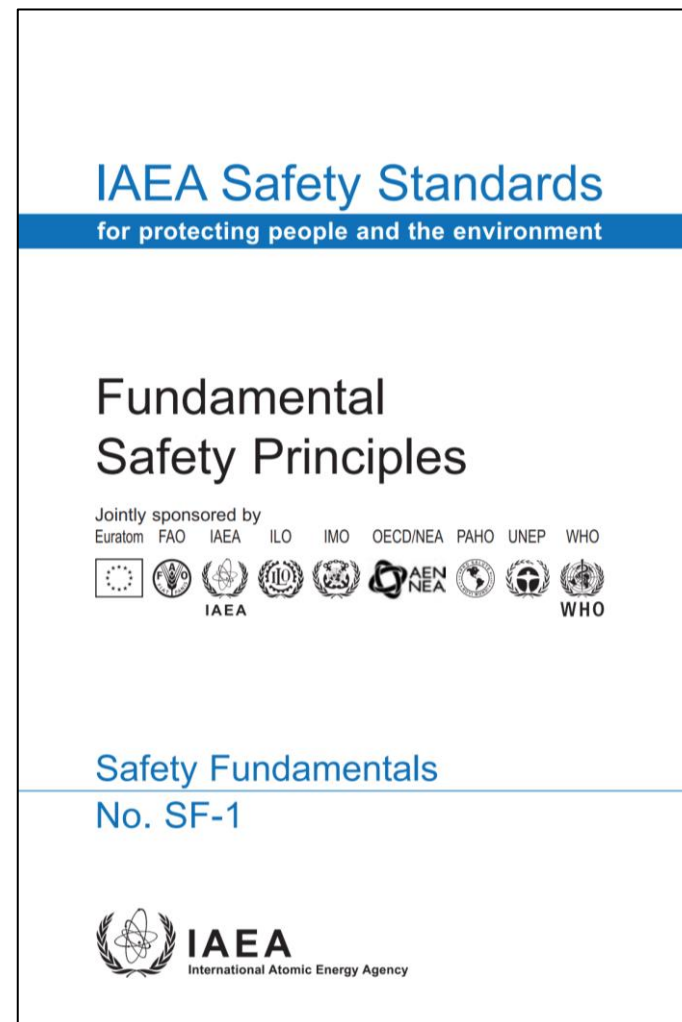
The Hierarchy of the IAEA Safety Standards



- **Ohutus** tähendab inimeste ja keskkonna kaitset kiirgusriskide eest, ja tuumarajatiste ja nendes toimuva tegevuse, mille tõttu kiirgusrisk tõuseb, ohutust.
- Kõrgeimad ohutusstandardid tagavad:
  1. Inimeste ioniseeriva kiirgusega kokkupuutumise ja radioaktiivse materjali keskkonda jõudmise kontrolli
  2. Sündmuste tõenäosuse piiramist, mis võivad viia kontrolli kaotuseni tuumareaktori südamikku, tuuma ahelreaktsiooni, radioaktiivse allika või mõne muu kiirgusallika üle
  3. Selliste sündmuste tagajärgede leevendamise, kui need juhtuksid

# Ohutuse eesmärk

Ohutuse põhieesmärk on kaitsta inimesi ja keskkonda ioniseeriva kiirguse kahjulike mõjude eest



# Ohutuspõhimõtted (IAEA SF-1)

Peamine vastutus ohutuse eest peab lasuma isikul või organisatsioonil, kes vastutab kiirgusriski põhjustavate rajatiste ja tegevuste eest

Tuleb luua jätkusuutlik tõhus ohutuse õiguslik ja riiklik raamistik, sealhulgas sõltumatu regulaator

Organisatsioonides, rajatistes ja tegevustes, mis on seotud kiirgusriskidega, tuleb luua ja säilitada tõhus ohutusjuhtimine

Rajatised ja tegevused, mis põhjustavad kiirgusriske, peavad andma üldist kasu

Kaitse peab olema optimeeritud, et tagada kõrgeim mõistlikult saavutatav ohutustase

Kiirgusriskide ohjamise meetmed peavad tagama, et ükski inimene ei kannaks vastuvõetamatu kahju ohtu

Inimesi ja keskkonda, nii praegu kui ka tulevikus, tuleb kaitsta kiirgusriskide eest

Tuuma- või kiirgusõnnetuste ennetamiseks ja leevendamiseks tuleb teha kõik praktilised jõupingutused

Tuleb korraldada hädaolukordadeks valmisolek ja tuuma- või kiirgusintsidendideks reageerimine

Kaitsemeetmed olemasolevate või reguleerimata kiirgusriskide vähendamiseks peavad olema põhjendatud ja optimeeritud

# Riiklikud regulaatorid

- Riiklikult tasandil tegutsevad tuumaenergia reguleerimisega riiklikud agentuurid, kelle **põhieesmärk on tagada populatsiooni tervis ja ohutus**, ning kelle ülesanded hõlmavad:
  - reaktori ohutuse ja turvalisuse järelevalvet
  - reaktori loastamise ja uuendamise administreerimist
  - radioaktiivsete materjalide loastamist
  - radionukliidide ohutust
  - kasutatud tuumkütuse ladustamise, turvalisuse, ringlussevõtu ja lõppladustamise korraldamist



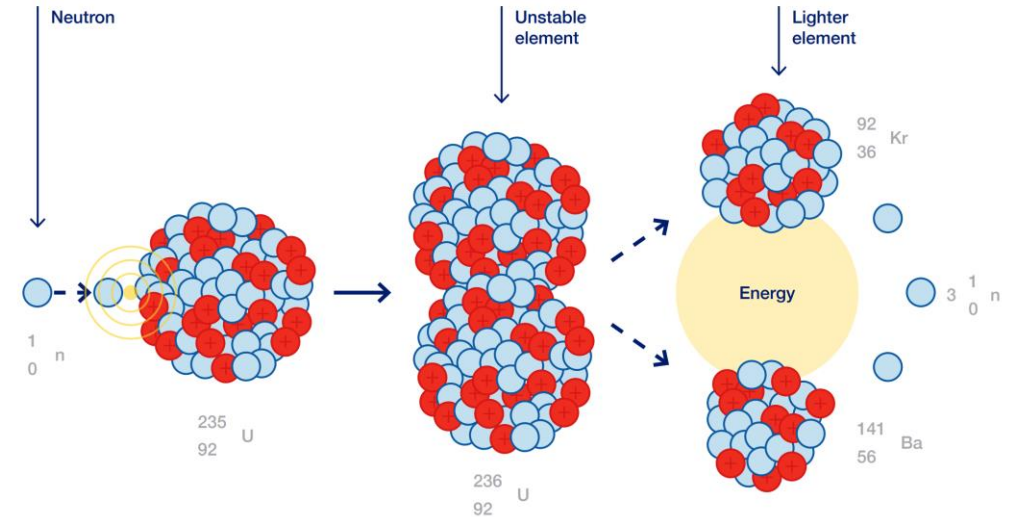
# Ohutus tuumareaktoris



- **Et kaitsta inimesi ja keskkonda ioniseeriva kiirguse kahjulike mõjude eest tuleb vältida radioaktiivse materjali eraldumist** kütusest ja primaarahelast.
- Tuumareaktori ohutuse tagamise põhistrateegia on igas olukorras tagada:
  - ✓ **ahelreaktsiooni peatamise võimekus, ja**
  - ✓ **kütuse piisav jahutamine.**



# Lõhustumisprotsess



- Põhiline osa reaktoris toodetud kasumlikust energiast tuleb lõhustumisprotsessis tekkinud **laguproduktide kineetilisest energiast**.
  - Laguproduktid “pidurduvad” kütuses ja nende kineetiline energia muundub soojusenergiaks.
- Uraani lõhustumisel tekkinud kiired neutronid aeglustuvad moderaatoris (näiteks vees).
- Kriitiline tasakaal saavutatakse kui reaktoris “toodetakse” sama palju neutroneid kui reaktori kütuses neeldub või reaktorist välja lekib.

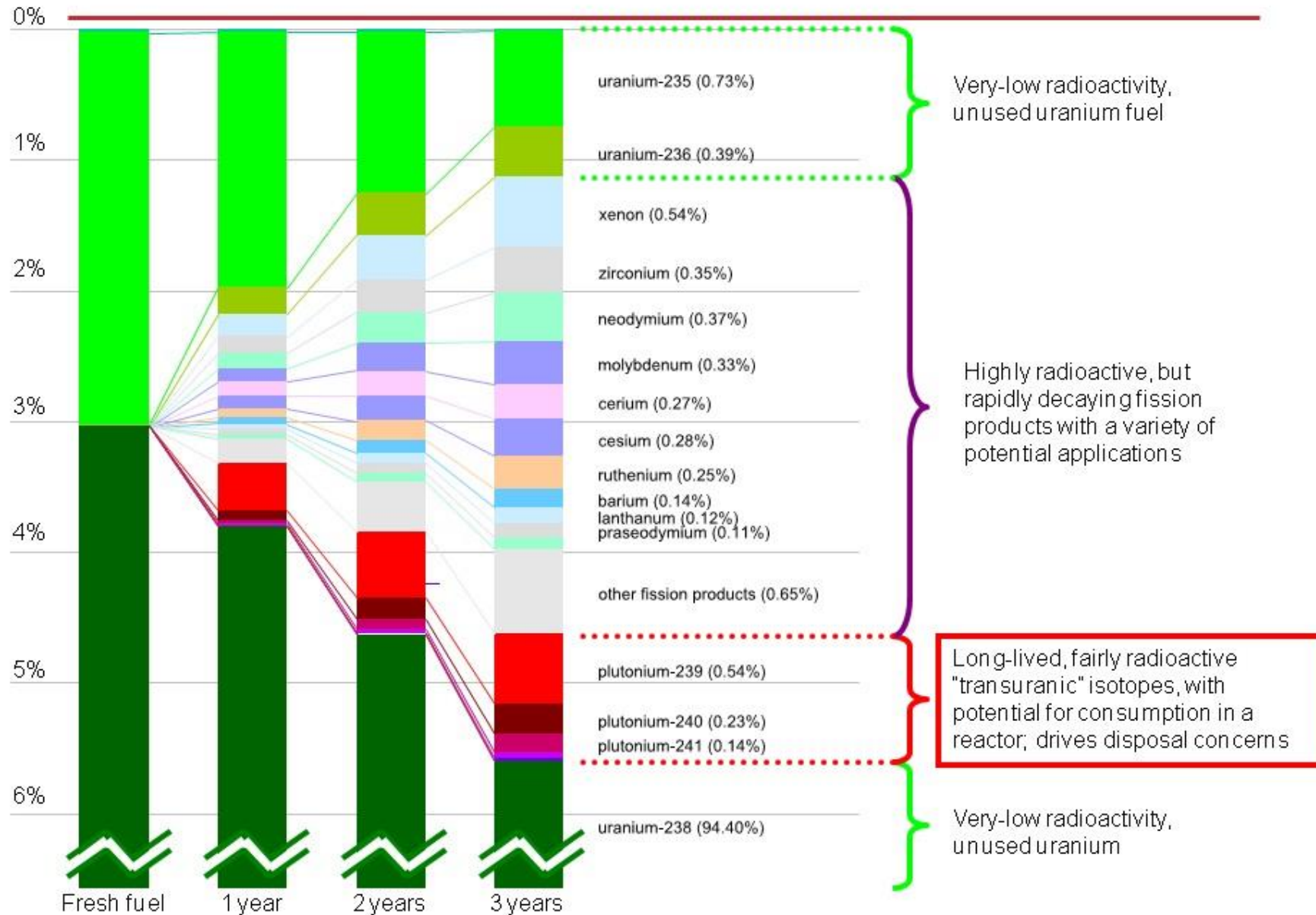
# Kütus reaktoris

- Kergveereaktorite kütuseks on  $\text{UO}_2$ . Silindrilisteks pelletiteks pressitud kõrge sulamistemperatuuriga (2800 C) keraamiline materjal tsirkooniumsulamist varrastes.
- Kütuse ja varda vahel on  $\sim 0.2$  mm pilu. Kütuse vardad täidetakse survestatud inertse gaasiga (heeliumiga).
- Reaktori käidu ajal kütus paisub vardas; samal ajal muutub nii kütuse kui ka kütuse vardas olev survestatud gaas.
- Tahked radioaktiivsed lõhustumissaadused jäävad kütusesse ja ei pääse primaarahelasse eeldused, et kütuse vardad on terved.



# Composition of Conventional Nuclear Fuel

(17x17 Westinghouse, 3% enr., 1100 day irradi, 33000 MWD/MTU, discharge composition, Origen Arp analysis)

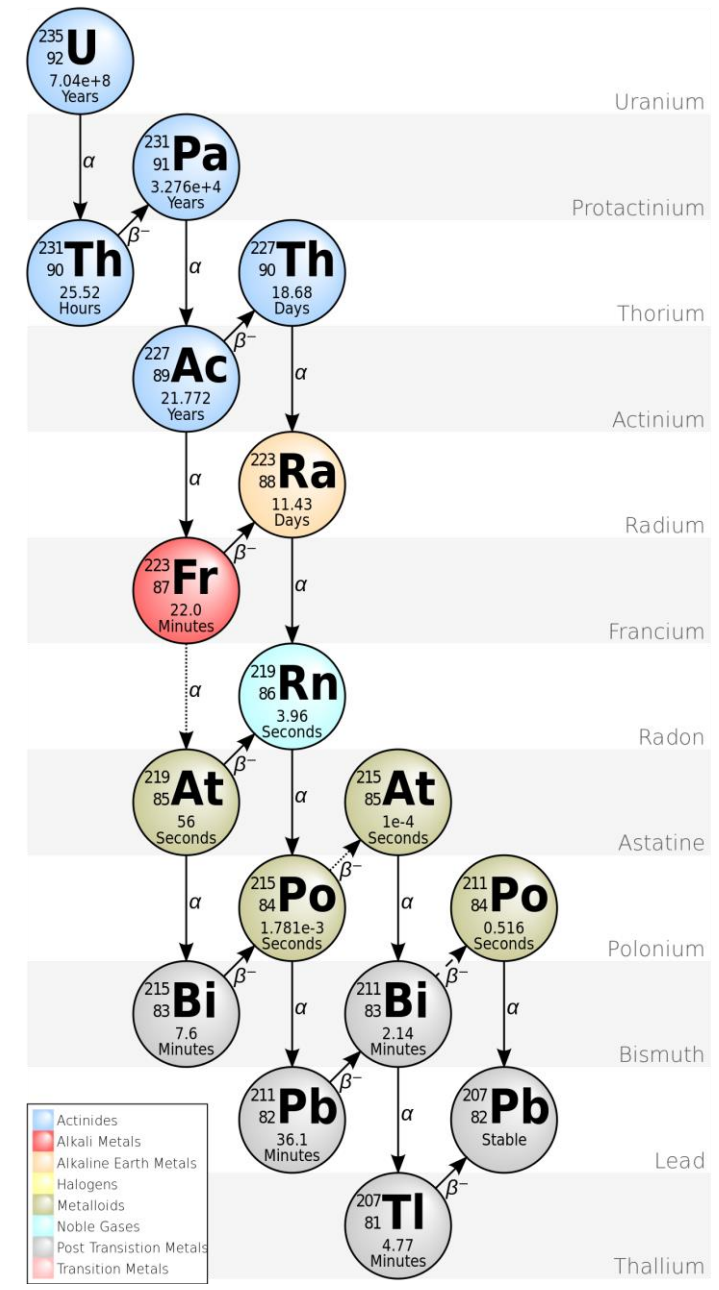
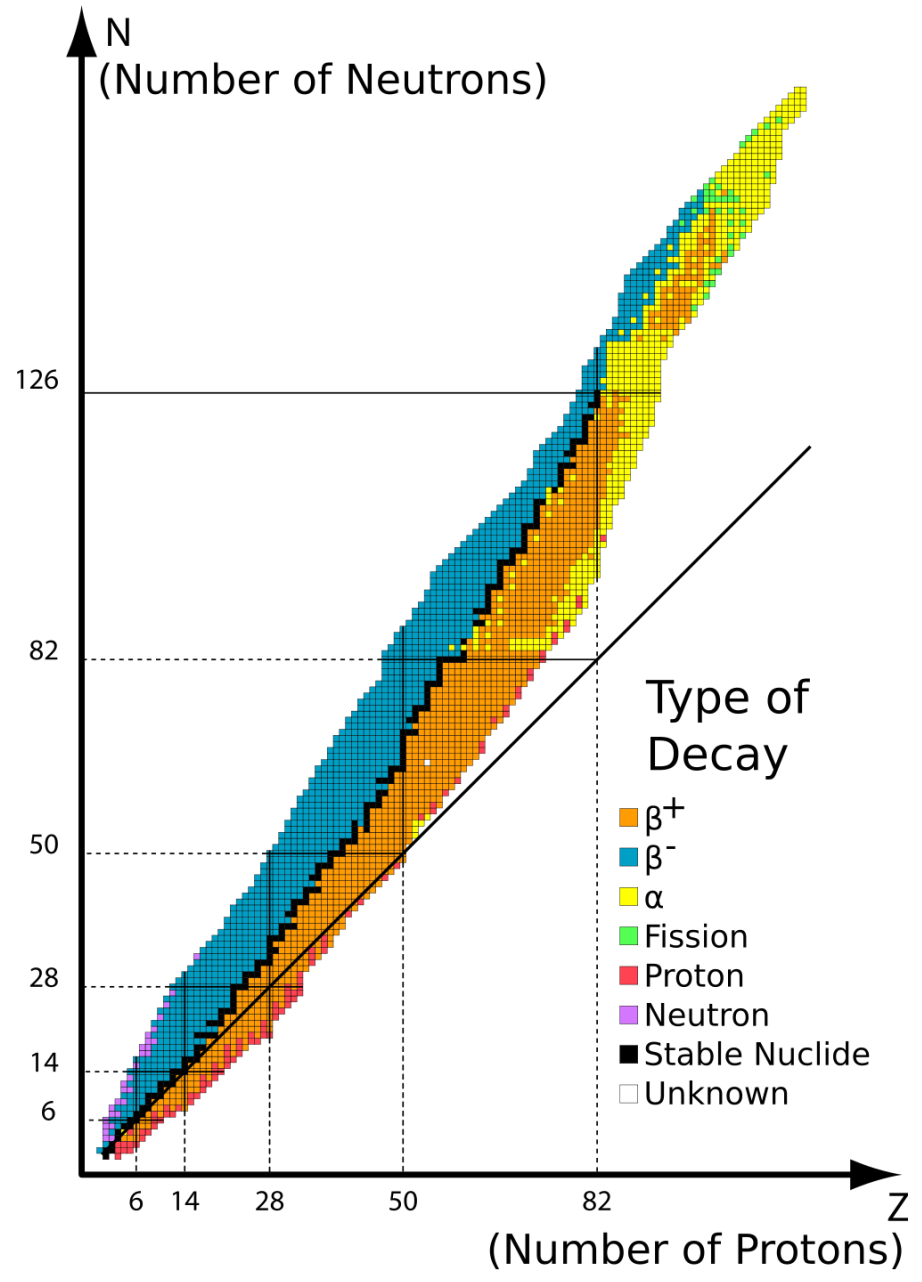


1 H																	2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

* Lantanoidid	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Aktinoidid	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Perioodilisustabeli elementide grupid

Leelismetallid	Leelismuldmetallid	Lantanoidid	Aktinoidid	Metallid	Poolmetallid	Mittemetallid	Väärisgaasid
----------------	--------------------	-------------	------------	----------	--------------	---------------	--------------



# Ioniseeriv kiirgus

Kiirgus, mis suudab ainet ioniseerida:

- Rasked laetud osakesed

$\alpha$

- Elektronid-positronid

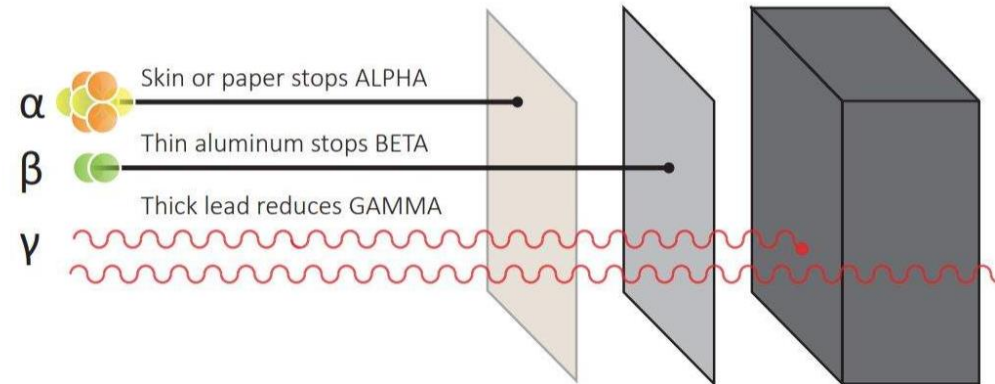
$\beta^- / \beta^+$

- Footonid

$\gamma$ , röntgen (elektromagnetkiirgus energiaga  $> 100$  eV)

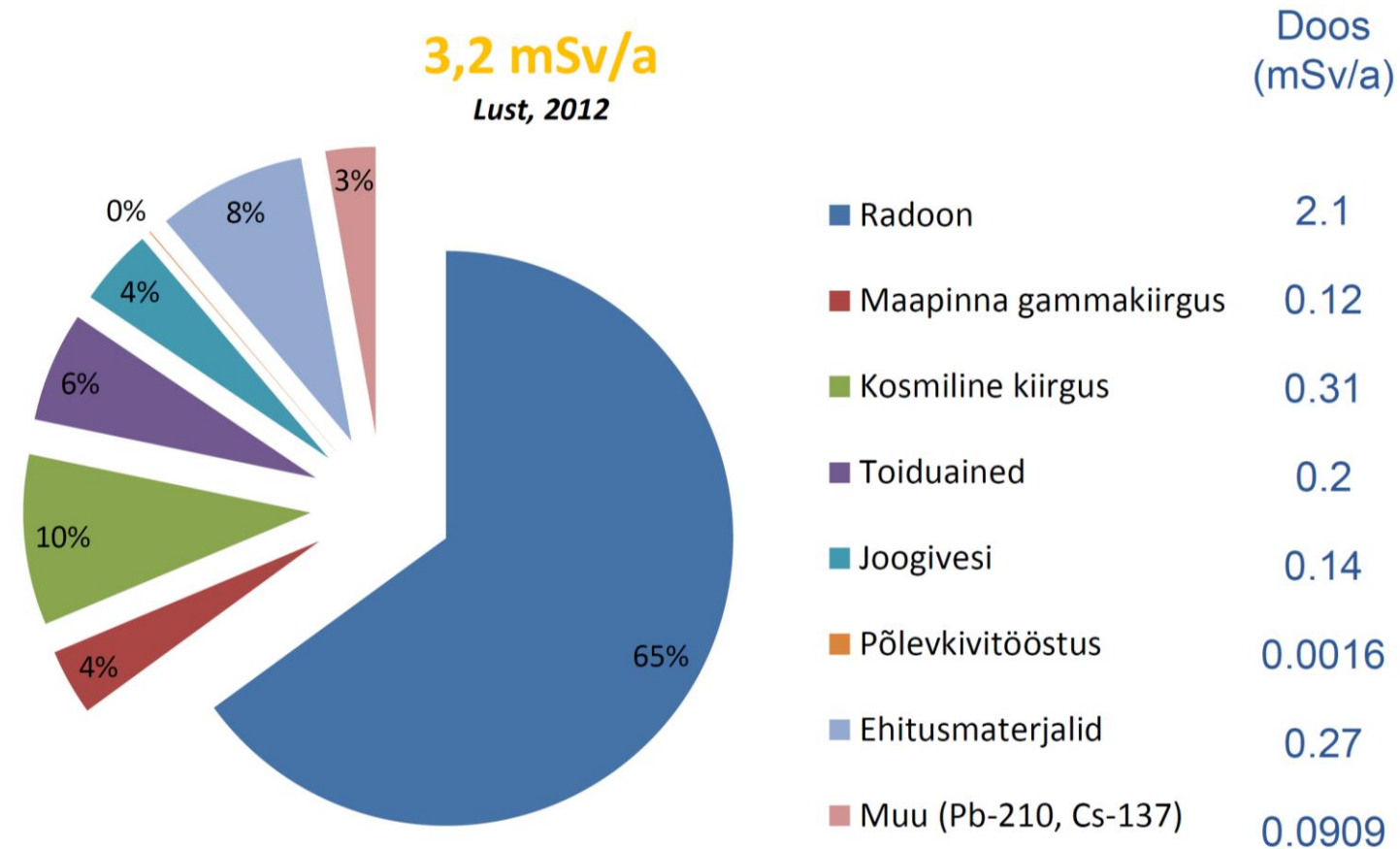
- Elementaarosakesed

$n$





# Keskmine aastane efektiivdoos Eestis

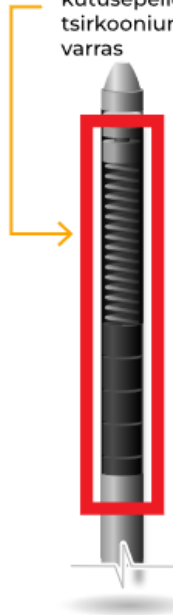


**NB!** Jooniselt puudub meditsiiniikiirgus!

# Barjäärid radionukliidide levikul

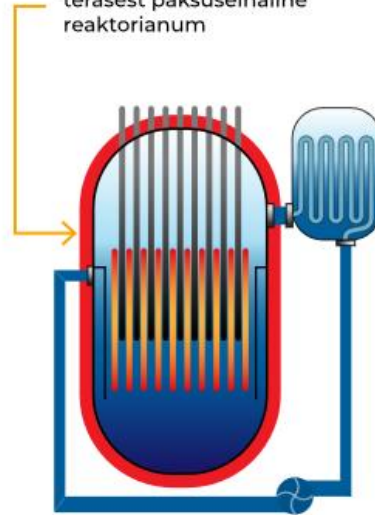
## 1 Barjäär

kütusepellet ja tsirkooniumsulamist varras



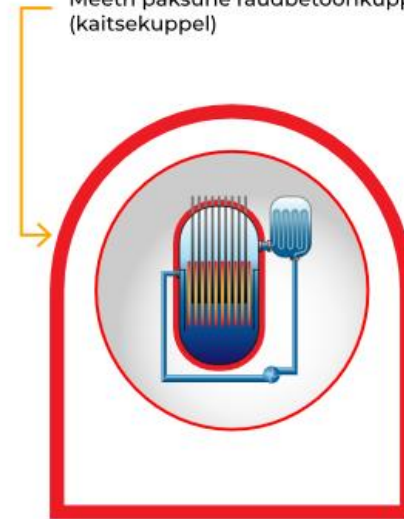
## 2 Barjäär

terasest paksuseinaline reaktorianum



## 3 Barjäär

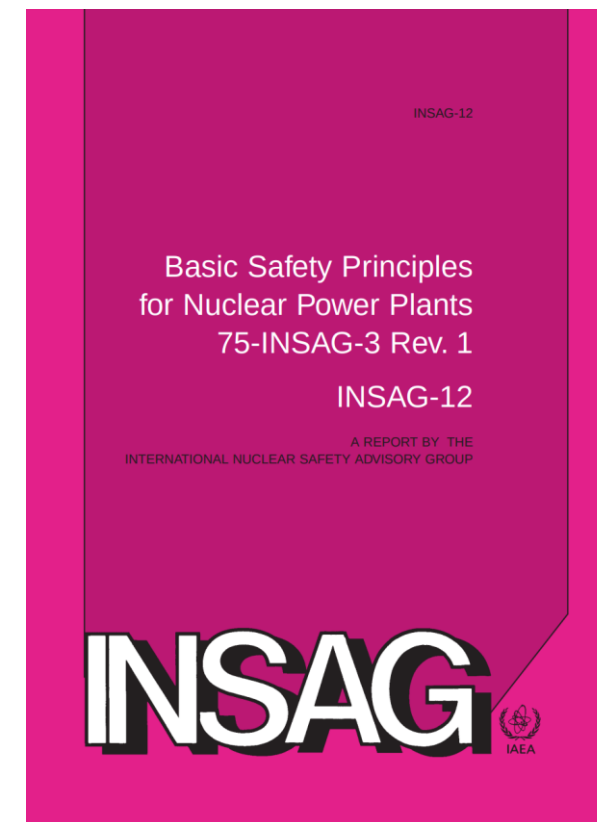
Meetri paksune raudbetoonkuppel (kaitsekuppel)





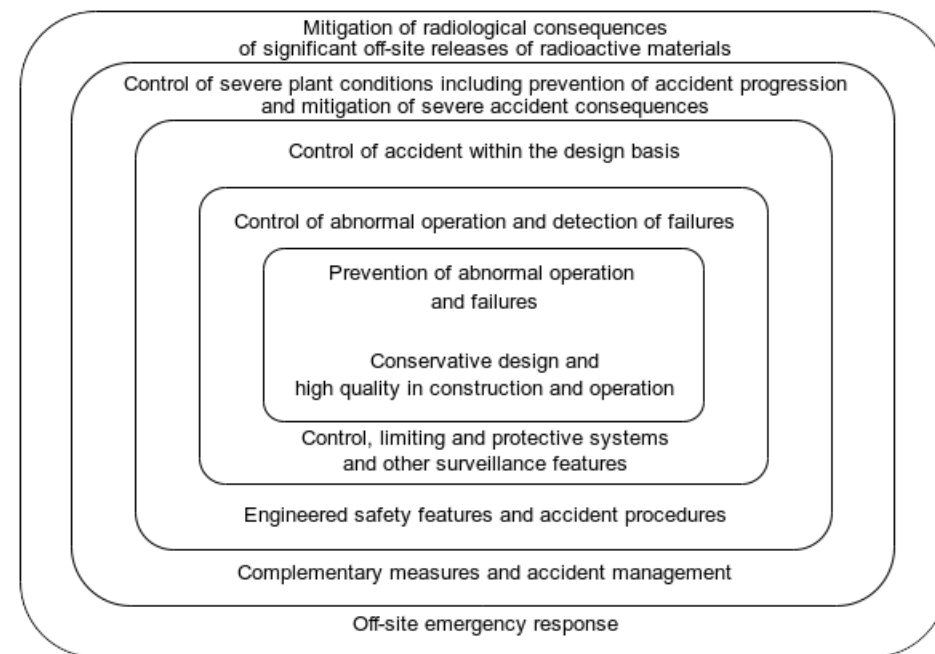
# Süvakaitse (defence-in-depth) eesmärk

- Süvakaitse kontseptsiooni keskendub kaitsetasemetele ja tõketele, mis takistavad radioaktiivse materjali eraldumist keskkonda.
- Eesmärk on:
  - kompenseerida võimalikke inimvigu ja komponentide rikkeid,
  - säilitada tõkete tõhusust, vältides jaama ja tõkete endi kahjustamist.
  - kaitsta populatsiooni ja keskkonda kahjude eest juhul, kui need tõkked ei ole piisavalt tõhusad.



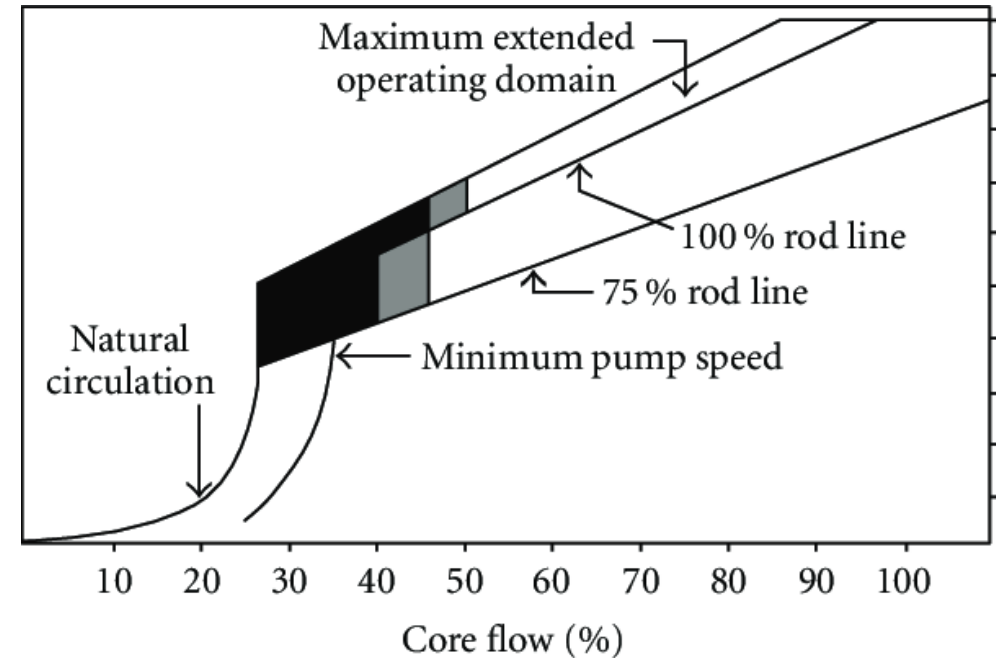
# Süvakaitse kaitsetasemed

- IAEA süvakaitse põhimõtte sõnastus määrab kindlaks viis kaitsetaset:
  - **Tase1:** Vältida kõrvalekaldeid tavapärasest tööst
  - **Tase2:** Tuvastada ja kontrollida kõrvalekaldeid
  - **Tase3:** Kaasata ohutussüsteeme ja protseduure, et vältida südamikuhahjustamist
  - **Tase4:** Leevendada õnnetuste tagajärgi
  - **Tase5:** Leevendada radioloogilisi tagajärgi

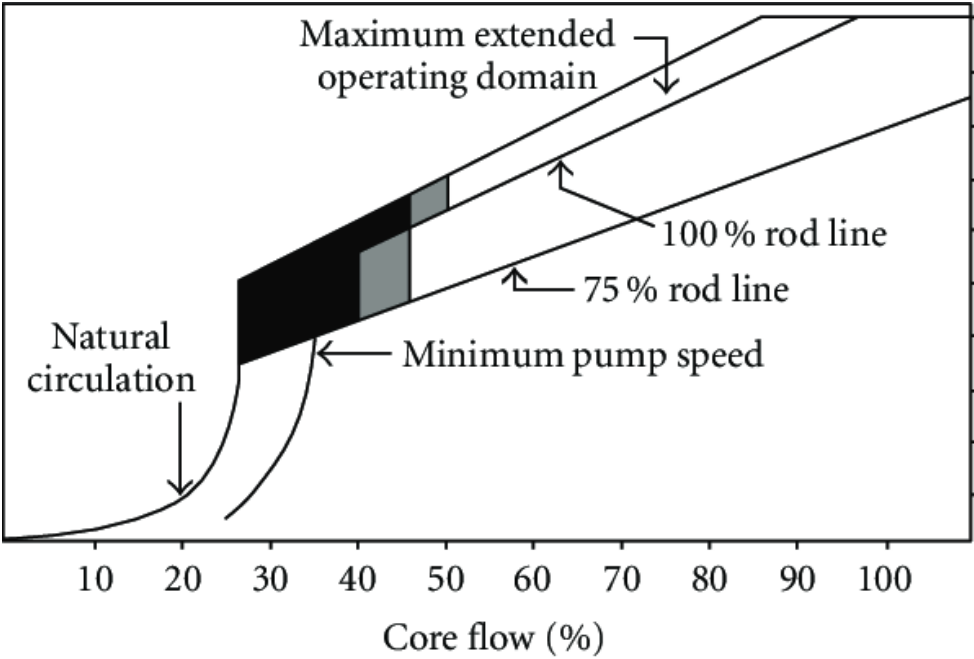
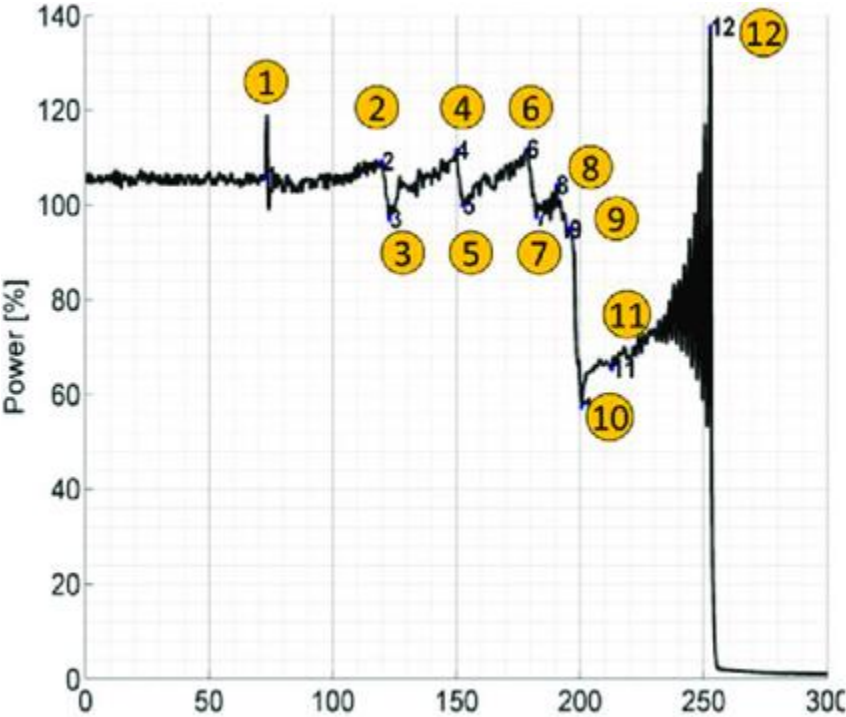


# Stabiilsus

- Reaktori füüsiline olek muutub võimsuse muutumisel läbi materjali parameetrite (temperatuuride, tiheduste jne.).
- Muutus võimsuses põhjustab muutuse reaktiivsuses mis põhjustab muutuse võimsuses...
  - Kutsutakse **reaktiivsuse tagasisideks**.
  - Kui see on positiivne, on reaktor ebastabiilne.
  - Stabiilseks käiduks on vajalik negatiivne tagasiside.
- Tagasiside saab olla passiivne (materjali parameetrid) või konstrueeritud (kontrollsüsteemid).
- Olemuslikult ebastabiilse reaktori saab muuta stabiilseks läbi kontrollsüsteemide.

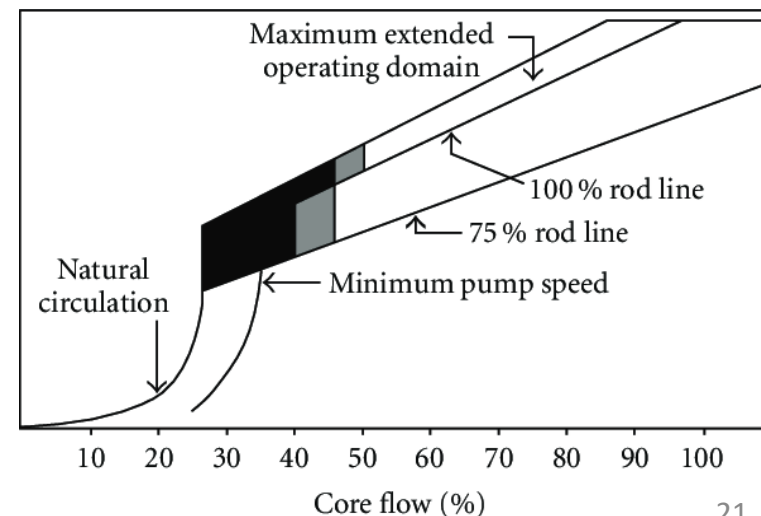
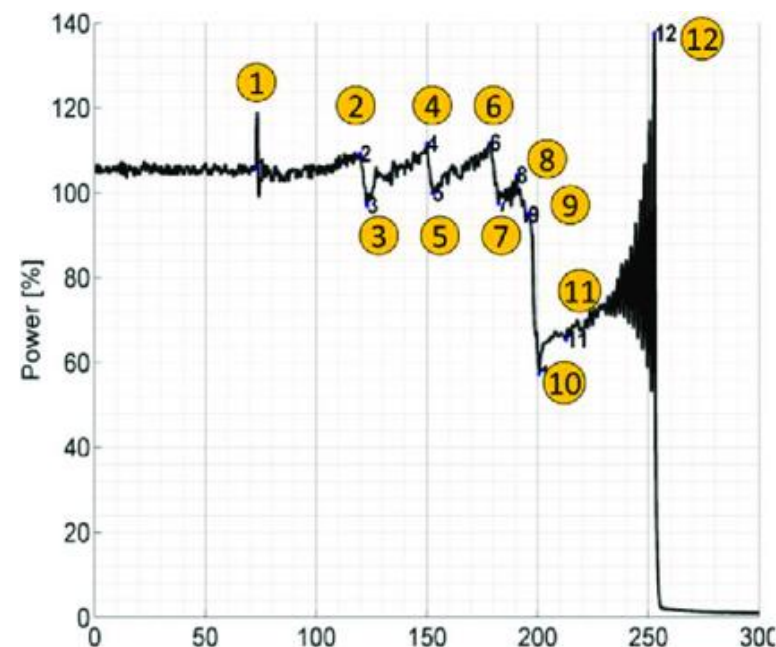


# Oskarshamn 2 (1999 ebastabiilsus)



# Oskarshamn 2 (1999 ebastabiilsus)

- 25. veebruaril 1999 teostati Oskarshamn-2 reaktori juures alajaama hooldustöid.
- (1) Turbiin seiskus peale alajaamast võrgu kadumise signaali, mis reaktorini ei jõudnud ja reaktor jätkas tööd nominaalvõimsusel.
- Jahutusvee eelsoojendite töö peatus ja jahutusvee temperatuur hakkas alanema, mis omakorda viis reaktoris võimsuse tõusule.
- Automaatrežiimil töötanud reaktori ringluspumbad vähendasid vee voolu tuumas (2, 4, 6), mis alandas ajutiselt reaktori võimsust.
- Jahutusvee temperatuuri jätkuva alanemise tõttu kordus see protsess mitu korda.
- Operaator, märgates anomaaliaid sisestas kontrollvardad osaliselt reaktorisse (9).
- Jahutusvee temperatuuri langemine aga jätkus, põhjustades reaktori võimsuse kiiret (võnkuvat) kasvu. Reaktor seiskus automaatselt saavutades võimsuse piirväärtuse (12).



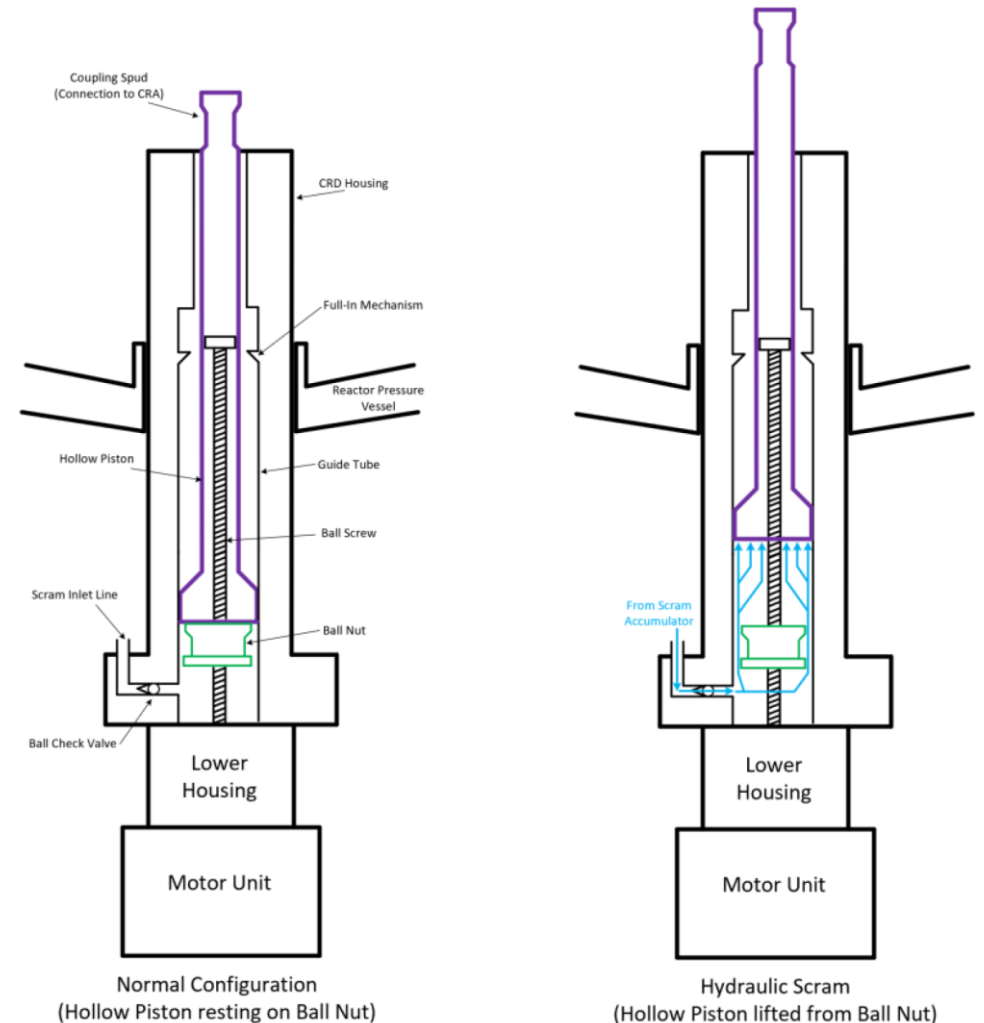
# Ohutussüsteemid

- Ohutussüsteemid tagavad reaktori ohutu väljalülitamise ja jääsoojuse eemaldamise ning maandavad õnnetuste tagajärgi.
- Ohutussüsteemid, mida võib leida igas tuumajaamas:
  - reaktori kaitsesüsteem (RPS);
  - teenindusveesüsteem (ESWS);
  - hädaolukorra reaktortuuma jahutussüsteem (ECCS);
  - hädaolukorra elektrisüsteem;
  - tõkkesüsteemid;
  - gaasipuhastussüsteemid;



# Reaktori kaitsesüsteem (RPS)

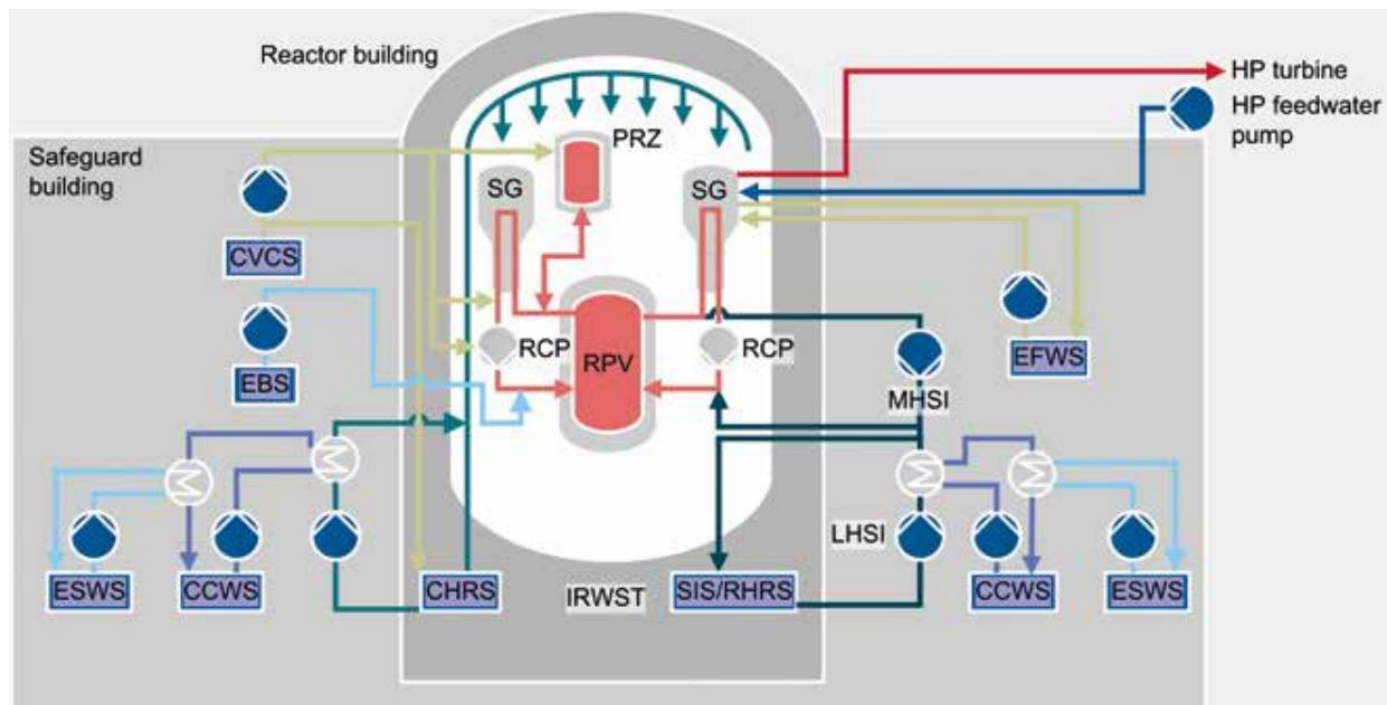
- Manuaalselt või automaatselt käivitatav süsteem, mis **seiskab ohutult ahelreaktsiooni** tuumas.
- Näiteid parameetritest, mida automaatne kaitsesüsteem jälgib:
  - Tuuma siseneva ja väljuva jahutusvee temperatuuride vahe,
  - Rõhk suveanumas,
  - Jahutusvee vool primaarahelas,
  - Vedeliku tase aurugeneraatoris,
  - Turbiini ühenduse olemasolu jne.





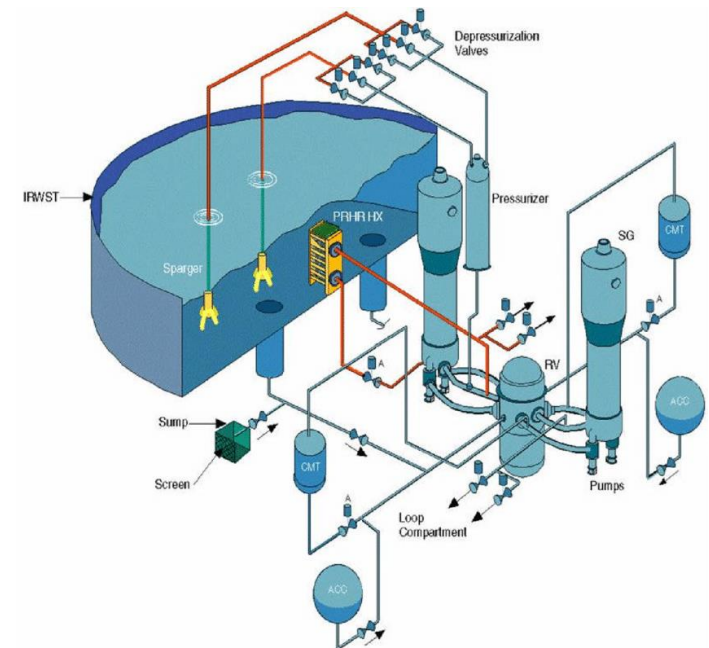
# Teenindusveesüsteem (ESWS);

- Süsteemi ülesanne on **eemaldada soojusenergia jaama komponentidest**, mis vajavad jahutamist tavakäidu, ohutu seiskamise või DBA järgselt.



# Hädaolukorra reaktortuuma jahutussüsteem (ECCS)

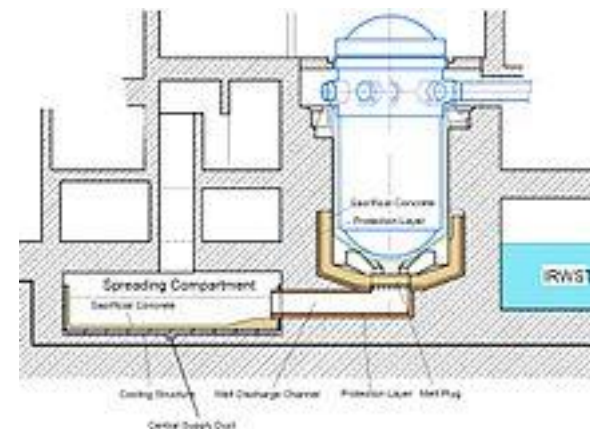
- Reaktorisüsteemi komponendid (pumbad, ventiilid/klapid, soojusvahetid, mahutid ja torustik), mis on spetsiaalselt ette nähtud **jääksoojuse eemaldamiseks reaktori tuumast** südamikujahutussüsteemi (reaktori jahutusvedeliku süsteemi) rikke korral.





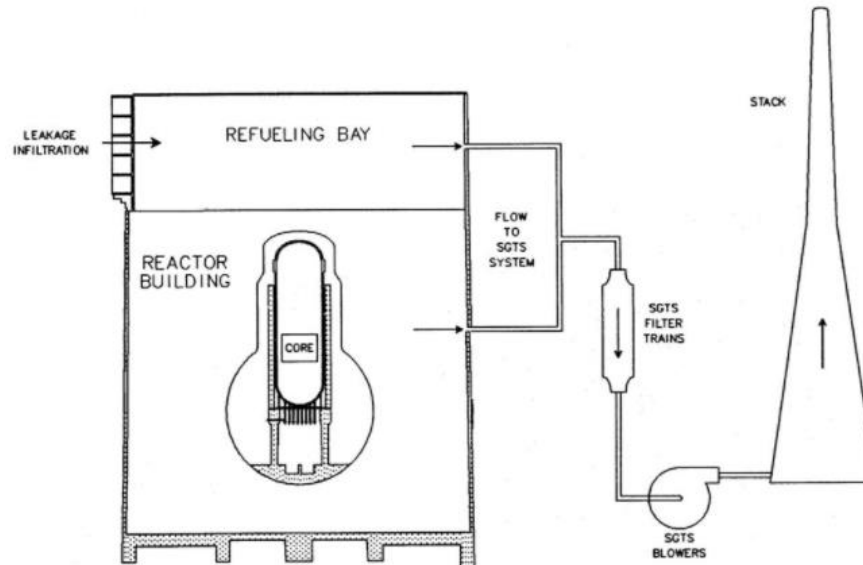
# Tõkkesüsteemid

- Tõkkesüsteemide eesmärk on **ära hoida radioaktiivse materjali levik** keskkonda.
- Tõketeks / barjäärideks on:
  - Kütuse vardad
  - Reaktori surve anum
  - Reaktori kaitsehoone (või -hooned)
  - “Tuumapüüdjad” (näiteks EPR, SNR-300, ESBWR)



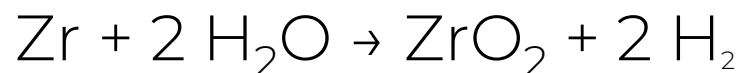
# Gaasipuhastussüsteemid

- Süsteemi eesmärk on **pumbata** tuumajaamast **õhku väliskeskkonda**, tekitades tuumajaama välisruum (väljaspool kaitsehoonet) kerge alarõhu ja seega minimeerida radioaktiivse materjali levikut atmosfääri.
- Puhastussüsteem koosneb filtritest (HEPA + aktiivsüsi), eelsoojenditest, ventiilidest/klappidest, torustikust, mõõteriistadest ja juhtseadmetest.



# Vesiniku teke ja plahvatusoht

- Tsirkooniumsulamist kütusevardad reageerivad kõrgetel temperatuuridel veeauruga, tootes vesinikku ja tsirkooniumoksiidi.



- Vesiniku tekkimise hetkeks on juba käimas raske tuumaõnnetus, kuna kütusevarraste temperatuur on üle 1200 C.
- Õnnetuse käigus alandatakse reaktori surveanumas rõhku, et võimaldada hädaolukorra reaktorituuma jahutussüsteemide tööd.
- Surve alandamisega lekib vesinik kaitsehoonesse, kus õige vesiniku / hapniku suhe ja süüde on piisav plahvatuse põhjustamiseks.





# Õnnetused tuumajaamades

**1979 Three Mile Island**

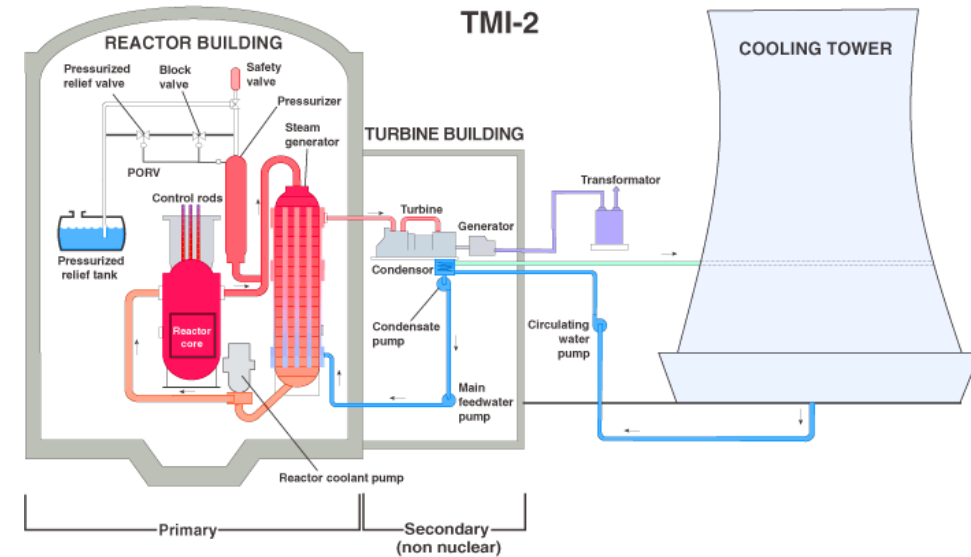
**1986 Chernobyl**

**2011 Fukushima Daiichi**



# 1979 – Three Mile Island (1/3)

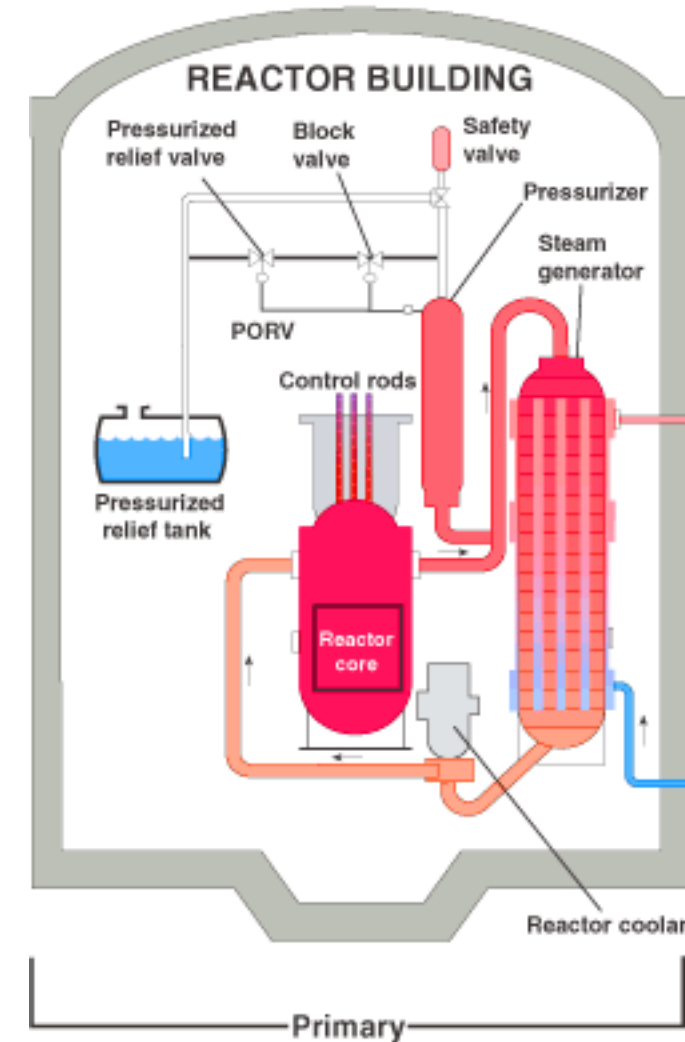
- 28. märtsil 1979 kell 4 hommikul töötas TMI-2 reaktor 97% võimsusel (~930 MWe). Väike rike sekundaarahelas põhjustas primaarahela jahutusvedeliku temperatuuri tõusu ja reaktor lülitus automaatselt välja.
- Kaitseventiil, mis reaktori sulgemisel avanes, ei sulgunud aga ootuspäraselt, kuid mõõteriistad seda ei näidanud. Jahutusvedeliku kogus vähenes nii palju, et reaktori südamikust ei olnud võimalik enam jääsoojust eemaldada.
- Reaktori südamik sai tugevalt kahjustada.
- Operaatorid ei suutnud reaktori planeerimata automaatset väljalülitamist diagnoosida ega sellele korralikult reageerida. Juhtruumi puudulikud mõõteriistad ja ebapiisav hädaolukorra lahendamise koolitus osutusid õnnetuse algpõhjusteks.





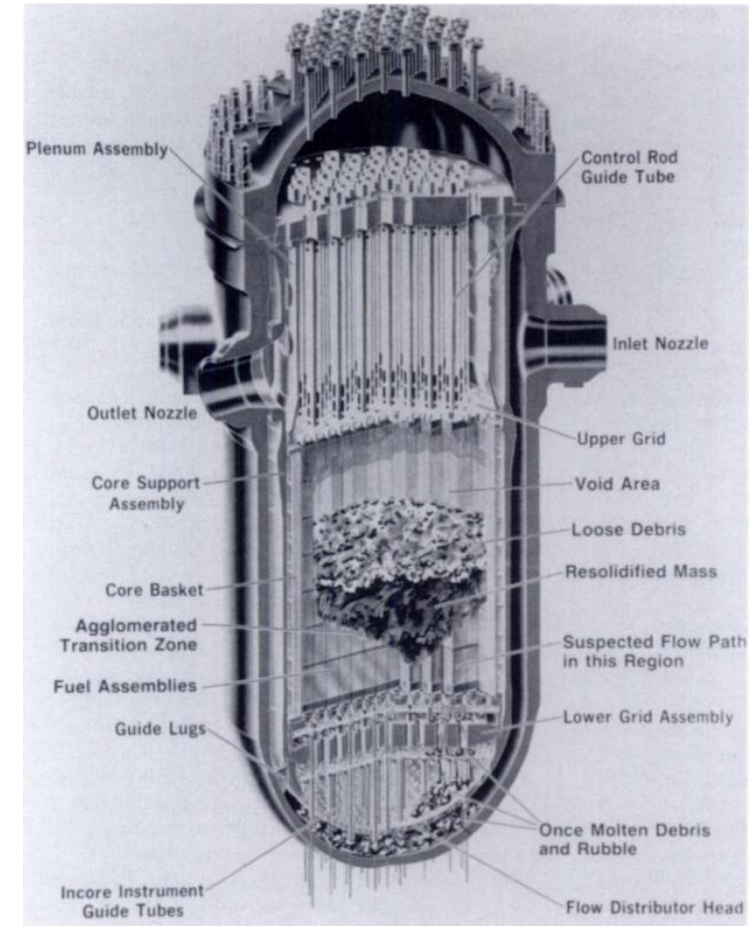
# 1979 – Three Mile Island (2/3)

- Peale reaktori seiskumist avanes automaatselt jahutussüsteemi kaitseklapp. ~10 sekundi pärast oleks see pidanud sulguma, kuid jäi avatuks. Operaatorid uskusid, et kaitseklapp oli suletud, kuna instrumendid näitasid, et klapile saadeti sulgemise signaal.
- Reageerides jahutusvee kadumisele, surusid ohutussüsteemid automaatselt jahutusvett surveanumasse. Kui vesi ja aur kaitseklapi kaudu välja pääsesid, paiskus jahutusvesi survestisse, tõstes selles veetaset.
- Operaatorid vähendasid ohutussüsteemi veevoolu hulka, kuna neid oli koolitatud, et veetase survestis on ainus usaldusväärne indikaator süsteemis oleva jahutusvee koguse kohta. Kuna survesti veetase tõusis, arvasid nad, et reaktorisüsteem on liiga vett täis.
- Auru/vee segu pani reaktori jahutuspumbad vibreerima ja operaatorid seiskasid pumpade töö kahjustuste vältimiseks. Sellega lõpeti reaktori südamikü aktiivjahutus.
- Jahutusvedelik kees, reaktori tuum oli katmata, kuumenes üle ja hakkas osaliselt sulama. Kell 6:22 suutsid operaatorid jahutusvedeliku vee kadumise surveanumast peatada.



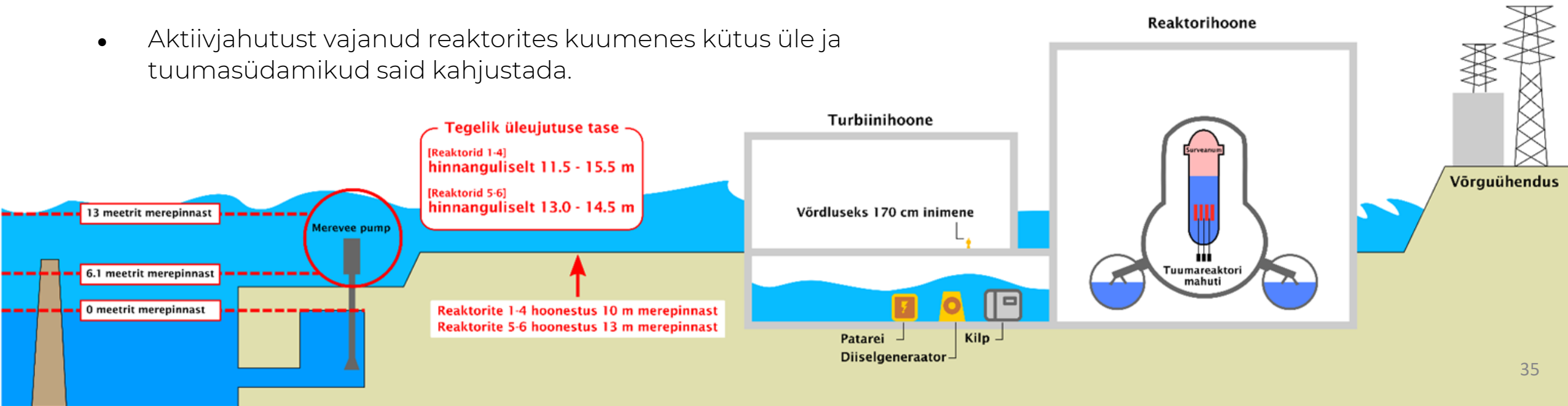
# 1979 – Three Mile Island (3/3)

- Kell 19.50 taastati reaktori südamiku sundjahutuse, kui suutsid taaskäivitada ühe reaktori jahutusvedeliku pumba.
- Reaktori jahutussüsteemist pärinevad radioaktiivsed gaasid kogunesid abihoones asuvasse paaki. 29. ja 30. märtsil liigutasid operaatorid torude ja kompressorite süsteemi abil gaasi heitgaaside mahutitesse.
- Kompressorid ei olnud õhukindlad ja **osa radioaktiivseid gaase jõudis** läbi tahkete osakeste õhufiltrite (HEPA) ja söefiltrite, mis küll eemaldasid enamiku radionukliididest, **keskkonda**. Lühikese poolestusajaga ja bioloogiliselt inertsenä ei kujutanud need tervisele ohtu.
- Õnnetus tekitas muret kiirgusest põhjustatud tervisemõjude võimalikkusest ümbritsevas piirkonnas. Enam kui 30 000 inimest, kes elasid õnnetuse ajal tuumajaamast viie miili raadiuses, peeti 18 aastat vaatluse all, kuid **mõju tervisele ei täheldatud**. Ainus tuvastatav mõju oli psühholoogiline stress õnnetuse ajal ja vahetult pärast seda.
- Uuringud näitasid, et jaamast 10 miili raadiuses elavate inimeste keskmine kiirgusdoos oli 0,08 millisiivertit (mSv) ja mitte rohkem kui 1 mSv ühegi üksikisiku kohta.



# 2011 – Fukushima Daiichi

- 11. märtsil 2011 toimus Jaapani idakalda ligidal maavärin magnituudiga 9 ja suur osa taristust (elektrivõrk, teed, kanalisatsioon) purunes.
- Fukushima Daiichi töötavad reaktorid peatusid automaatselt tänu seismiliste sensorite signaalile.
- Maavärinale järgnenud tsunami ujutas jaama üle kahjustades hädaolukorra elektrisüsteemi.
- Aktiivjahutust vajanud reaktorites kuumenes kütus üle ja tuumasüdamikud said kahjustada.

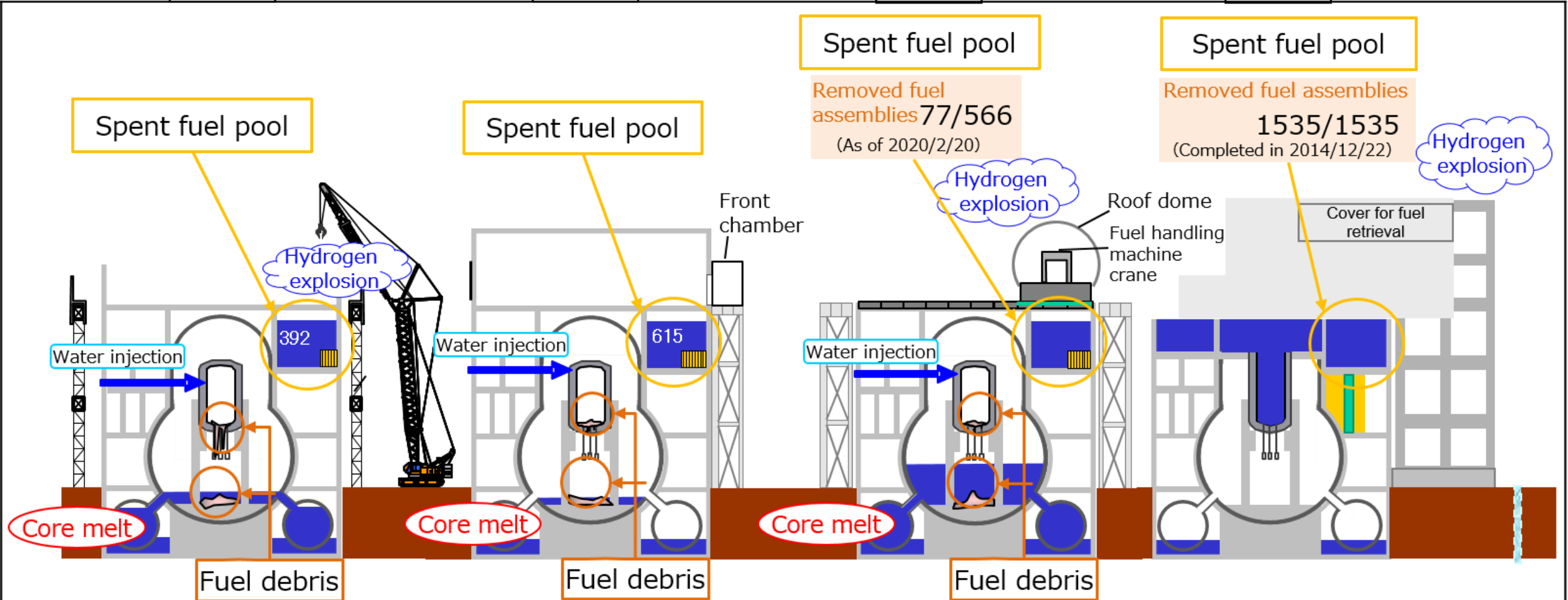


# Unit 1

# Unit 2

# Unit 3

# Unit 4



# Ohutuse tõstmine uutes jaamades

- IAEA poolt defineeritud eesmärgid ohutuse tõstmiseks:
  - reaktoriuuma kahjustuse tõenäosuse vähenemine võrreldes praeguste jaamadega;
  - teatud raskete õnnetuste arvessevõtmine jaamade kavandamisel;
  - tagada võimalikult madal heide raskete õnnetuste korral, et lihtsustada hädaolukorra planeerimist;
  - operaatori koormuse vähendamine õnnetuse ajal parema inimese-masina liidese abil;
  - digitaalsete seadmete ja juhtimise vastuvõtmine;
  - **passiivsete komponentide ja süsteemide kasutuselevõtt.**



# Passiivsed ohutussüsteemid

- Konventsionaalsed ohutussüsteemid sõltuvad **operaatori tegevusest, elektrienergiast** või **mehaanilisest käitamisest**. Seega on teoreetiliselt võimalik, et jaama elektrikatkestus või rasked loodusõnnetused võivad põhjustada südamiku sulamist ja radioaktiivse materjali heidet.
- Tehakse märkimisväärseid jõupingutusi passiivsete ohutussüsteemide väljatöötamiseks, mis ei vaja südamiku jahutamiseks aktiivseid sisendeid.
- Passiivsed ohutussüsteemid kasutavad ohutusega seotud funktsioonide täitmiseks passiivseid protsesse nagu **looduslik ringlus** või **aurustumine**, mis toimuvad ilma välise jõuta.

# Passiivsete ohutussüsteemide puudused

- Disaini puudused
  - Nõrgad jõud (väike tiheduste / kõrguste vahe)
  - Piiratud töövedeliku maht
- Passiivsete ohutussüsteemide toimivus sõltub struktuuri ja funktsionaalsuse terviklikkuse püsimisest.
- Segadused passiivsuse definitsiooniga
- Puudulik käidukogemus

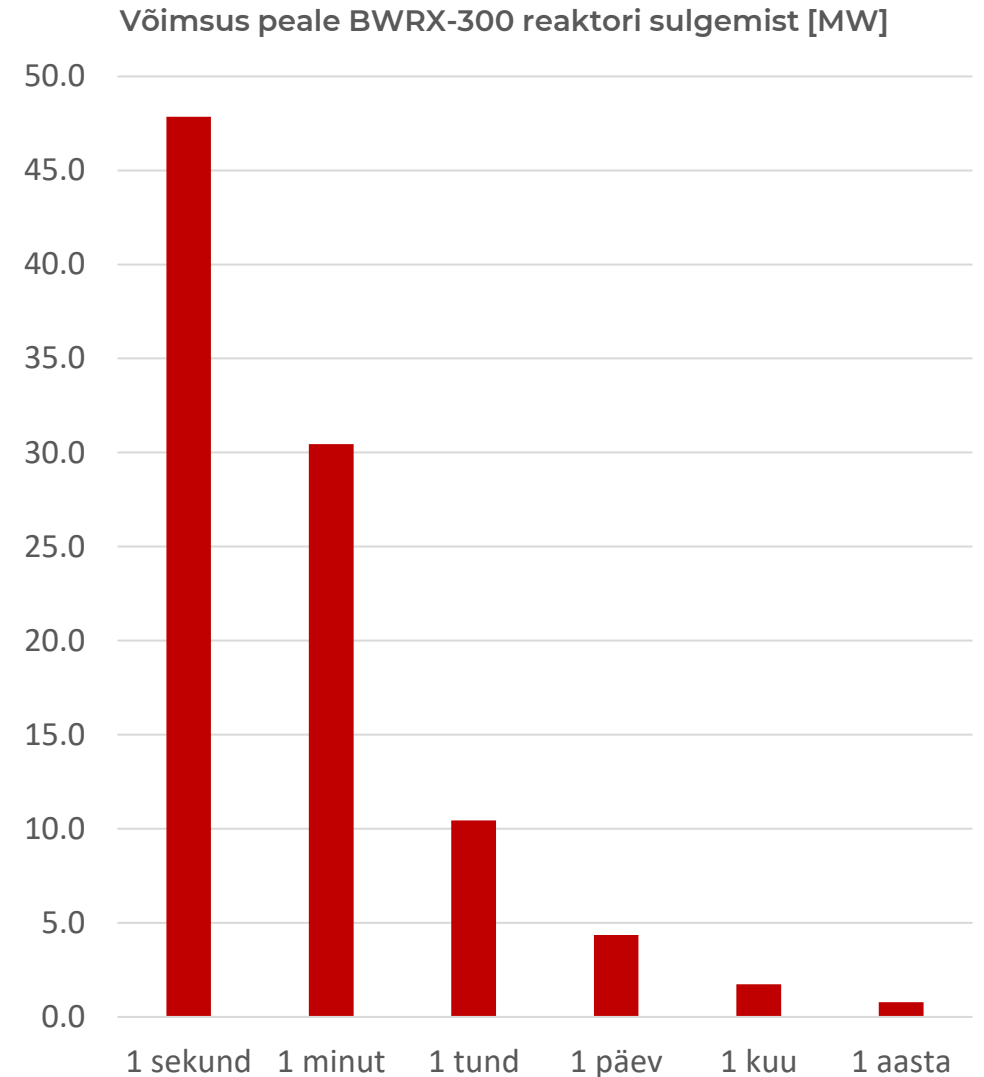
# Postuleeritud õnnetused (DBA)

- **Definitsioon:** avarii või rike, mille võimalikkust on projekteerimisel arvesse võetud kasutades vastavaid projekteerimise kriteeriume ja konservatiivseid meetodeid. Projekteeritud ohutussüsteemid tagatavad, et radioaktiivse materjali lekked jäävad aksepteeritud piiridesse.
  - Alajahutus – sekundaarahela jahutuse puudulikkus (nt kondensaatori jahutusvee kadu)
  - Ülejahutus – sekundaarahela liigne jahtumine (nt jahutusvee eelsoojendite töö seisak)
  - Ületäitmine – reaktori jahutusvee üleküllus (nt ebavõrdsus jahutusvee voolu ja auru voolu vahel BWRis)
  - Voolu väheus (LOFA) – reaktori tuumas jahutusvee voolu vähenemine (nt jahutusvee pumpade seisak)
  - Jahutusvee vähesus (LOCA) – reaktori jahutusvee koguse vähenemine (nt primaarahela leke)
  - Reaktiivsuse tõus (RIA) – kontrollimatu reaktiivsuse tõus süsteemis (nt kontrollvarda tuumast välja “kukkumine” BWRis)
  - Anomaaliad süsteemis ilma avariiseiskamiseta (ATWS) - suhteliselt sagedane anomaalne sündmus, millega kaasneb samaaegne avariiseiskumise ebaõnnestumine (nt jahutusvee kadu ilma avariiseiskamiseta)
  - Avariid kasutatud kütusega – avariid kasutatud tuumkütuse koostude käitlemisel ja ladustamisel (nt kütusekoostu kukkumine või kriitiline konfiguratsioon kütusehoidlas)
  - Välised sündmused – sündmus, mis saab alguse väljaspool jaama (nt maavärin, orkaan, lennuõnnetus)

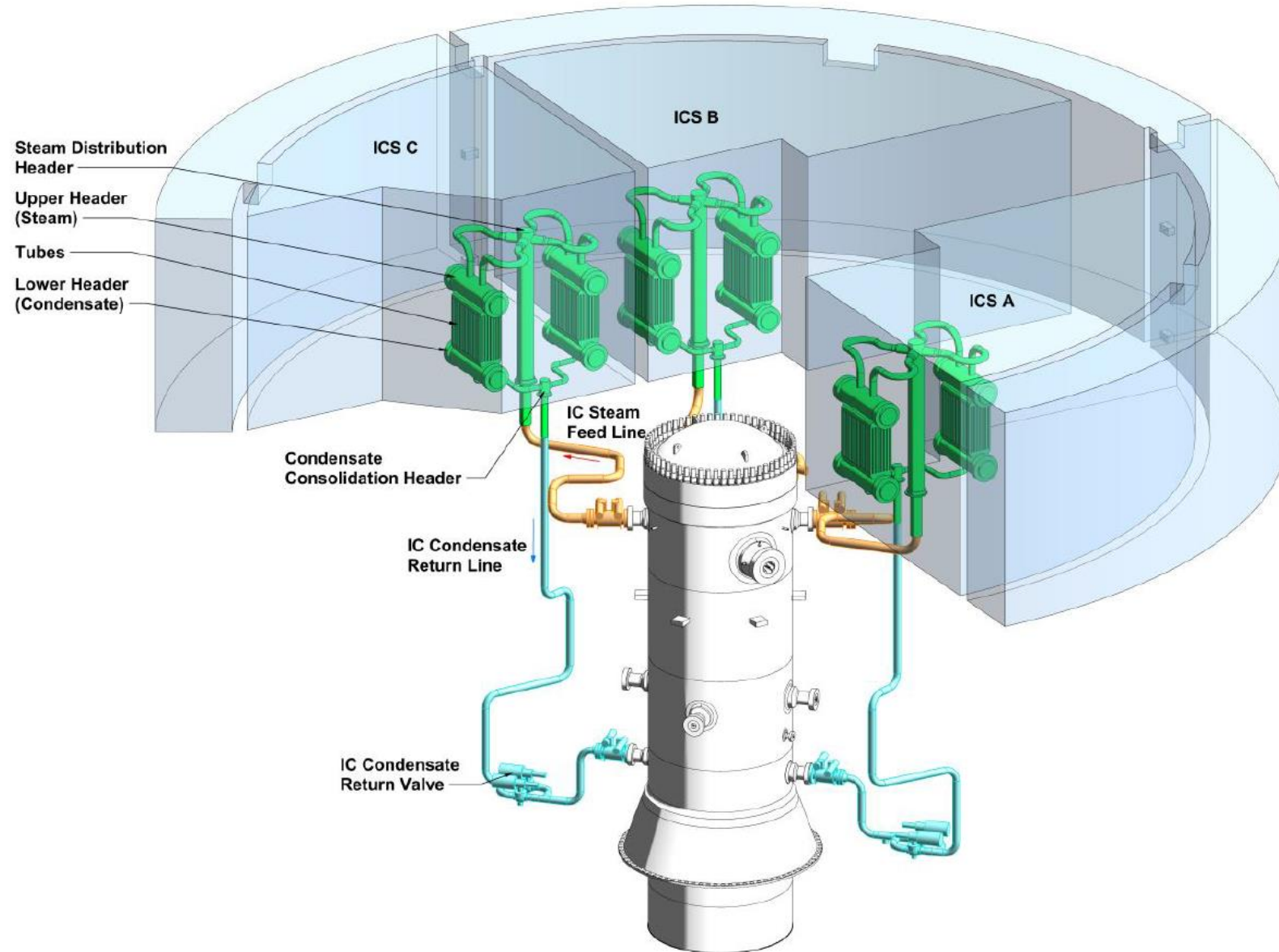


# Väike aga võimas

- Üks lõhustumine = **~200 MeV**
- Et ajada 1 liiter vett toatemperatuurilt keema = **~10<sup>16</sup> lõhustumist**
- Keskmiselt peavad neutronirikkad lõhustumisfragmendid pärast iga U-235 lõhustumist läbima kuus  $\beta$ - lagunemist.
  - 6 neutronit lagunevad 6 prootoniks.
  - Selle kiirguse neeldumine kütuses tekitab märkimisväärset hulgal soojust isegi siis, kui ahelreaktsioon reaktoris on peatatud.



# BWRX-300



# Ohutuskultuur

- Ohutuskultuur osutab sellele, kuidas organisatsioon **tähtsustab ja väärtustab ohutust**.
- Seda kujundavad kõigi töötajate ühised hoiakud, normid, uskumused ja väärtused.
- **Ohutuskultuur on tulem**, mitte sisend, kuid seda saab õigete sisenditega mõjutada.



# Tervisliku ohutuskultuuri näitajad

**individuaalne vastutus ohutuse eest,  
küsiv suhtumine,  
vastutus otsuste tegemise eest,  
tõhus suhtlus,  
kõrge usaldus,  
pidev õppimine.**

On oluline, et organisatsiooni liikmed mõistaksid tõhusa ohutuskultuuri omadusi ja organisatsioonidel oleks võimekus hinnata selle tugevust ja kvaliteeti.

# INES - rahvusvaheline tuumasündmuste skaala

- Üheks viisiks kuidas radioaktiivseid materjale käitavad organisatsioonid ja ettevõtted saavad panustada ohutuma tuumakäidu tulevikku on **läbipaistev ja enesekriitiline õnnetuste ja juhtumite hindamine ja teavitustöö**.
- INESE kasutamine on vabatahtlik ja skaala taseme valik juhtumi kirjeldamisel on organisatsiooni enda teha.
- Juhtumid

