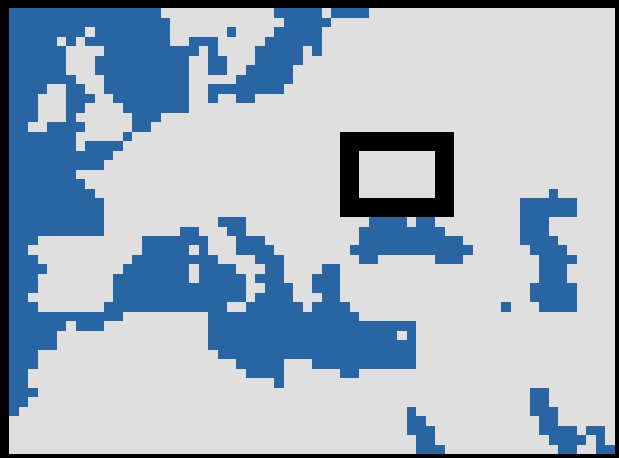


VATROGASCI U NUKLEARNIM NESREĆAMA

BORIS BANJAN prof., dipl.ing.

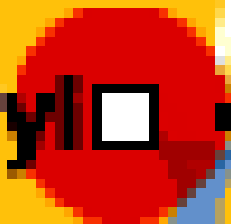






RUSSIA
BELARUS

Chernobyl

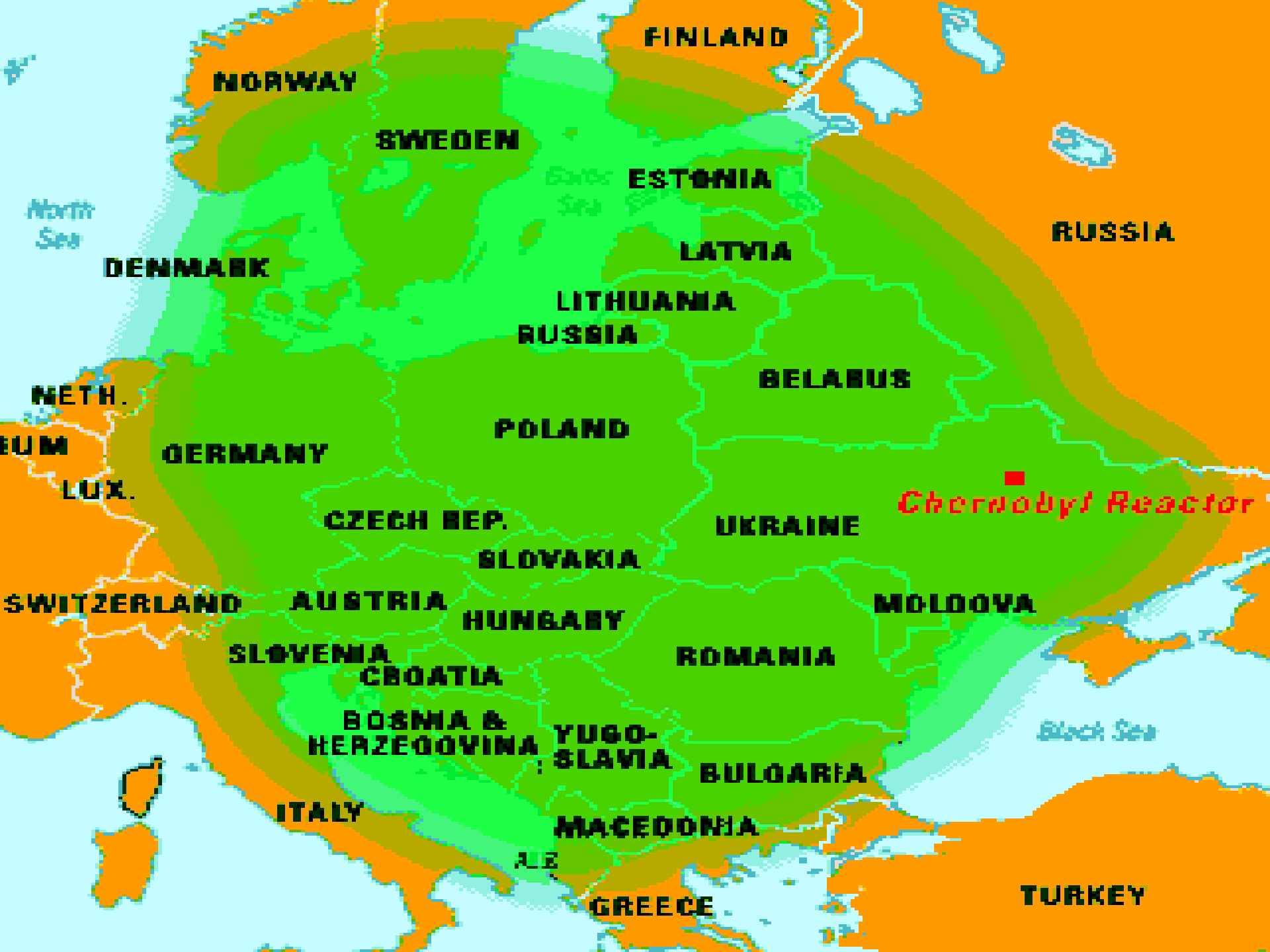


**30km
Zone**

Kiev

UKRAINE





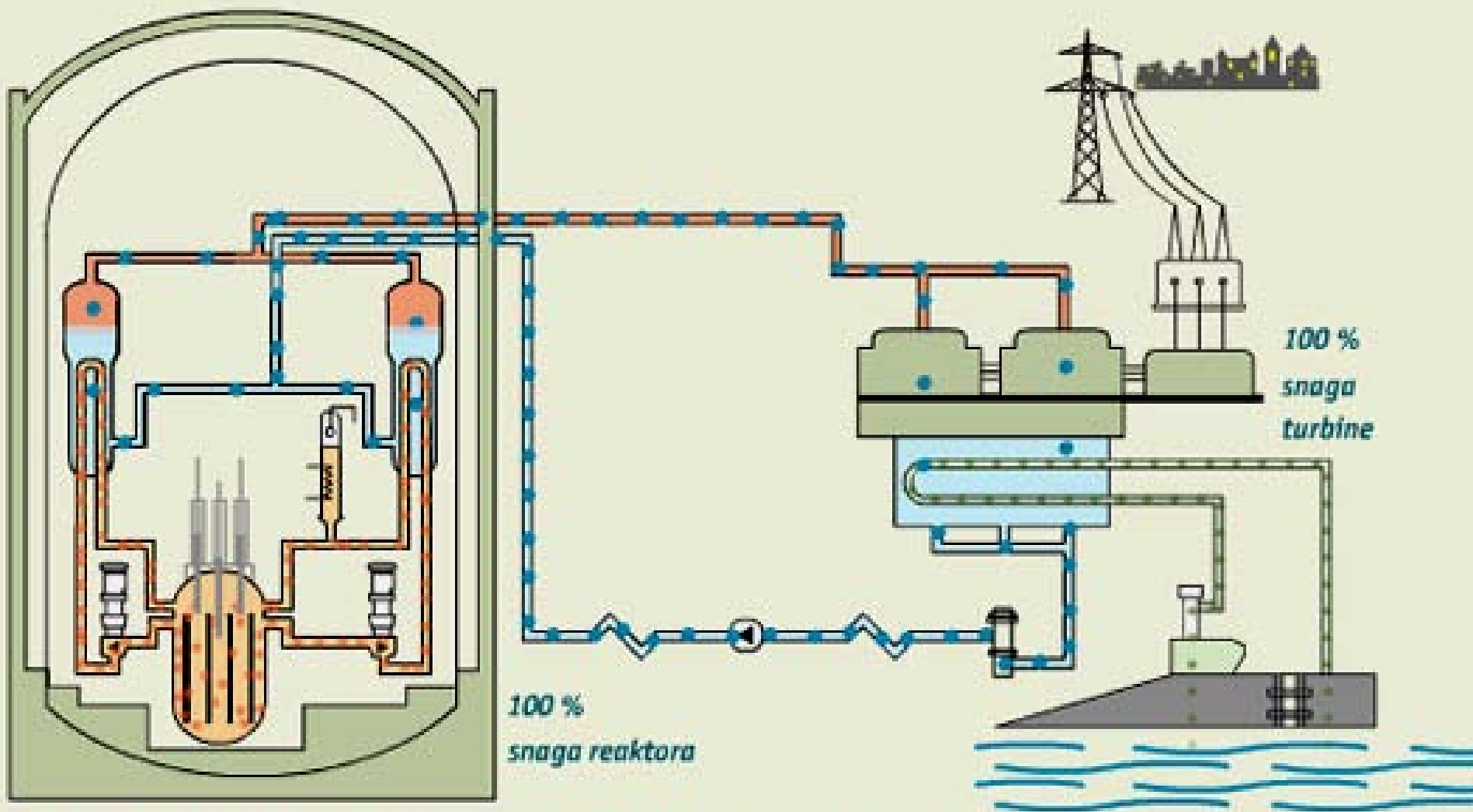


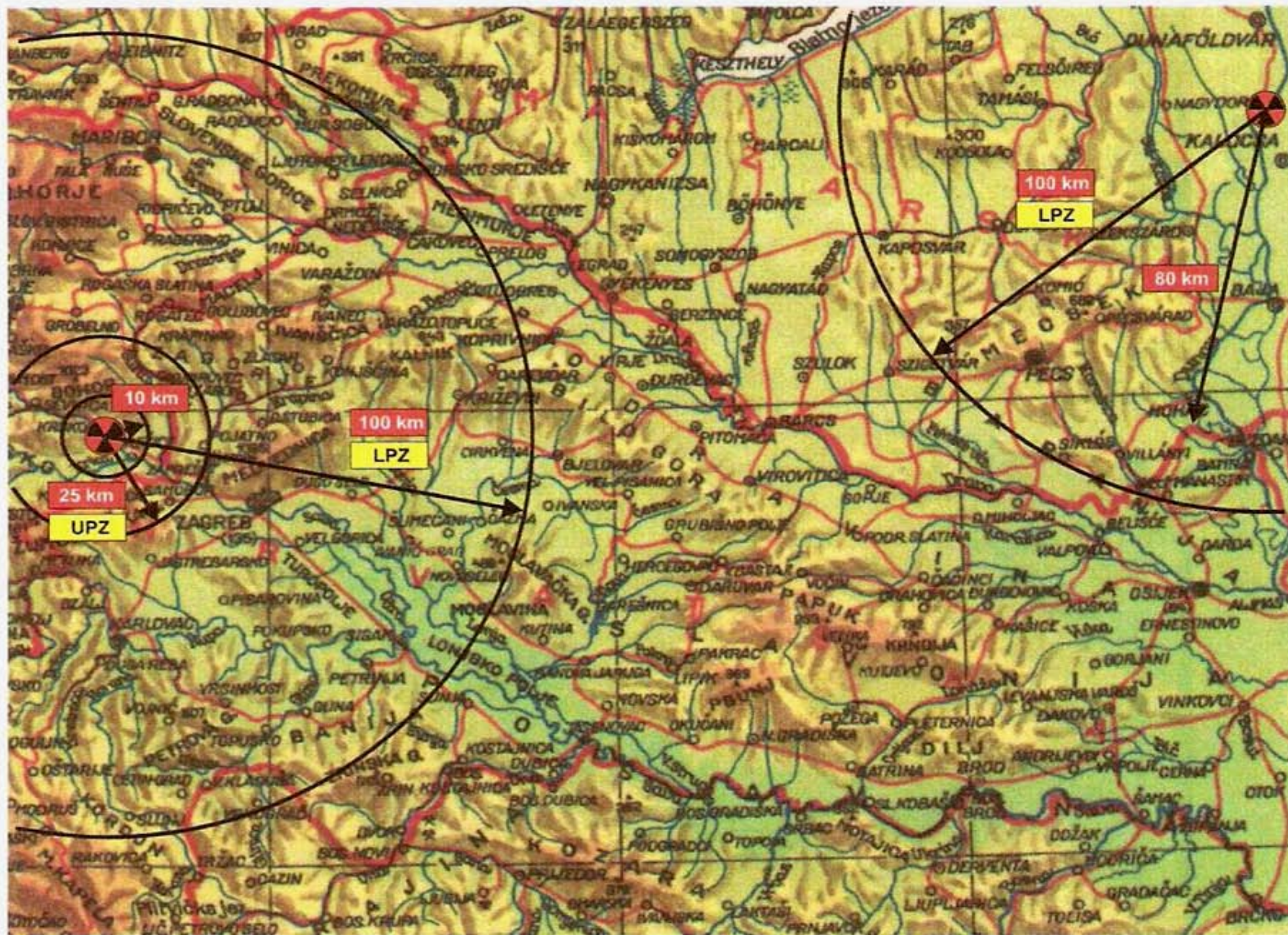




Slika 3-1 Nuklearne elektrane na udaljenosti do 1.000 km

Snaga reaktora, istodobno sa snagom turbine i generatora, postupno se povećava prema 100 posto. Kad reaktor radi na 100 posto snage, približno 35 posto sve proizvedene toplinske energije pretvara se u električnu i prenosi na mrežu. Preostala se energija savskom vodom pušta u okoliš.





Slika 4-4 Okvirna definicija zona potencijalne ugroženosti NE Krško i NE Paks

BIOLOSKI UCINCI IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA

- Ionizirajuće zračenje se sastoji od subatomske čestice ili elektromagnetskih valova koji posjeduju dovoljno visoku energiju za izbijanje elektrona iz atoma ili molekule, odnosno za ionizaciju



Doza ozračenja

- Apsorbirana energija zračenja po jedinici mase ozračenog materijala.
- Jedinica za apsorbiranu dozu naziva se gray (Gy) i označava 1 joule apsorbirane energije po kilogramu materijala



Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

- Za opis bioloških učinaka zračenja apsorbirana doza se korigira sa faktorima koji opisuju različitu djelotvornost pojedinih vrsta zračenja i različitu osjetljivost pojedinih organa i tkiva
- Tako dobivena efektivna doza izražava se jedinicom sievert (Sv), a često se koristi 1000 puta manji milisievert (mSv)



Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

- Potječu od promjena koje ono izaziva u kemijskom sastavu stanice, odnosno od radijacijskih oštećenja
- Posljedice po organizam ovise o vrsti oštećenja, tipu i funkciji stanice, te broju oštećenih stanica



Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

- Velike doze ozračenja mogu izazvati masovno razaranje stanica u nekom tkivu ili organu, što može biti pogubno za to tkivo, pa i za cijeli organizam
- Učinci na zdravlje pri masovnom razaranju stanica velikim dozama zračenja nazivaju se determinističkim, jer će posve sigurno nastupiti iznad nekog praga doze. Pri malim dozama deterministički učinci se ne opažaju



Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

- Neke ozračenjem izazvane mutacije DNK u matičnim stanicama neće ih onesposobiti za razmnožavanje, iako su stanice promijenjene.
- Ako je modificirana stanica somatska, ona može postati začetnikom dugog i složenog procesa koji će uroditi ozbiljnim somatskim učincima kao što je karcinom.



Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

- Ako je oštećena stanica reproduktivna, mutacija se može očitovati kao nasljedni učinak zračenja kod potomstva izložene osobe.
- Somatski i nasljedni učinci koji potječu od mutiranih stanica nazivaju se stohastičkim učincima jer se ne zna hoće li se i kada kod nekog pojedinca pokazati , bez obzira što su mu stanice oštećene .



Potencijalni izvori opasnosti

- Iako se nuklearne nesreće mogu dogoditi i tijekom obrade, skladištenja ili prijevoza nuklearnih materijala, najveću opasnost predstavljaju nesreće na energetske reaktorima, odnosno u nuklearnim elektranama.



Sigurnost nuklearne elektrane

- Princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable) – izlaganje ionizirajućem zračenju je potrebno reducirati na “ razumnu “ mjeru. Princip uključuje proces optimiranja u kojem se uz zdravstvene također uvažavaju ekonomski i socijalni aspekti.



Sigurnost nuklearne elektrane

- Obrana po dubini se sastoji u poduzimanju većeg broja sistemskih mjera za očuvanje funkcija opreme i sustava nuklearne elektrane važnih za sigurnost, i to tako da one u pogledu zaštite okoliša djeluju serijski.
- To znači da izgubljenju funkciju jednog sustava važnog za sigurnost automatski preuzima drugi.



Sigurnost nuklearne elektrane (fizičke barijere)

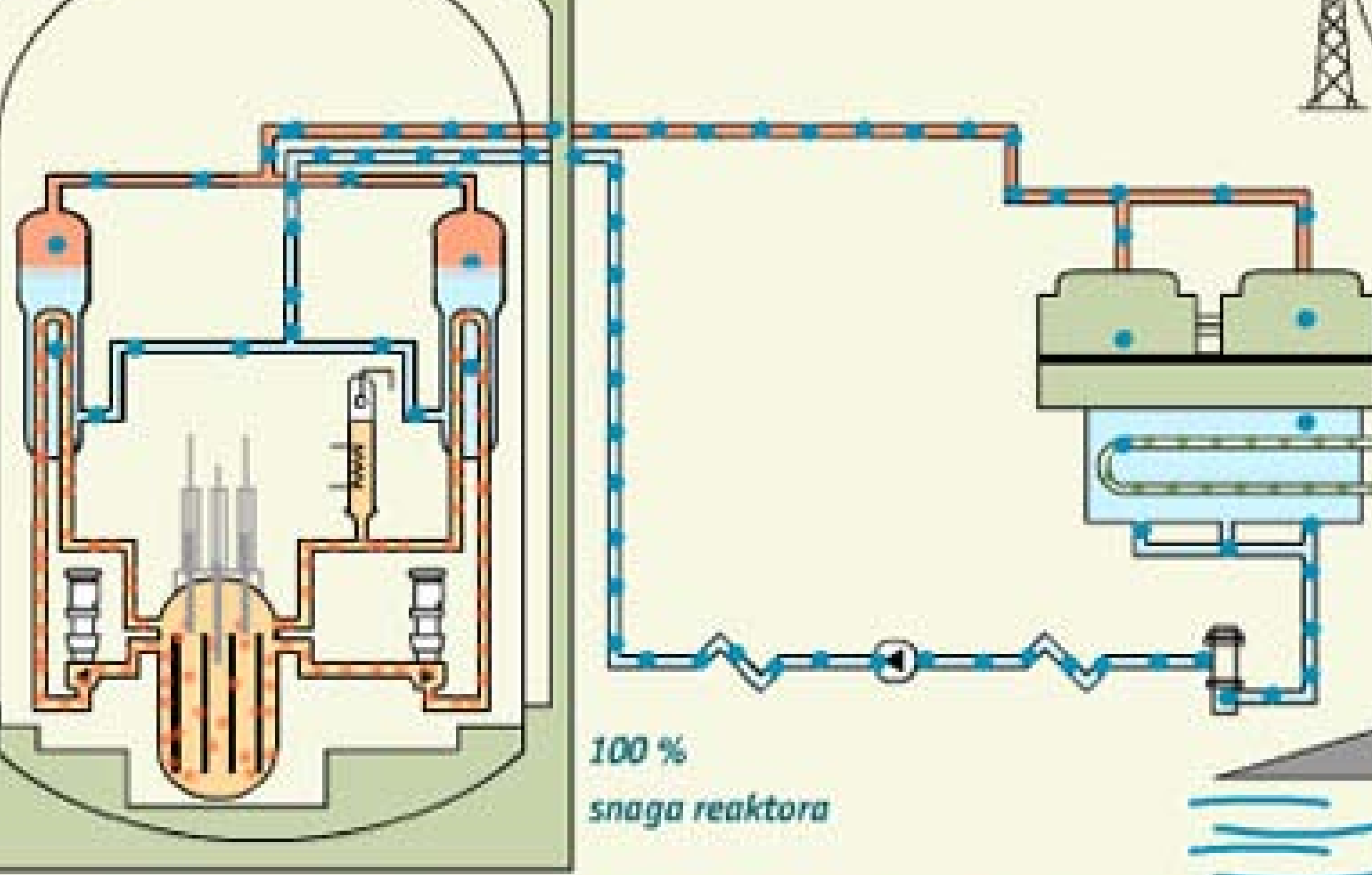
Matrica nuklearnog goriva

Obloga gorivog elementa

Primarni krug

Zaštitna zgrada





100 %
snaga reaktora

Zaštitni tehnički sustavi

Hlađenje jezgre reaktora
Očuvanje integriteta zaštitne
zgrade



Zaštitne mjere

Konzervativni projekt

Osiguranje kvalitete

Školovanje kadrova

Detekcija nenormalnih događaja

Periodička inspekcija opreme

Vrste nuklearnih nesreća

- Nesreće sa ispuštanjem u atmosferu
- Nesreće sa ispuštanjem u površinske vode (vodotoke, jezera ili mora)
- Nesreće sa ispuštanjem u tlo, odnosno u podzemni vodotok



Nesreće sa ispuštanjem u atmosferu

- Ljudske pogreške (pogreške u projektiranju i izvedbi, pogreške u postupanju osoblja, pogreške u održavanju postrojenja)
- Kvarovi opreme
- Vanjski utjecaji (potresi, uleknuća zemljišta, poplave, oluje, požari i dr.)



Hitne zaštitne mjere

- Zaklanjanje (upućivanje stanovništva da se skloni u zatvorene prostore)
- Evakuacija (hitno preseljenje stanovništva iz ugroženog područja)
- Jodna profilaksa (zasićenje štitne žlijezde stabilnim jodom da bi se spriječio unos radioaktivnog joda)

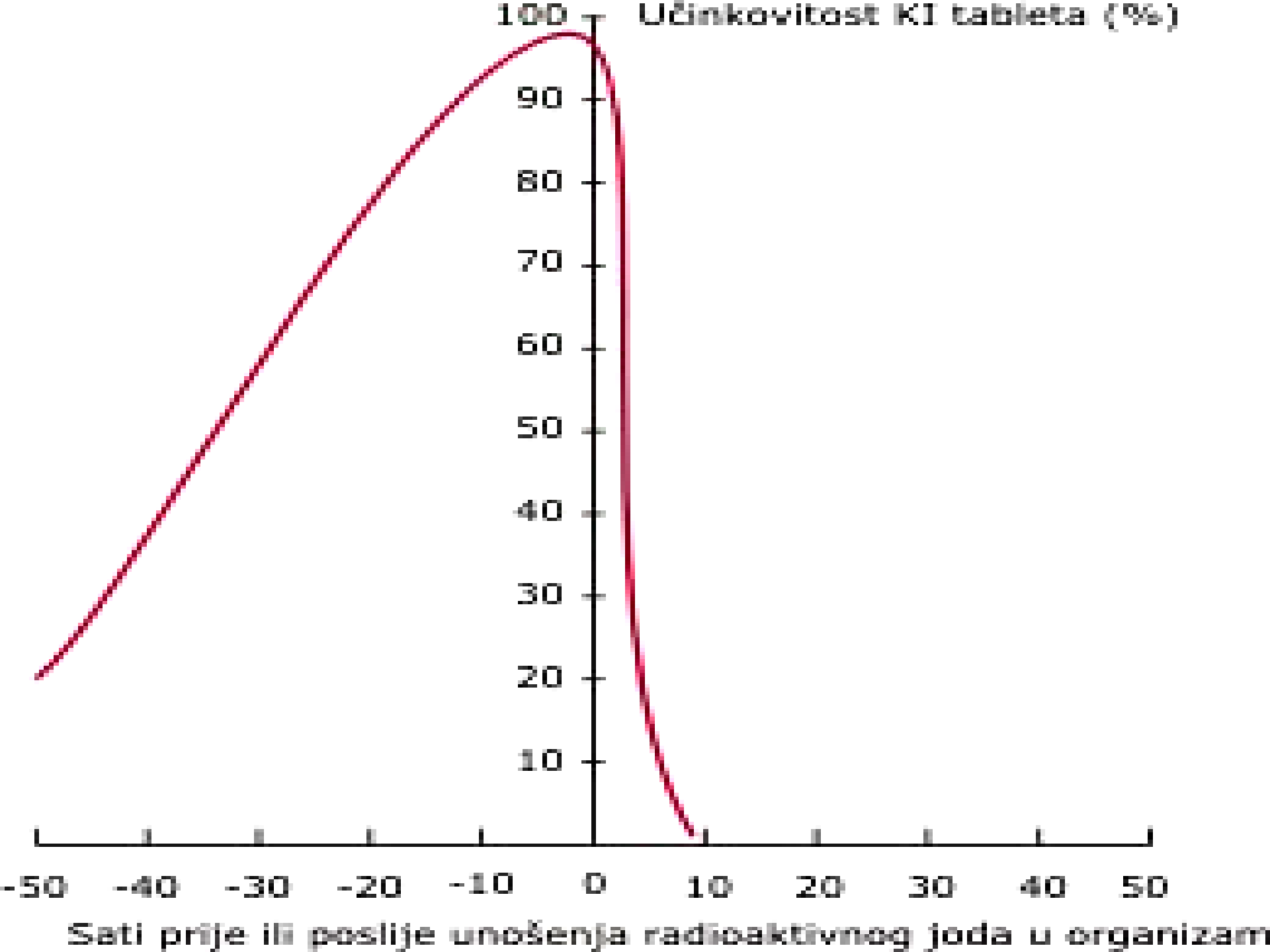


Zaštitna oprema vatrogasaca

Izolacijski aparati



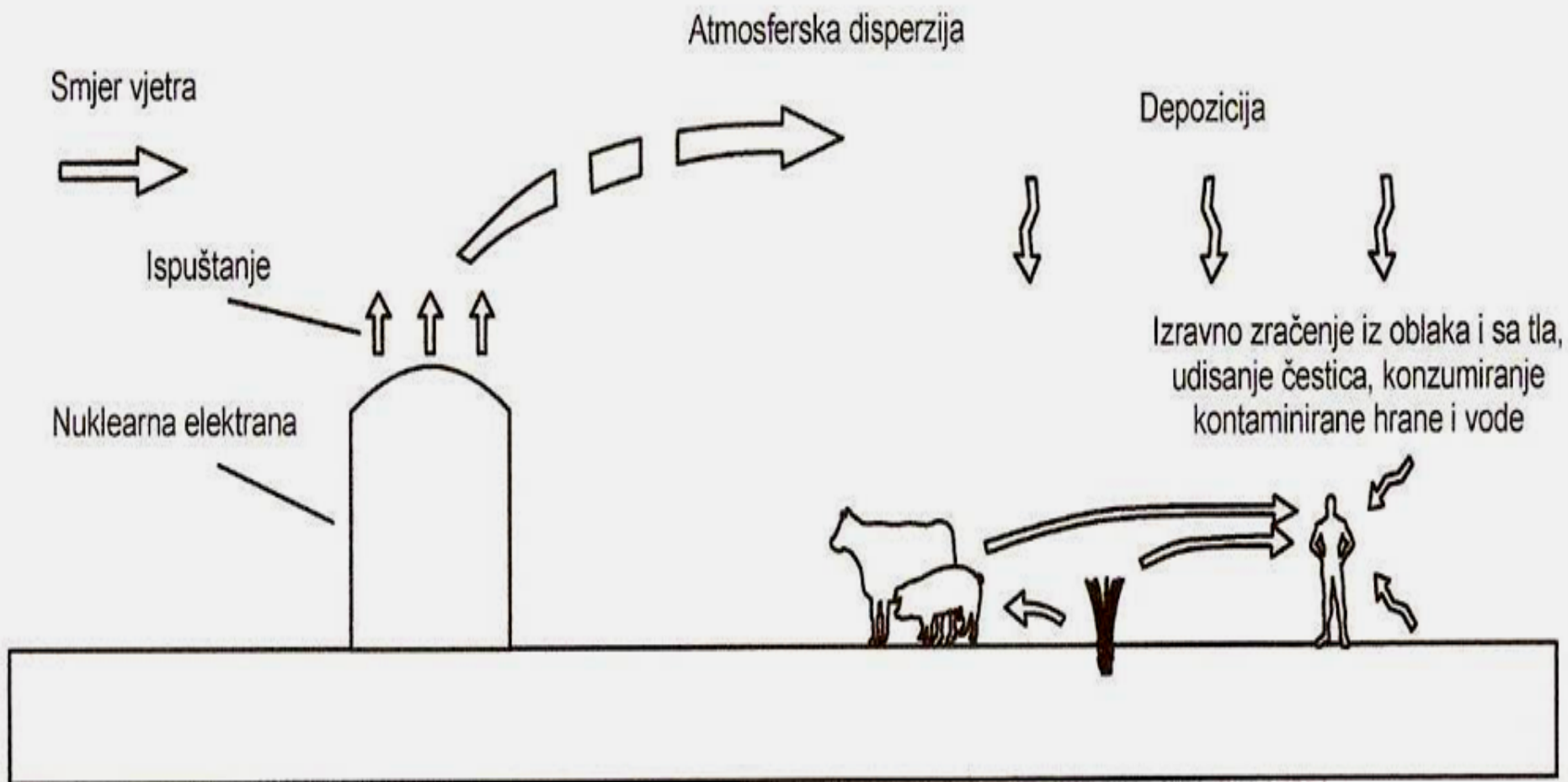
Plinonepropusna odijela
za zaštitu od
radionuklida



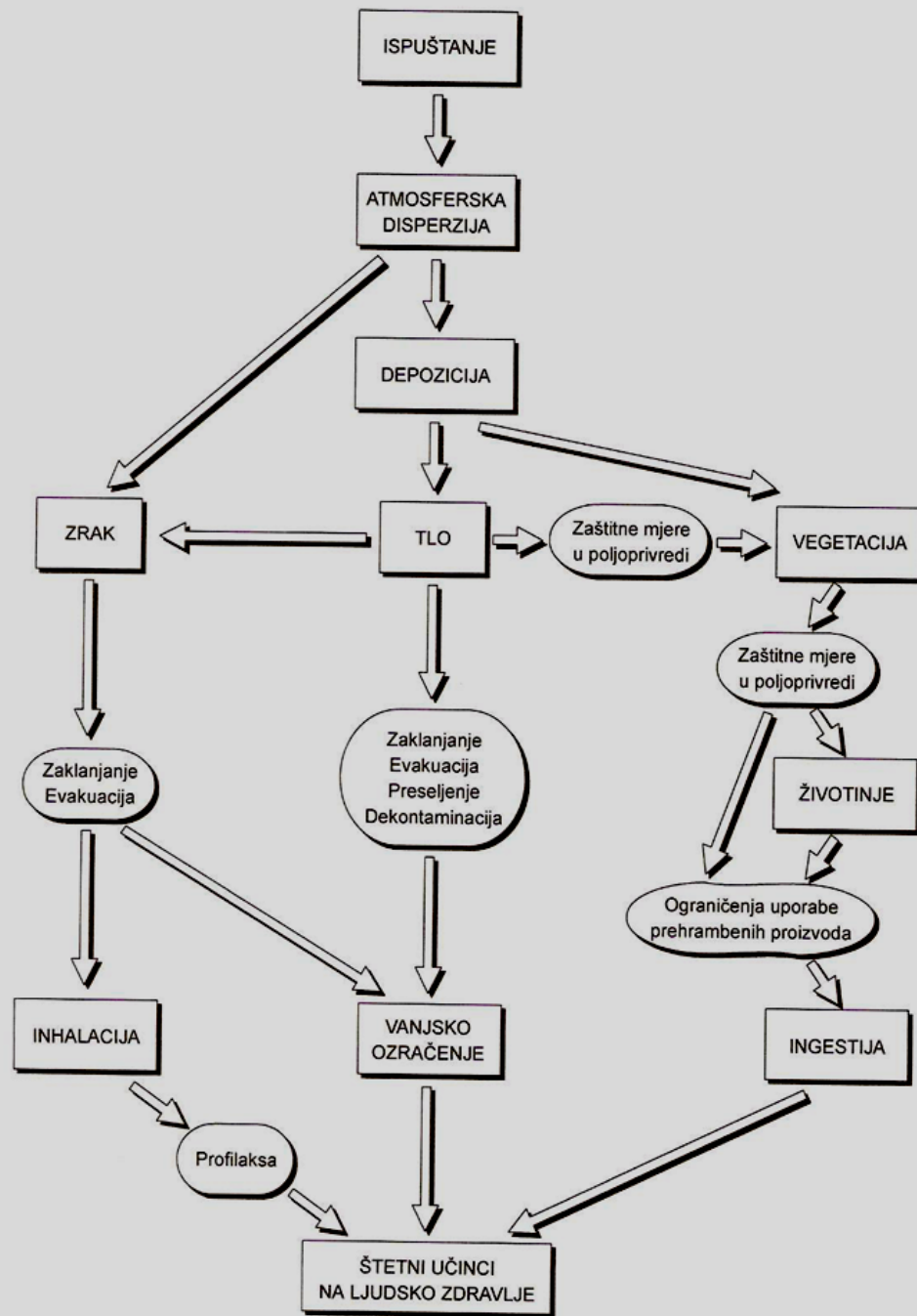
Dugotrajne zaštitne mjere

- Privremeno preseljenje (preseljenje stanovništva iz ugroženog područja u trajanju do dvije godine),
- Trajno preseljenje,
- Mjere vezane za prehrambene proizvode (mjere za smanjenje razine kontaminacije i ograničenja u konzumiranju prehrambenih proizvoda),
- Mjere u poljoprivredi (ograničenja u korištenju kontaminirane stočne hrane, promjene u načinu obrađivanja zemljišta, skladištenja i prerade poljoprivrednih proizvoda).





Slika 2-1 Načini izlaganja u slučaju nesreće s ispuštanjem u atmosferu



Slika 2-2 Zaštitne mjere u slučaju nesreće s ispuštanjem u atmosferu



RADIOACTIVE

Tablica 3-1 Usporedba procijenjenih efektivnih doza (mSv) s intervencijskom razinom za zaklanjanje

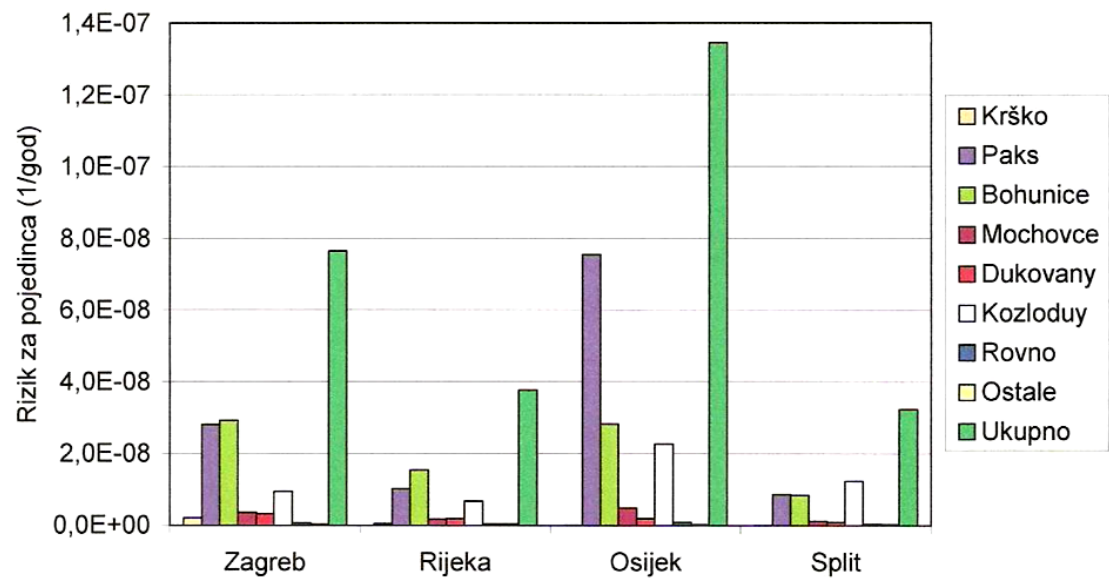
Kategorija	Brzina ispuštanja	Dodatna napomena	Udaljenost od nuklearne elektrane (km)						
			1	2	5	10	25	50	75
ZA	4%/h	Ispuštanje iz zazora	$1,7 \times 10^2$	$9,5 \times 10^1$	$3,7 \times 10^1$	$1,4 \times 10^1$	$4,3 \times 10^0$	$1,4 \times 10^0$	$8,4 \times 10^{-1}$
	100%/h	Ispuštanje iz zazora	$4,3 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$9,5 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$3,4 \times 10^1$	$2,1 \times 10^1$
	4%/h	Oštećenje jezgre	$1,7 \times 10^3$	$9,5 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$	$4,3 \times 10^1$	$1,4 \times 10^1$	$8,4 \times 10^0$
	100%/h	Oštećenje jezgre	$4,3 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$9,5 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$3,4 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$
SA	30 m ³ /h	Norm. rashl. medij	$1,3 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Norm. rashl. medij	$5,0 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	30 m ³ /h	Zatrov. rashl. medij	$1,1 \times 10^0$	$6,2 \times 10^{-1}$	$2,4 \times 10^{-1}$	$9,2 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Zatrov. rashl. medij	$4,4 \times 10^0$	$2,4 \times 10^0$	$9,5 \times 10^{-1}$	$3,6 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
	30 m ³ /h	Ispuštanje iz zazora	$4,2 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$	$8,8 \times 10^1$	$3,5 \times 10^1$	$1,1 \times 10^1$	$3,4 \times 10^0$	$2,1 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Ispuštanje iz zazora	$1,6 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$	$4,2 \times 10^1$	$1,3 \times 10^1$	$8,1 \times 10^0$
	30 m ³ /h	Oštećenje jezgre	$4,1 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$3,4 \times 10^1$	$2,1 \times 10^1$
	100 m ³ /h	Oštećenje jezgre	$1,6 \times 10^4$	$8,8 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$	$1,4 \times 10^3$	$4,2 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$8,1 \times 10^1$
RA	4%/h	Ispuštanje iz zazora	$1,2 \times 10^1$	$6,7 \times 10^0$	$2,9 \times 10^0$	$1,2 \times 10^0$	$3,9 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$7,6 \times 10^{-2}$
	100%/h	Ispuštanje iz zazora	$3,0 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$7,1 \times 10^1$	$2,9 \times 10^1$	$9,7 \times 10^0$	$3,0 \times 10^0$	$1,9 \times 10^0$
	4%/h	Oštećenje jezgre	$1,5 \times 10^2$	$8,4 \times 10^1$	$3,7 \times 10^1$	$1,5 \times 10^1$	$5,4 \times 10^0$	$1,6 \times 10^0$	$1,1 \times 10^0$
	100%/h	Oštećenje jezgre	$3,7 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$	$9,3 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$4,1 \times 10^1$	$2,6 \times 10^1$

Tablica 3-2 Usporedba procijenjenih efektivnih doza (mSv) s intervencijskom razinom za evakuaciju

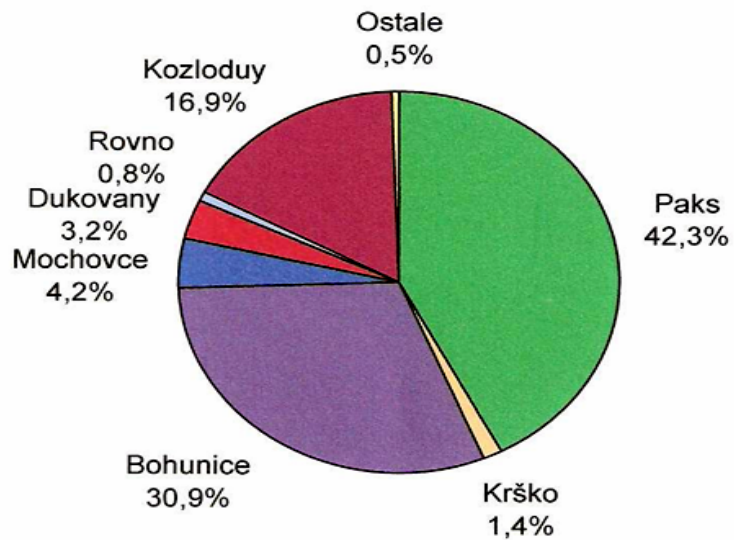
Scenarij	Brzina ispuštanja	Dodatna napomena	Udaljenost od nuklearne elektrane (km)						
			1	2	5	10	25	50	75
JPZA	4%/h	Ispuštanje iz zazora	$1,7 \times 10^2$	$9,5 \times 10^1$	$3,7 \times 10^1$	$1,4 \times 10^1$	$4,3 \times 10^0$	$1,4 \times 10^0$	$8,4 \times 10^{-1}$
	100%/h	Ispuštanje iz zazora	$4,3 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$9,5 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$3,4 \times 10^1$	$2,1 \times 10^1$
	4%/h	Oštećenje jezgre	$1,7 \times 10^3$	$9,5 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$	$4,3 \times 10^1$	$1,4 \times 10^1$	$8,4 \times 10^0$
	100%/h	Oštećenje jezgre	$4,3 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$9,5 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$3,4 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$
JPSA	30 m ³ /h	Norm. rashl. medij	$1,3 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Norm. rashl. medij	$5,0 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	30 m ³ /h	Zatrov. rashl. medij	$1,1 \times 10^0$	$6,2 \times 10^{-1}$	$2,4 \times 10^{-1}$	$9,2 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Zatrov. rashl. medij	$4,4 \times 10^0$	$2,4 \times 10^0$	$9,5 \times 10^{-1}$	$3,6 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
	30 m ³ /h	Ispuštanje iz zazora	$4,2 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$	$8,8 \times 10^1$	$3,5 \times 10^1$	$1,1 \times 10^1$	$3,4 \times 10^0$	$2,1 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Ispuštanje iz zazora	$1,6 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$	$4,2 \times 10^1$	$1,3 \times 10^1$	$8,1 \times 10^0$
	30 m ³ /h	Oštećenje jezgre	$4,1 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$3,4 \times 10^1$	$2,1 \times 10^1$
	100 m ³ /h	Oštećenje jezgre	$1,6 \times 10^4$	$8,8 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$	$1,4 \times 10^3$	$4,2 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$8,1 \times 10^1$
JPRA	4%/h	Ispuštanje iz zazora	$1,2 \times 10^1$	$6,7 \times 10^0$	$2,9 \times 10^0$	$1,2 \times 10^0$	$3,9 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$7,6 \times 10^{-2}$
	100%/h	Ispuštanje iz zazora	$3,0 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	$7,1 \times 10^1$	$2,9 \times 10^1$	$9,7 \times 10^0$	$3,0 \times 10^0$	$1,9 \times 10^0$
	4%/h	Oštećenje jezgre	$1,5 \times 10^2$	$8,4 \times 10^1$	$3,7 \times 10^1$	$1,5 \times 10^1$	$5,4 \times 10^0$	$1,6 \times 10^0$	$1,1 \times 10^0$
	100%/h	Oštećenje jezgre	$3,7 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$	$9,3 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$4,1 \times 10^1$	$2,6 \times 10^1$

Tablica 3-3 Usporedba procijenjenih apsorbiranih doza za štitnjaču (mGy) s intervencijskom razinom za jodnu profilaksu

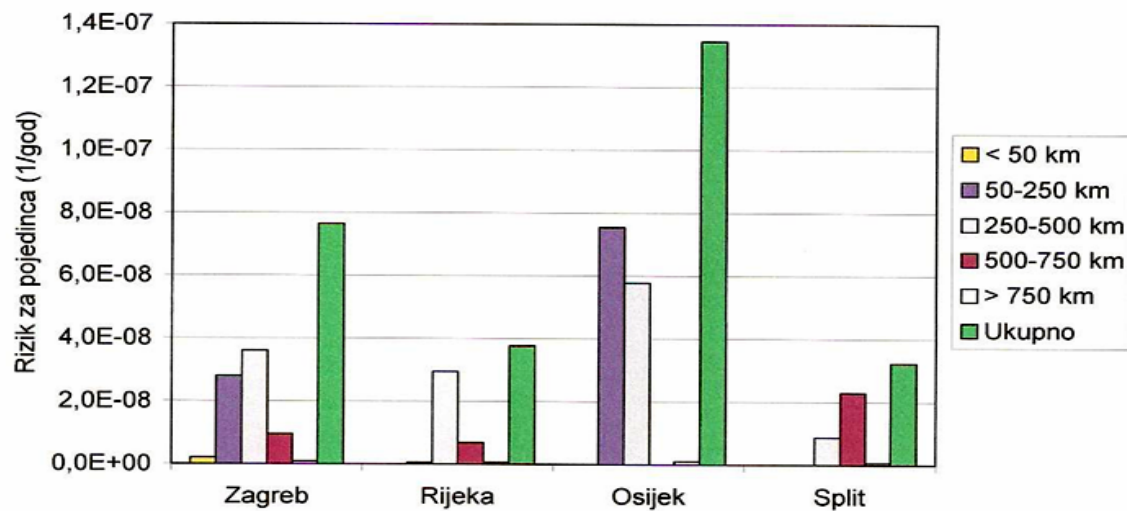
Scenarij	Brzina ispuštanja	Dodatna napomena	Udaljenost od nuklearne elektrane (km)						
			1	2	5	10	25	50	75
JPZA	4%/h	Ispuštanje iz zazora	$3,9 \times 10^3$	$2,1 \times 10^3$	$8,1 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$9,5 \times 10^1$	$3,0 \times 10^1$	$1,8 \times 10^1$
	100%/h	Ispuštanje iz zazora	$9,5 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$8,1 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$7,3 \times 10^2$	$4,4 \times 10^2$
	4%/h	Oštećenje jezgre	$2,7 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$	$5,8 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	$6,5 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$
	100%/h	Oštećenje jezgre	$6,7 \times 10^5$	$3,7 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$5,6 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$	$5,2 \times 10^3$	$3,1 \times 10^3$
JPSA	30 m ³ /h	Norm. rashl. medij	$3,1 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	100 m ³ /h	Norm. rashl. medij	$1,2 \times 10^{-1}$	$6,5 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$9,8 \times 10^{-3}$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$	$0,0 \times 10^0$
	30 m ³ /h	Zatrov. rashl. medij	$3,1 \times 10^0$	$1,7 \times 10^0$	$6,5 \times 10^{-1}$	$2,5 \times 10^{-1}$	$7,3 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$
	100 m ³ /h	Zatrov. rashl. medij	$1,2 \times 10^1$	$6,5 \times 10^0$	$2,5 \times 10^0$	$9,5 \times 10^{-1}$	$2,9 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$
	30 m ³ /h	Ispuštanje iz zazora	$9,5 \times 10^3$	$5,1 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$7,3 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$7,2 \times 10^1$	$4,3 \times 10^1$
	100 m ³ /h	Ispuštanje iz zazora	$3,6 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$7,3 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$	$8,8 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$
	30 m ³ /h	Oštećenje jezgre	$6,5 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	$5,3 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$	$2,9 \times 10^2$
	100 m ³ /h	Oštećenje jezgre	$2,5 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$5,4 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$6,1 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$
JPRA	4%/h	Ispuštanje iz zazora	$1,9 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$4,1 \times 10^1$	$1,6 \times 10^1$	$4,6 \times 10^0$	$1,5 \times 10^0$	$8,9 \times 10^{-1}$
	100%/h	Ispuštanje iz zazora	$4,8 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$3,9 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$3,7 \times 10^1$	$2,3 \times 10^1$
	4%/h	Oštećenje jezgre	$1,4 \times 10^3$	$7,4 \times 10^2$	$2,9 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$3,2 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$5,9 \times 10^0$
	100%/h	Oštećenje jezgre	$3,4 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$7,2 \times 10^3$	$2,8 \times 10^3$	$8,1 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$



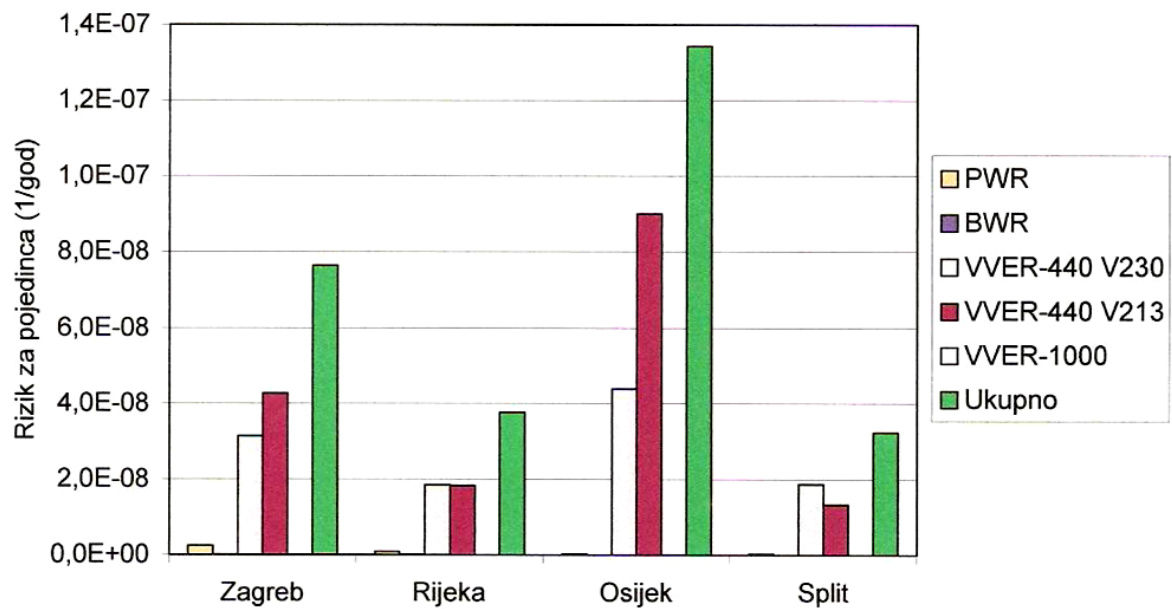
Slika 3-2 Doprinosi pojedinih elektrana individualnim rizicima



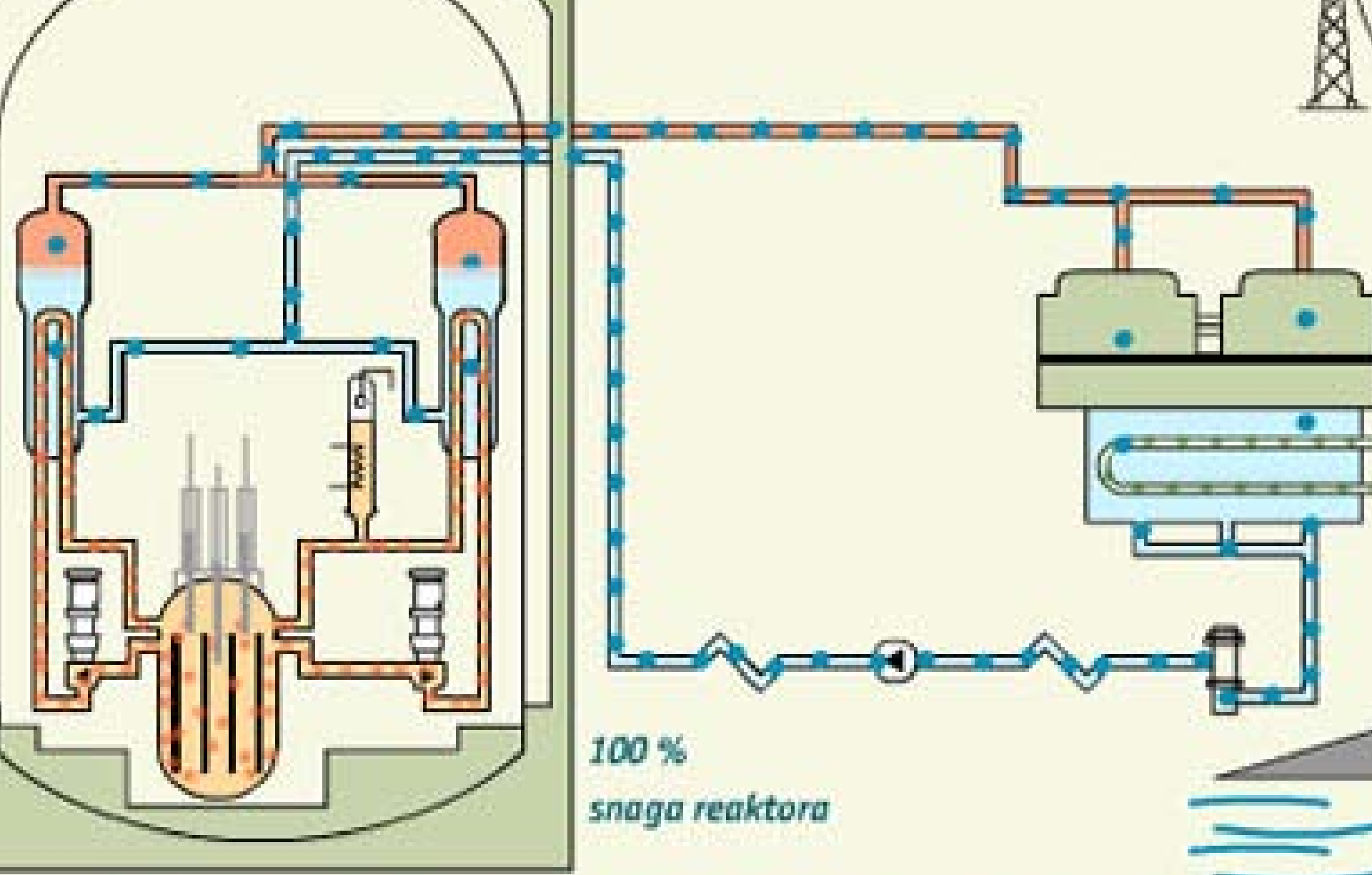
Slika 3-3 Doprinosi pojedinih elektrana kolektivnom riziku



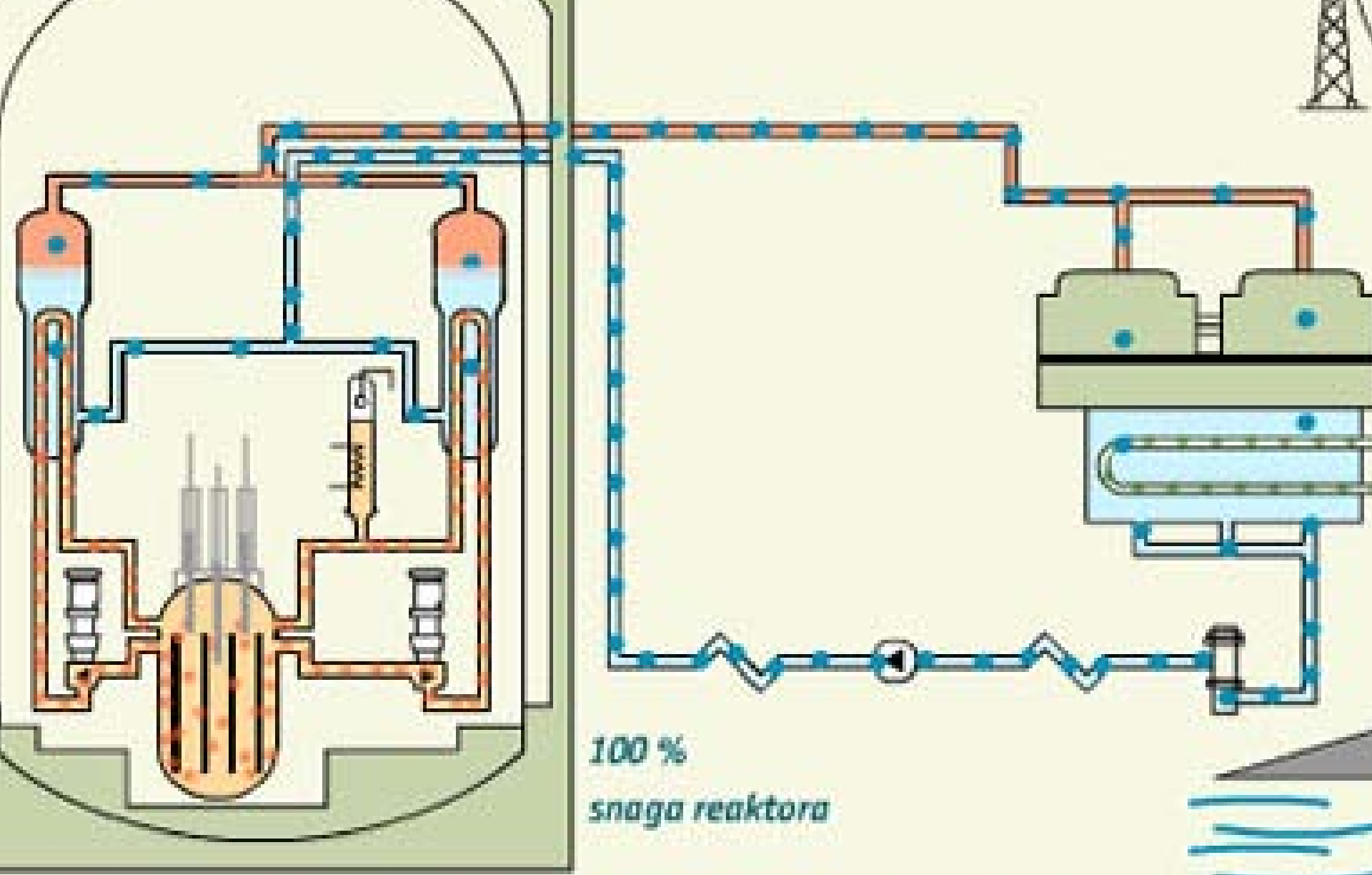
Slika 3-4 Doprinosi pojedinih skupina elektrana individualnim rizicima



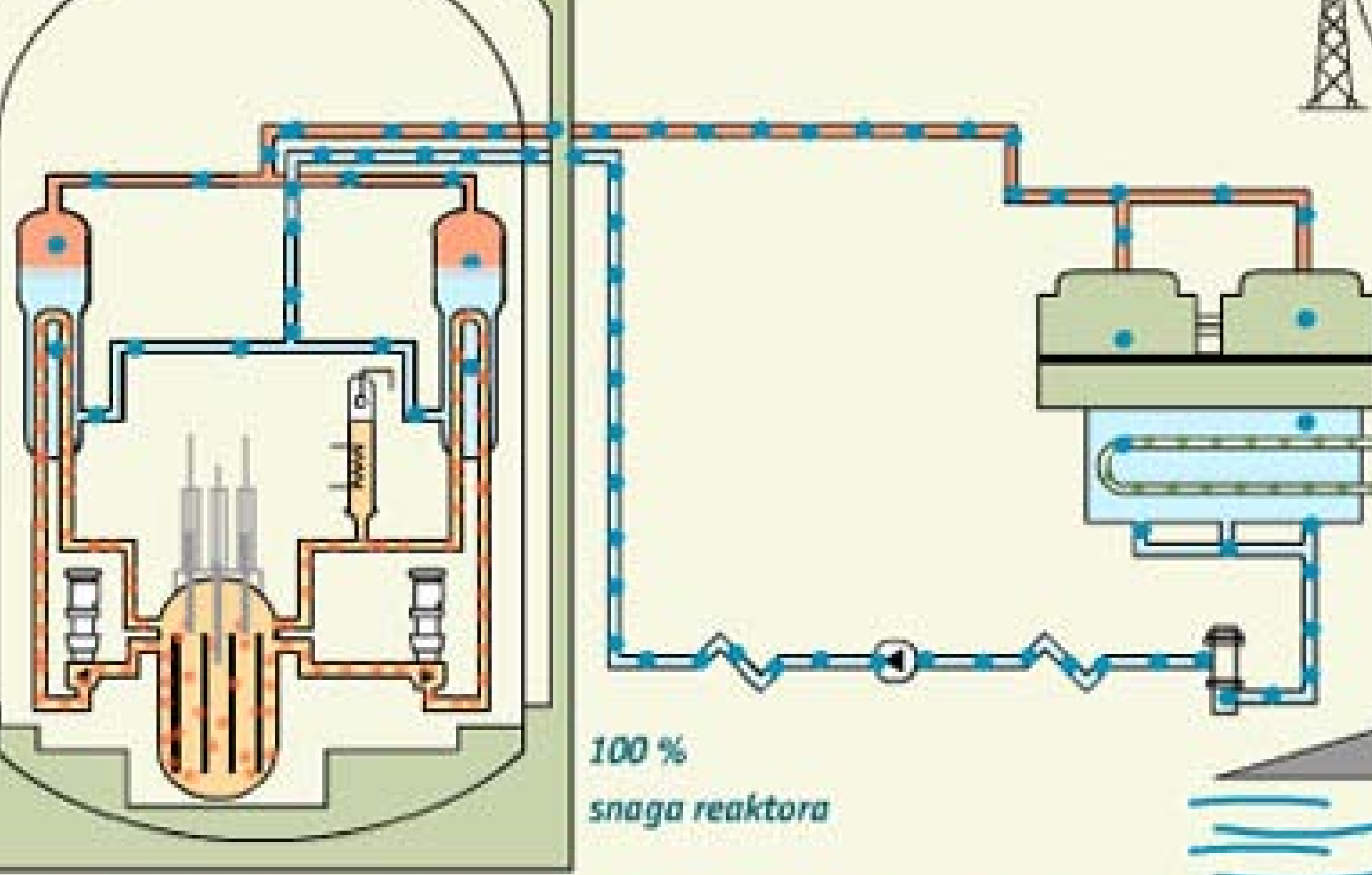
Slika 3-5 Doprinosi pojedinih tipova elektrana individualnim rizicima



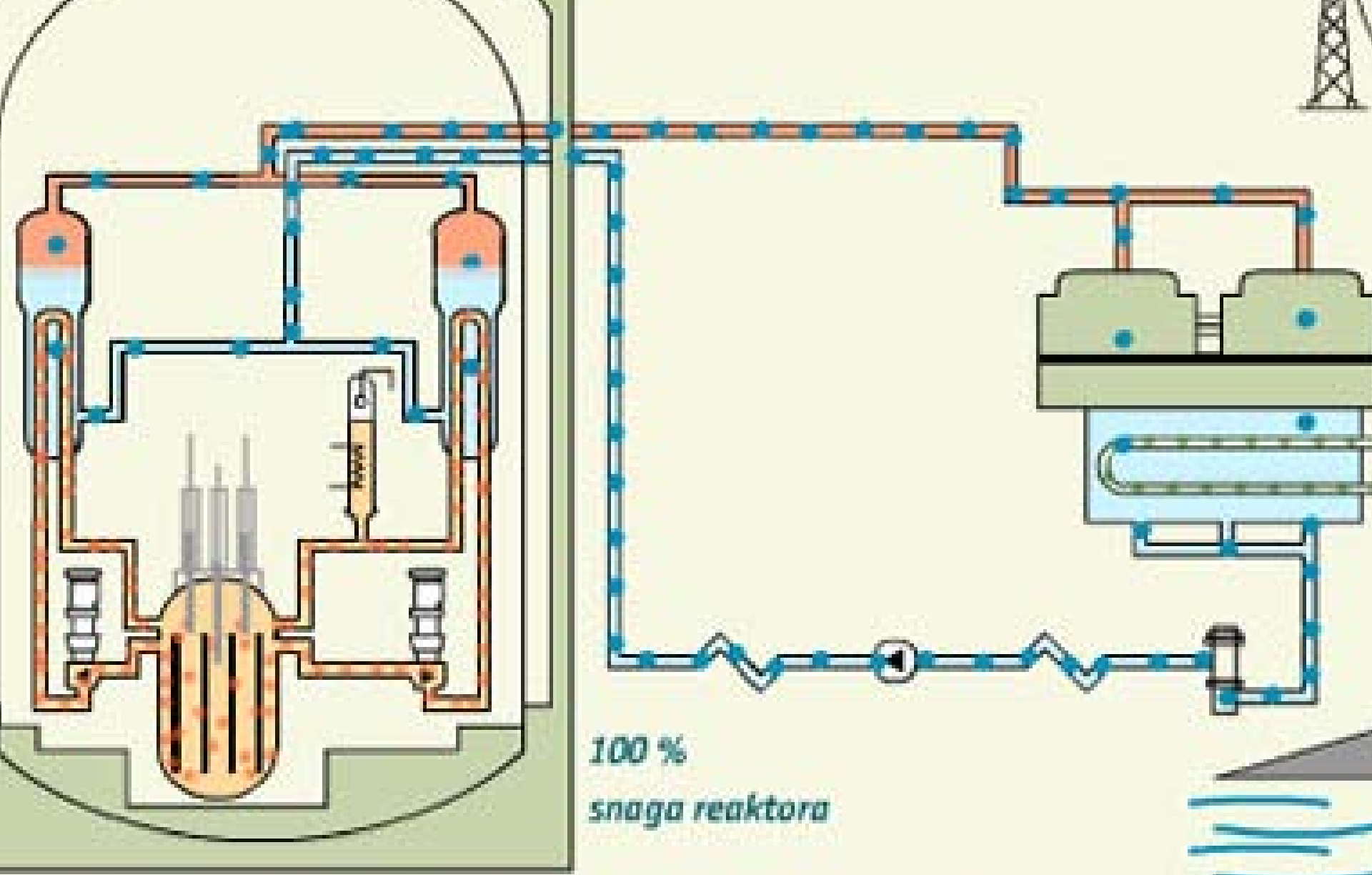
100 %
snaga reaktora



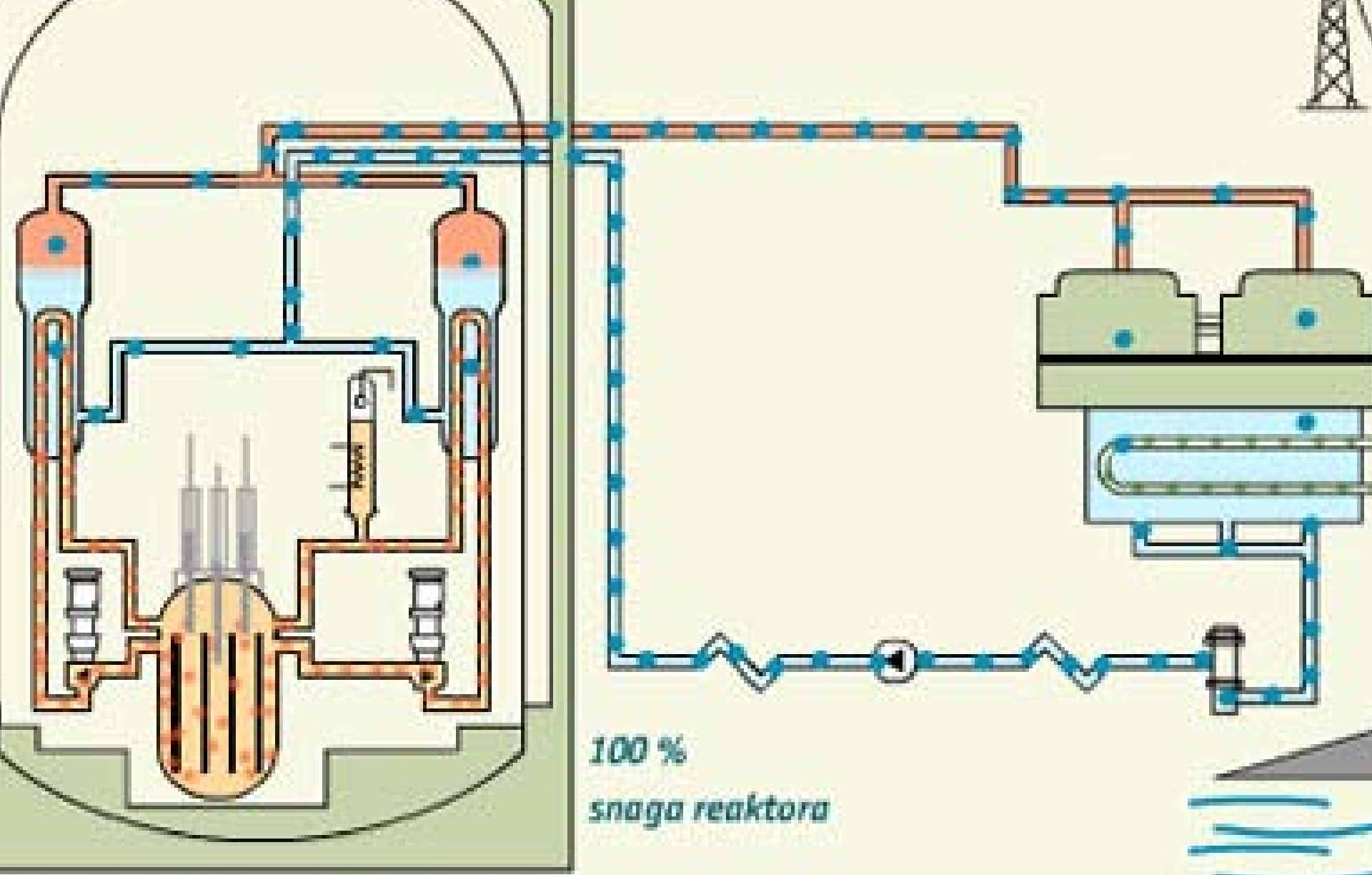
100 %
snaga reaktora



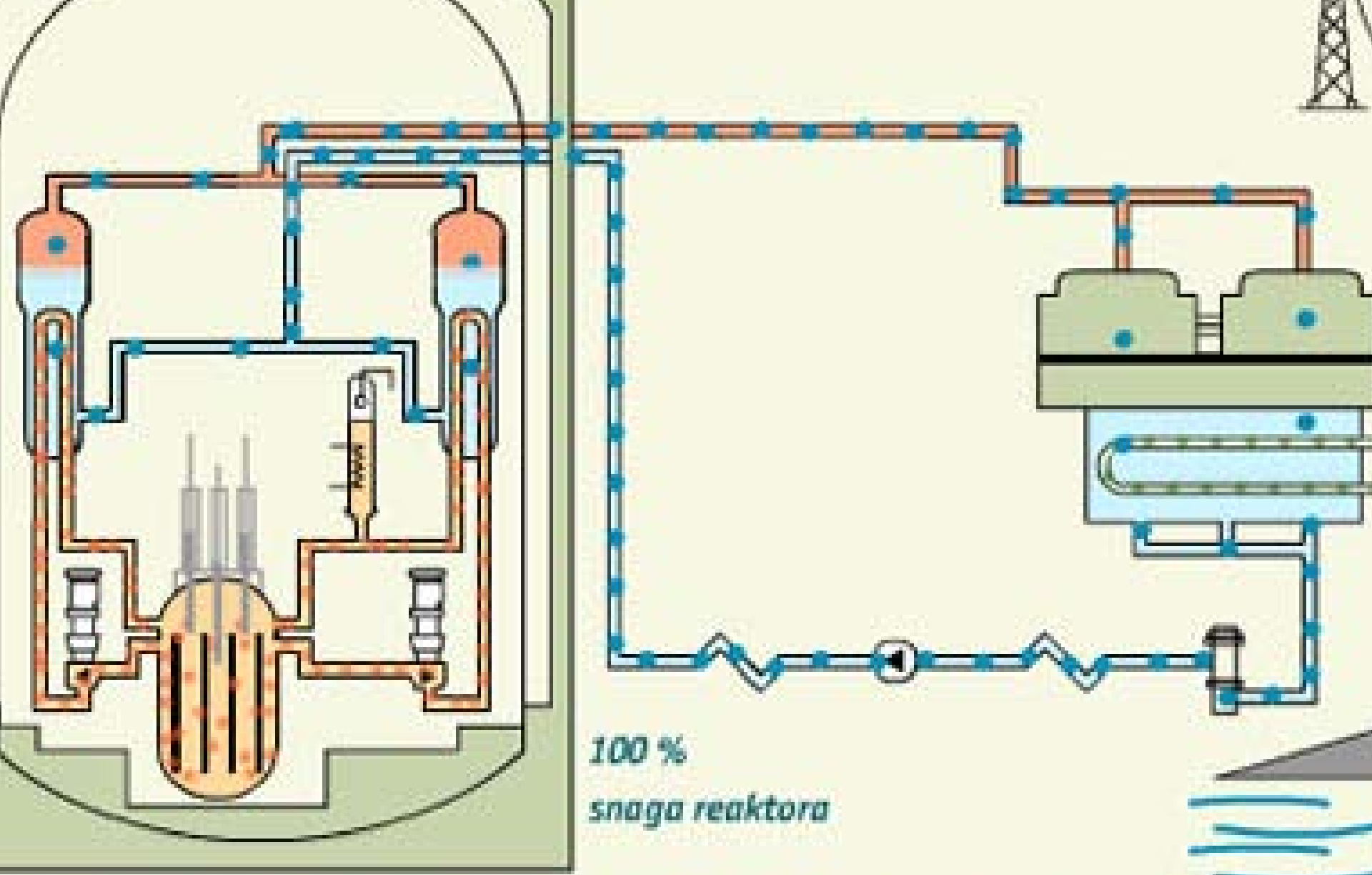
100 %
snaga reaktora



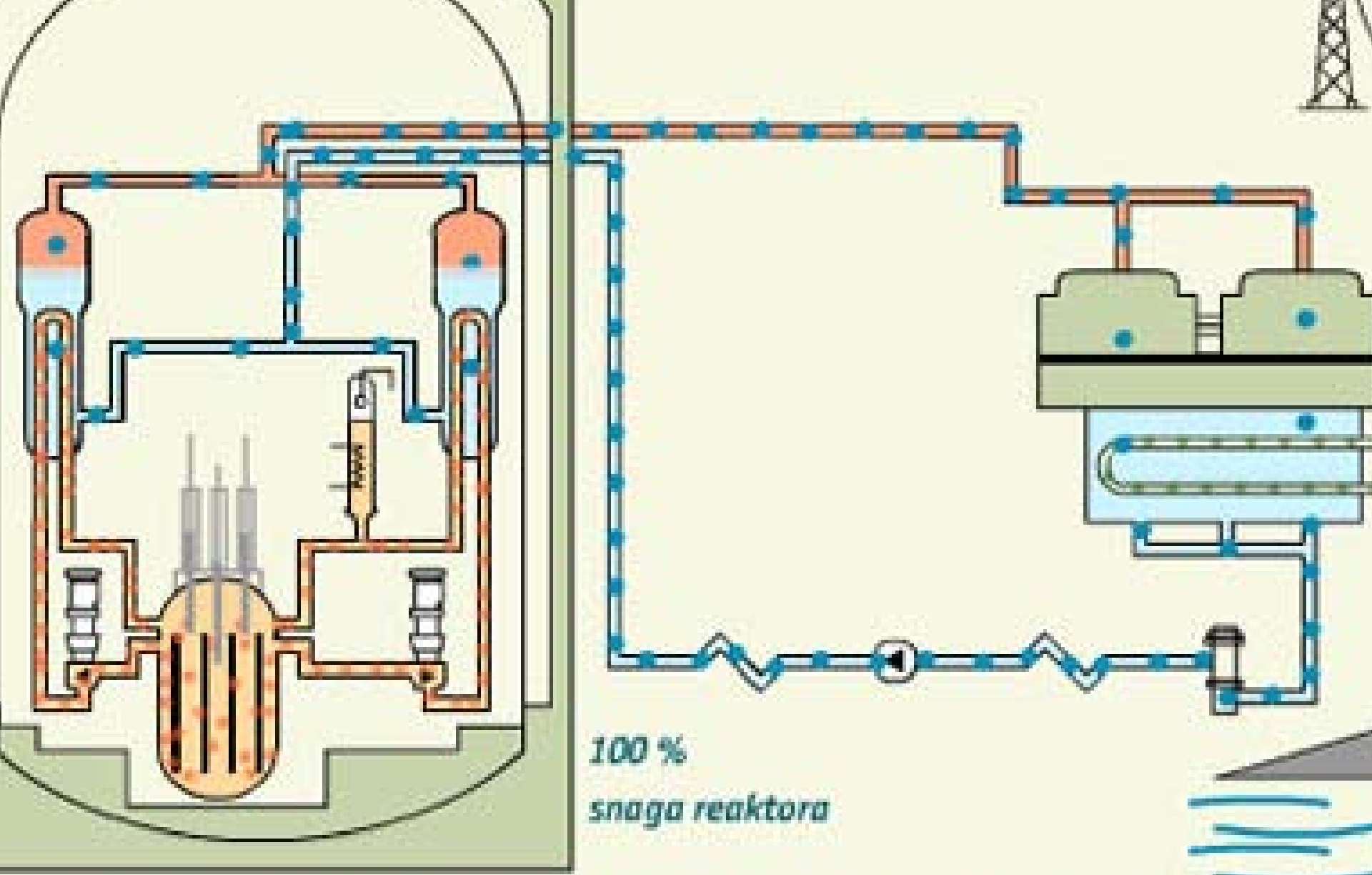
100 %
snaga reaktora



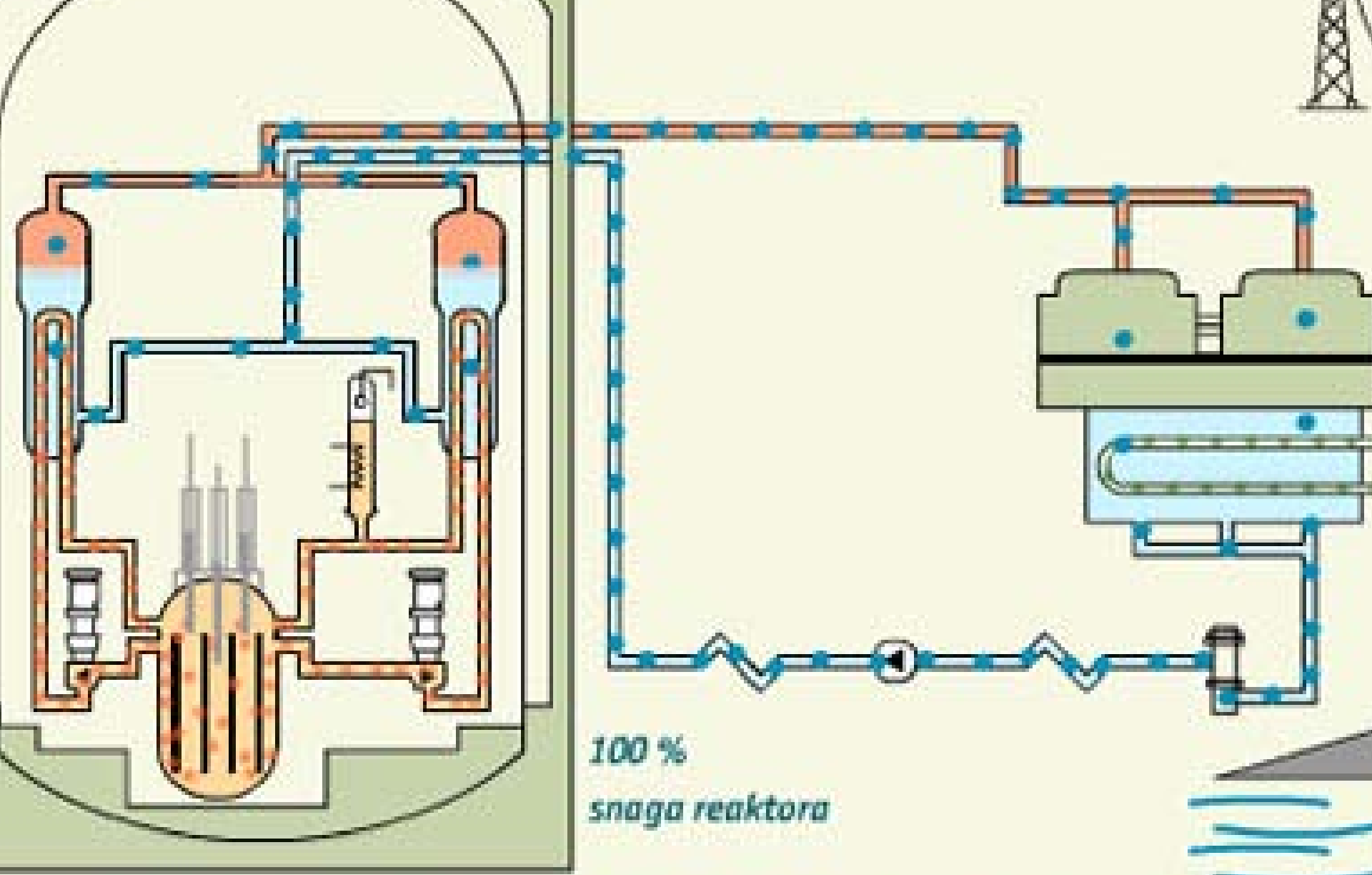
100 %
snaga reaktora



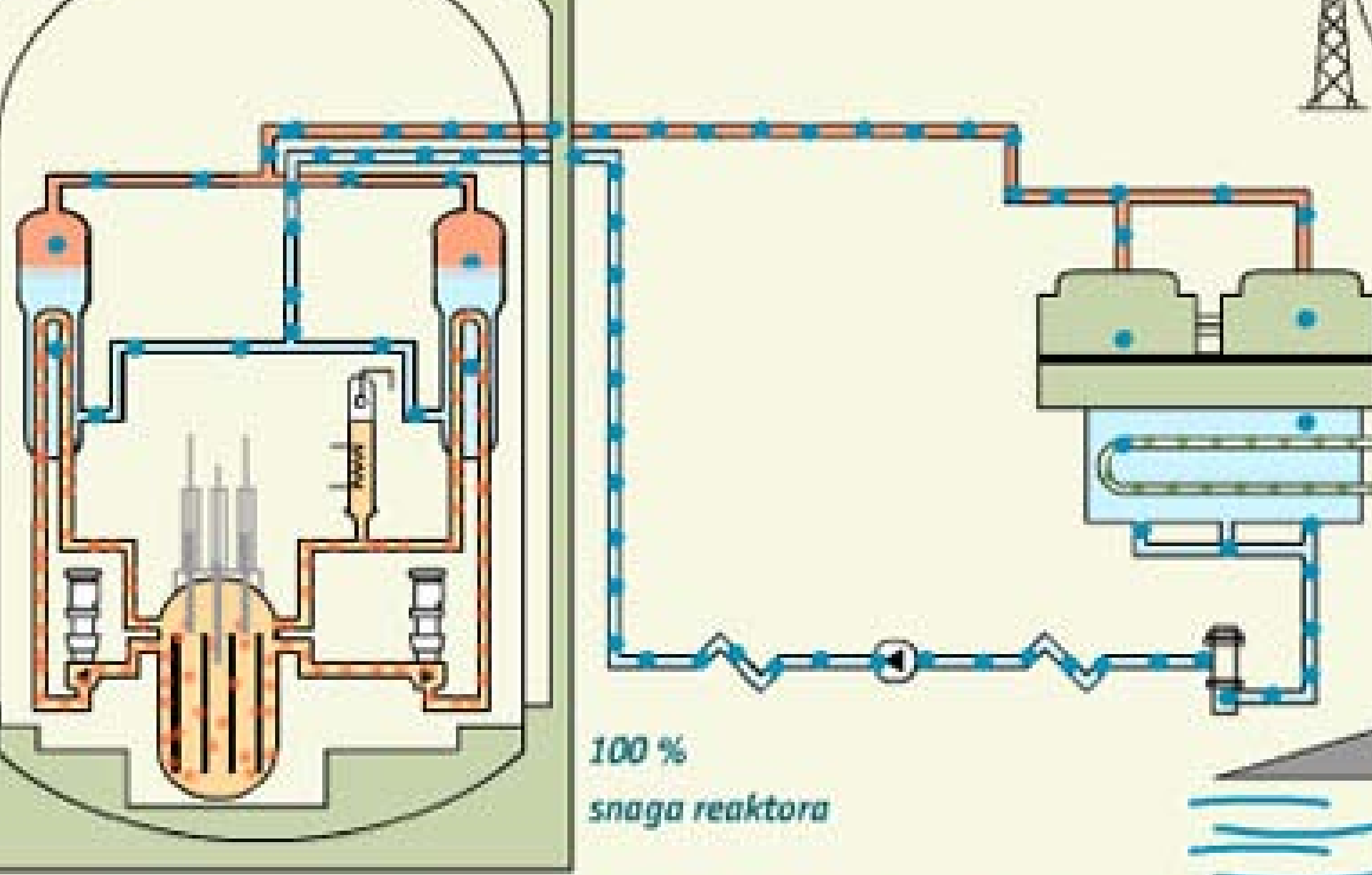
100 %
snaga reaktora



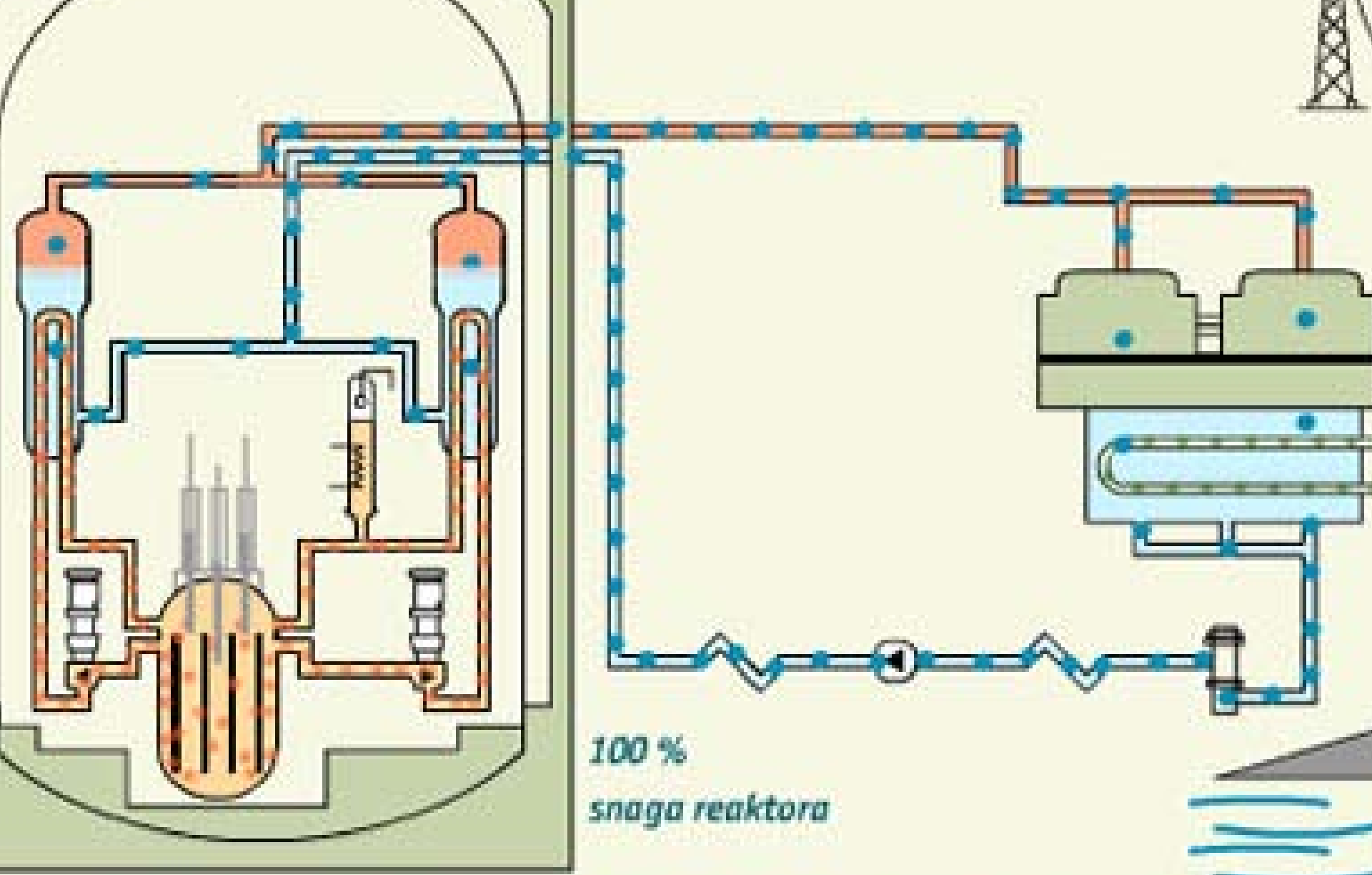
100 %
snaga reaktora



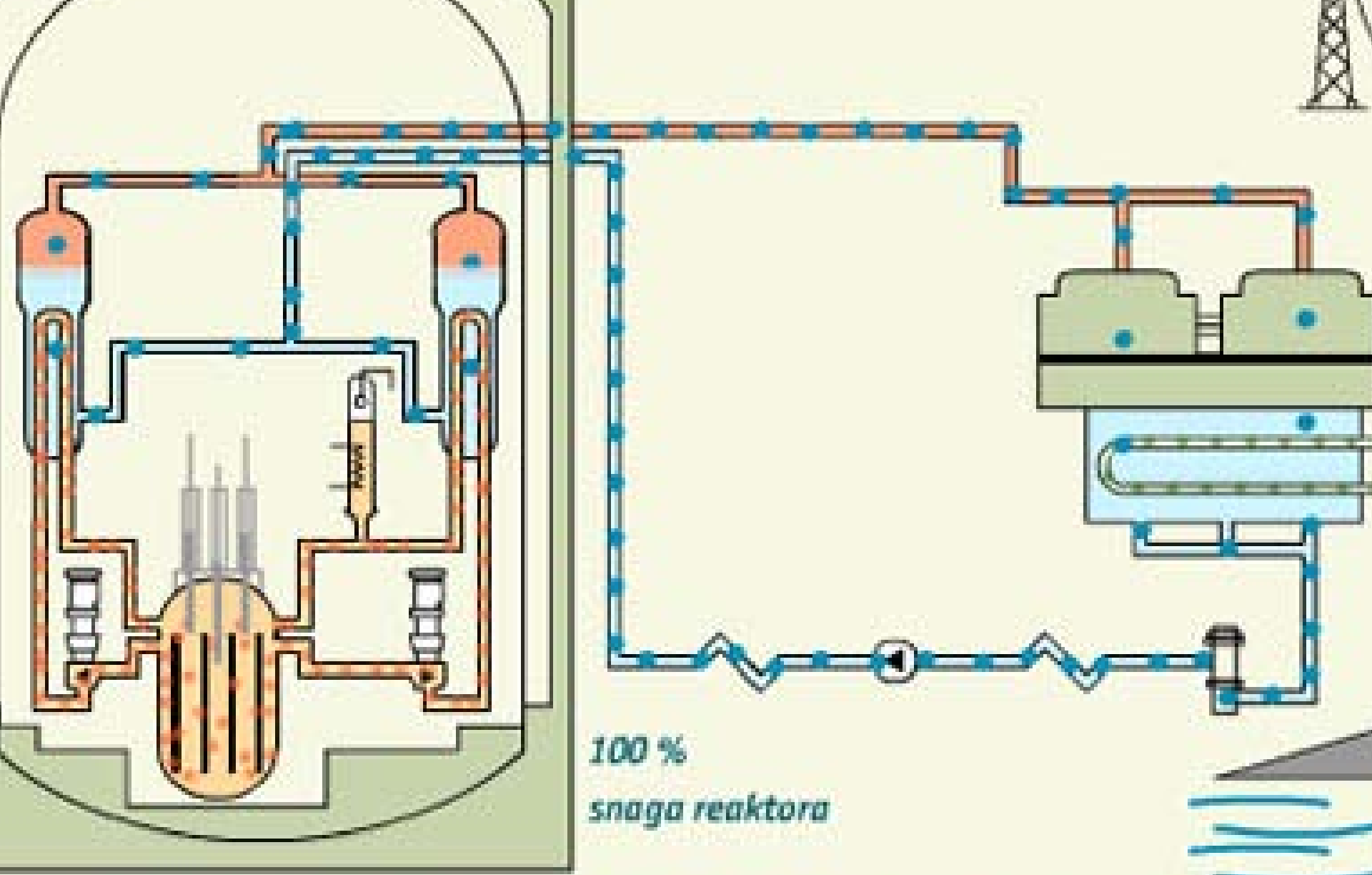
100 %
snaga reaktora



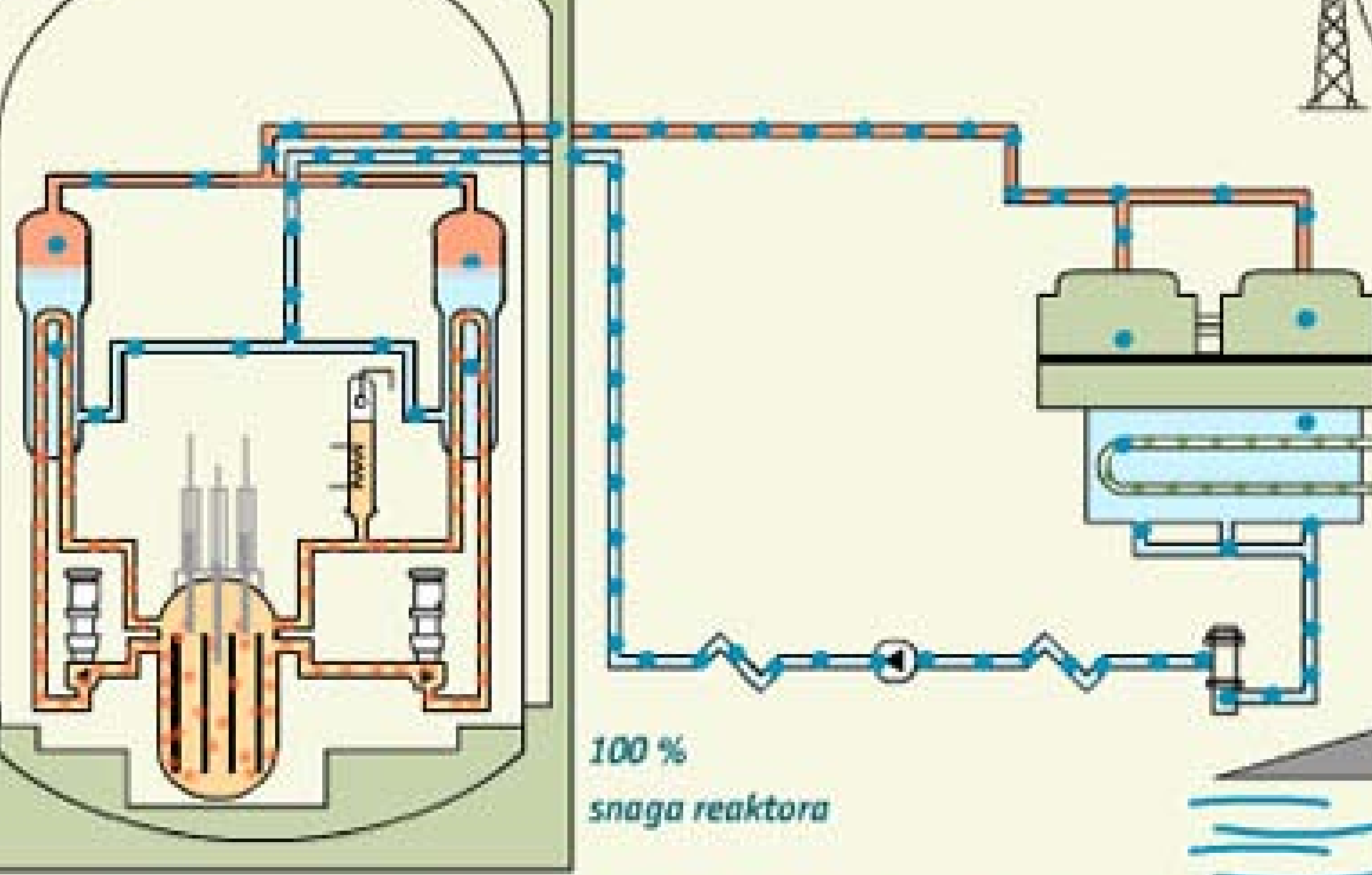
100 %
snaga reaktora



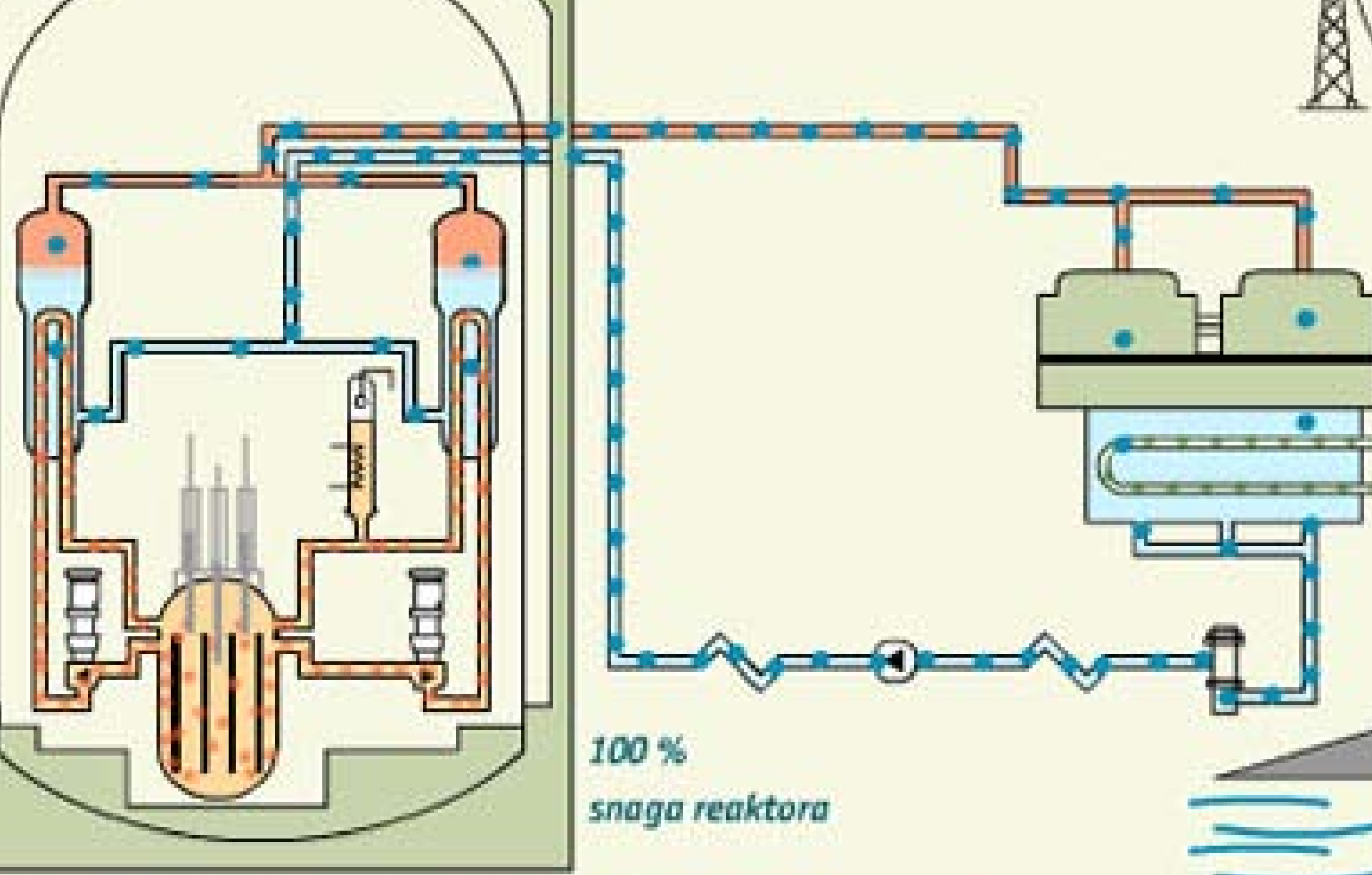
100 %
snaga reaktora



100 %
snaga reaktora



100 %
snaga reaktora



100 %
snaga reaktora