Jedrska energija

Slepa ulica pri blažitvi podnebnih sprememb

GEF GREEN EUROPEAN FOUNDATION

IDE INŠTITUT ZA DRUŽBENO EKOLOGIJO

FREDA DIE GRÜNE ZUKUNFTS AKADEMIE

Jedrska energija

Slepa ulica pri blažitvi podnebnih sprememb

November 2023
Pripravila organizacija Green European Foundation s podporo FREDA – Die Grüne Zukunftsakademie Austria in Inštituta za družbeno ekologijo. Objavljeno s finančno podporo Evropskega parlamenta in Green European Foundation. Evropski parlament ne odgovarja za vsebino te publikacije.

Spletna različica te publikacije je na voljo na www.gef.eu, www.freda.at in www.ideinstitut.si

Razbijmo mite, prižgimo luč!

Knjižica, ki razbija mite o jedrski energiji, se v Sloveniji ne bi mogla pojaviti v primernejšem trenutku. V medijih je jedrska energija postala močno prisotna tema. Razlog je odločitev o izgradnji nove jedrske elektrarne v Sloveniji. Odločitev za ali proti jedrski elektrarni mora biti ljudska in demokratična odločitev izglasovana na referendumu. Pred odločitvijo mora biti opravljena enakovredna in poglobljena razprava. Ne sme se ponoviti zgodba TEŠ 6. Preden se bomo odločali, moramo vedeti, o čem odločamo.

Namen prevoda knjižice je zato predvsem boljša obveščenost državljanov in državljank. Ko govorimo o prihodnosti jedrske energije v Sloveniji, lahko ugotovimo, da so skoraj ves medijski prostor zasedli njeni podporniki. Zato so na mestu vsakršna prizadevanja za odpiranje razprave in slikanje čimbolj objektivne slike. Pri branju knjižice boste našli odgovore na pomembna vprašanja povezana z jedrsko energijo. Je možen zeleni prehod brez jedrske energije? Je jedrska energija sploh zelena? Je ta res varna, poceni in zanesljiva? Kako bomo rešili vprašanje jedrskih odpadkov? Nas lažje lahko rešijo nove tehnologije ali ustrezna človeška ravnanja? Kako je jedrska energija povezana z vojaško industrijo?

Odločitev za ali proti jedrski elektrarni je demokratično dejanje in hkrati odločitev od demokratizaciji energetskega sektorja. Gre za odločitev o tem ali smemo proizvajati elektriko z elektrarnami na naših strehah ali jo smemo zgolj kupovati od elektro podjetij. Moramo se spraševati kakšen bo prihodnji socialni vidik proizvodnje in porabe energije. Bosta proizvodnja in poraba energije nekaj, kar bo ljudi še vedno ločevalo na revne in bogate ali se bo z demokratizacijo proizvodnje demokratizirala tudi poraba brez ustvarjanja energetske revščine.

Pri razpravah o jedrski energiji in prihodnosti proizvodnje energije ne smemo pozabiti na vidik varnosti. Koliko je varna jedrska energija? Kakšno prihodnost nam obeta? Kaj možnost jedrske nesreče pomeni za teritorialno majhno državo kot je Slovenija? Kakšen je vojaški vidik jedrske energije? To so pomembna vprašanja, ki zahtevajo odgovore na ravni Slovenije, Evropske unije in celotnega planeta.

Knjižica govori o jedrski energiji nasploh, njeno obzorje pa je predvsem evropsko. Njen prevod pa je lahko bistven prispevek k razpravi o jedrski energiji v Sloveniji in o prihodnosti proizvodnje električne energije. Njena glavna naloga je pokazati drugačno sliko, pokazati plat, ki nam je v Sloveniji prevečkrat zamolčana. O prihodnosti ne moremo in ne smemo odločati zaslepljeni v mraku, zato moramo prižgati luč.

Klemen Belhar
ustanovitelj Inštituta za družbeno ekologijo

Fotografija: Markus Distelrath / pixabay

Vsebina

Predgovor 6
Martin Litschauer

Predgovor 8
Dagmar Tutschek

Deset napačnih prepričanj in pojasnila 12

#1: Brez jedrske energije ni energetskega prehoda 13

#2: Nove tehnologije rešujejo stare težave 16

#3: Majhni, varni in skoraj brezplačni – mini modularni reaktorji zagotavljajo oskrbo v vseh svetovnih regijah 18

#4: Jedrska energija je ugodna 20

#5: Jedrska energija je CO2 nevtralna 23

#6: Jedrska energija je varna 25

#7: Zastareli reaktorji se posodabljajo ali razgrajujejo 28

#8: Jedrska energija je vedno na voljo 32

#9: Fuzijski reaktorji prinašajo sonce na Zemljo 36

#10: Myrrha rešuje problem odpadkov 38

Dejstva in zmote 40

Bliža se konec – jedrska energija je zastarela 41

Ni prostora za izrabljene gorivne palice 44

Rudarjenje urana – smrt iz rudnika 46

Občutljivost na vremenske razmere in podnebje 50

Atomska bomba priložena 52

Jedrske elektrarne niso odporne na bombe 56

Zaključne opombe 58

Seznam virov 62

Predgovor

Martin Litschauer

Svojo zgodbo v protijedrskem gibanju sem začel leta 2000 s protesti proti začetku obratovanja jedrske elektrarne Temelin. Kot domačin iz regije Waldviertel v Avstriji sem želel nevarnost zaustaviti na meji. Organiziral sem demonstracije in blokade meje ter bil tudi predstavnik nestrankarske platforme Stop Temelin. Mnogo ur na mrazu in na stotine ur prostovoljnega dela je okrepilo zavedanje, da za oskrbo z energijo ne potrebujemo tvegane jedrske energije. To spoznanje in podpora podjetja Eurosolar sta pripomogla k ustanovitvi organizacije »Waldviertler Energiestammtisch«, ki si od takrat prizadeva za spodbujanje prehoda na obnovljive vire energije.

Kaj vse se je zgodilo od takrat oziroma: Kaj se ni zgodilo? Niti največja projektno predvidena nesreča v Fukušimi, številni finančni fiaski, hudi potresi v bližini jedrske elektrarne Krško, stečaji dobaviteljev opreme za jedrske elektrarne, nerešeno vprašanje jedrskih odpadkov, rudniki strupenega urana in jedrske elektrarne kot vojno prizorišče niso bili zadosten razlog za spremembo mnenja zagovornikov jedrske energije.

Ravno nasprotno. Lobi za jedrsko energijo je danes močnejši kot kdaj koli prej. Lobistom je uspelo ustvariti ogromno razliko med dojemanjem tega, kaj naj bi verjeli, in resničnostjo. Generacija po Černobilu vse bolj naseda pravljici o sodobni, varni, poceni in CO_2 nevtralni jedrski energiji. Te argumente je mogoče hitro ovreči, pogosto pa služijo le prikrivanju skritega motiva: povečati zaloge jedrske oborožitve.

Jedrska energija zagotovo ne bo rešila okolja. Nasprotno: jedrske elektrarne ogrožajo podnebne spremembe, novi reaktorji pa so prepozni za energetski prehod , saj bi za njihovo gradnjo potrebovali desetletja.

Če se želimo zaščititi in ohraniti okolje, moramo uporabljati sončno, vetrno in geotermalno energijo, saj so to najhitrejši in najvarnejši načini za energetski prehod. Poleg tega smo že zdavnaj vstopili v obdobje obnovljivih virov energije. Na področju električne energije v EU obnovljivi viri energije že presegajo jedrsko energijo.

Ob jasnih dnevih lahko vidim češko jedrsko elektrarno Dukovany na vzhodu in jedrsko elektrarno Temelin na zahodu. Ujetost med reaktorja z visokim tveganjem je utesnjujoč občutek, saj sevanje ne pozna meja. Enako velja za slovensko elektrarno Krško na jugu države.
Prav zato je tako pomembno, da si prizadevamo za prihodnost brez jedrskih elektrarn v Evropi, tudi v državi brez jedrske energije, kot je Avstrija.

Martin Litschauer
Poslanec avstrijskega parlamenta in govornik proti jedrski energiji

Predgovor

Dagmar Tutschek

Zavarovalnice so leto 2021 označile za najhujšo katastrofo v tem stoletju. To »ključno desetletje« bo najverjetneje v celoti zaznamovano s podnebno krizo in velikim upadanjem biotske raznovrstnosti ter s skupno zavezo vlad, poslovnega sektorja in družbe, da bi dosegli temeljne spremembe.

Ruski napad na Ukrajino leta 2022 je odprl grozečo pot v novo razsežnost večplastnih odvisnosti. Poleg neizmernega trpljenja ljudi na vojnem območju ima trdovratna zavezanost fosilnim gorivom še vedno neusmiljene posledice. Cene po vsem svetu so skokovito narasle, vojna v Evropi je postala svetovna kriza oskrbe z energijo in kriza prehranske varnosti.

Vse to se dogaja v času vse večje politične in gospodarske nestabilnosti od leta 2010. Med pandemijo so se zvišale cene blaga in poraba, prav tako cene energije – deloma zaradi nujno potrebnega zelenega prehoda.
Že koronavirus je resno vplival na socialno strukturo družbe, vendar je bil to le uvod v razmere, s katerimi se soočamo v času pisanja te publikacije.

Zagovorniki nazadnjaških nizkokakovostnih in tveganih tehnologij zdaj še lažje uveljavljajo svoje interese. Kljub občasnemu nasprotovanju se zdi, da je postopno opuščanje premoga na dobri poti. Ker pa nekatere države članice EU nimajo drugih možnosti, je bila jedrska energija v najnovejši uredbi EU o taksonomiji uvrščena med CO2 nevtralno zeleno energijo. Ta uredba je bila prvotno zasnovana kot referenčno delo za gospodarske dejavnosti in kot smernice za zasebne vlagatelje o tem, kako vlagati v trajnostni kapital, ter kot pomoč pri preprečevanju »zelenega pranja« (greenwashing). Veljati je začel julija 2020, leta 2021 pa je bil dopolnjen s prvim delegiranim aktom o blažitvi podnebnih sprememb in prilagajanju nanje.

Tako je trenutno stanje olepševanja jedrske energije v očitnem nasprotju s prvotnim ciljem. Končni cilj je osredotočiti se na potencialno donosne prilive v investicijske sklade, ki bi jih finančna industrija lahko tržila kot ekološko trajnostne finančne produkte v smislu taksonomije EU. Ta trend se zdi problematičen tudi v nekaterih finančnih krogih. Druga plat te nesrečne zgodbe je vojna v Evropi in nesporna povezava s širitvijo arzenalov jedrskega orožja.

Krize močno okrepijo željo po preprostih rešitvah. Jedrsko energijo trenutno mnogi ljudje obravnavajo kot manjše zlo, kar vpliva tudi na novo generacijo, ki popolnoma verjame v napredek novih tehnologij in ki verjame tudi v rešitve prej nerešenih problemov, kot je odlaganje jedrskih odpadkov.

Vendar pa ne gre le za različna mnenja in generacije, temveč tudi za različna strokovna mnenja, ki izhajajo iz raziskav. Ta publikacija vsebuje kritično analizo desetih glavnih napačnih predstav o »zeleni« jedrski energiji. Pripravljena je bila v tesnem sodelovanju z Martinom Litschauerjem, poslancem avstrijskega

parlamenta in protijedrskim predstavnikom avstrijskih Zelenih, ter Mario Niedertscheider, strokovno sodelavko Avstrijske zvezne agencije za okolje. Pripravljena je bila kot vodilo za široko evropsko razpravo in kot kratek povzetek zgodbe o jedrski energiji kot domnevno premostitveni tehnologiji.

Dagmar Tutschek
FREDA.AT, predsednica (do 09/2022)
GEF.EU, sopredsednica

Fotografija: Monica Schreiber / pixabay

Deset napačnih prepričanj in pojasnila

Napačno prepričanje 1: Brez jedrske energije ni energetskega prehoda

Potrebujemo elektriko, veliko elektrike.
V prihodnosti je bomo potrebovali še več. Energetski prehod ne bo uspešen brez jedrske energije. Sonce in veter ne bosta dovolj. Poleg tega sonce ne sije vedno in veter ne piha vedno. Jedrska energija pa je na voljo hitro in ne glede na vreme.

Da, za postopno opuščanje fosilnih goriv so potrebne ogromne količine električne energije, prehod na ogljično nevtralnost pa mora potekati hitro. V EU se naj bi to zgodilo do leta 2050, v Avstriji pa želimo to doseči do leta 2040. Časa ni več veliko. Že to je argument proti jedrski energiji. Zakaj?

1) Premalo.

Trenutno v 33 državah po svetu obratuje 411 jedrskih elektrarn (stanje na dan 1. julija 2022). Te proizvedejo le 10 % svetovne električne energije in s tem manj kot 2 % svetovnih potreb po energiji[1]

2) Prepočasi.

V Evropi traja izgradnja jedrske elektrarne vsaj deset let . Glede na dodatna leta, ki so potrebna za postopke pridobivanja dovoljenj, je jasno, da je jedrska energija za blažitev podnebnih sprememb prepozna. Za ohranitev sedanje ravni proizvodnje jedrske energije bi morali do leta 2030 vsak mesec zagnati nov reaktor. To ni mogoče. Nasprotno: leta 2021 je bilo v obratovanje danih le šest reaktorjev, osem pa jih je bilo zaprtih[1]

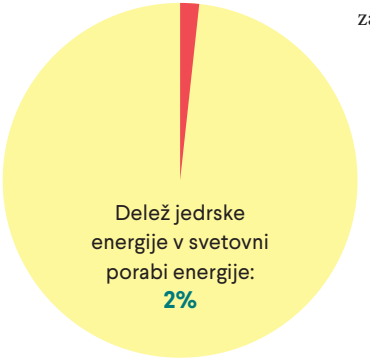
3) Preveč nezanesljivo.

Jedrske elektrarne so zelo odvisne od vremena, saj potrebujejo vodno hlajenje. To je velik problem, zlasti v času največjih obremenitev pozimi in poleti, ko reke nimajo veliko vode. Poleti se reke včasih segrejejo do te mere, da je treba jedrske elektrarne ustaviti. Zato jedrske elektrarne ob nujni potrebi po električni energiji mirujejo. Tudi stari jedrski reaktorji potrebujejo vse več vzdrževanja in so manj zanesljivi. Pozimi 2021/22 je zaradi težav s korozijo prenehala delovati skoraj polovica francoskih reaktorjev. Temu je sledila najbolj ekstremna faza zatišja v zadnjih desetletjih in grozljivih cen električne energije. Po drugi strani pa se sonce in veter sezonsko odlično dopolnjujeta.

4) Premalo fleksibilno.

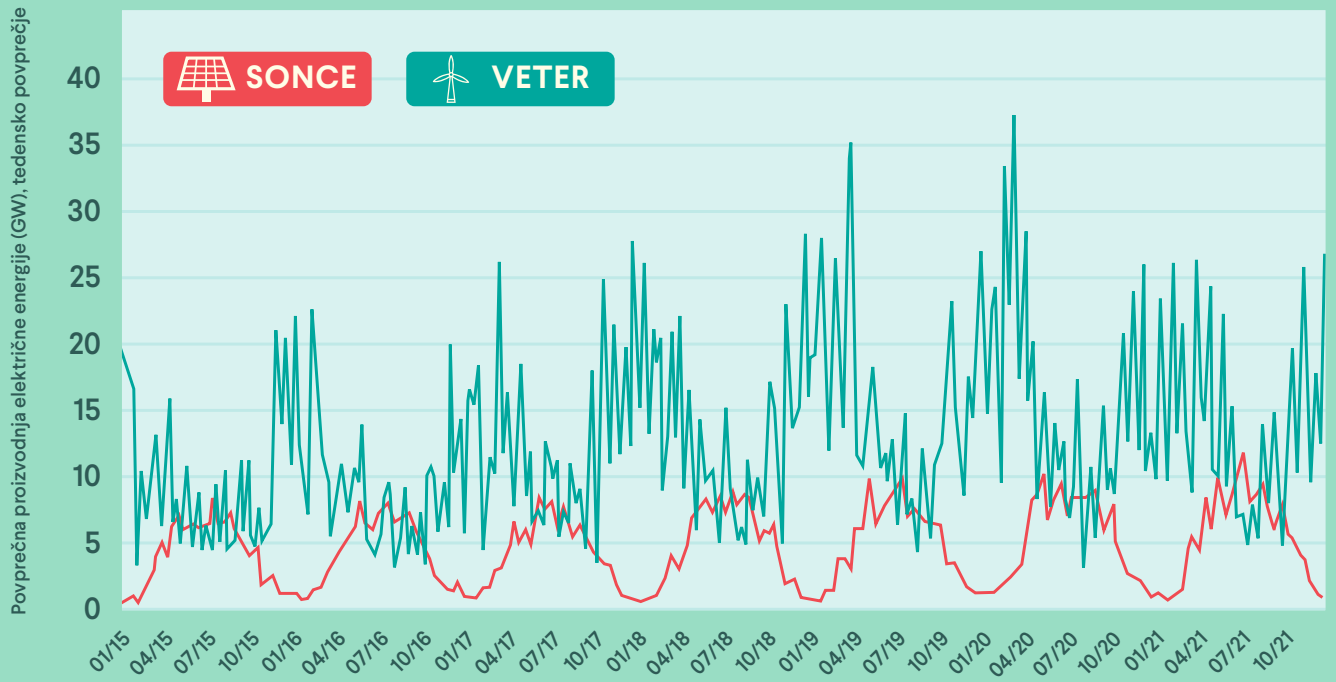
Jedrskih elektrarn ni mogoče hitro zaustaviti s pritiskom na gumb in jih po potrebi ponovno zagnati. Oba procesa sta dolgotrajna. Zaradi tega jedrske elektrarne niso primerne za rezervno oskrbo. Pravzaprav so zasnovane za enakomerno zmogljivost za pokrivanje osnovnih obremenitev. Vendar pa zmanjševanje zmogljivosti povečuje proizvodne stroške.

Primer Avstrije kaže, da je energetski prehod mogoč tudi brez jedrske energije. Avstrija je leta 1978 zavrnila gradnjo jedrske elektrarne v Zwentendorfu. Do sedaj bi bila že brezupno zastarela in bi jo bilo treba zapreti. Vendar je Avstrija sprejela Zakon o razširitvi obnovljivih virov energije (Erneuerbaren Ausbau Gesetz, EAG), da bi zagotovila razširitev električne energije iz obnovljivih virov na 100 % do leta 2030. Inovativne tehnologije zagotavljajo boljšo dostopnost in ugodnejšo proizvodnjo. Obnovljiva energija je cenejša kot kdaj koli prej. Do leta 2030 bomo lahko samo s soncem, vetrom, vodo in biomaso proizvedli osemkrat več električne energije, kot bi jo Zwentendorf dobavljal v svojih najboljših trenutkih.[3]



Povsem jasno je, da jedrska energija preprečuje energetski prehod. Vsak cent, ki ga danes porabimo za jedrsko energijo, bo manjkal za razvoj cenejših, okolju prijaznejših in varnejših virov energije. To še posebej velja za Evropsko unijo, ki jedrskim raziskavam namenja znatne ugodnosti, saj je bilo v obdobju 2014–2020 za ta namen porabljenih 5,8 milijarde EUR. To je približno enak znesek, kot se porabi za vsa druga področja energetskega sektorja, kot so omrežja, skladiščenje, učinkovitost in ukrepi za zmanjšanje porabe energije.[4] Največji delež sredstev za raziskave jedrske energije se namenja projektu jedrske fuzije ITER, ki skoraj nima realnih možnosti za uresničitev in zagotovo ne bo prispeval k blažitvi podnebnih sprememb. Če bi enak denar porabili za spodbujanje in raziskovanje učinkovitosti ter varčevanja z energijo, bi bili veliko bližje energetskemu prehodu.

POVPREČNA TEDENSKA PROIZVODNJA
NEMČIJA + AVSTRIJA



Vir: Podatki za Nemčijo in Avstrijo; Österreichische Energieagentur (Avstrijska agencija za energijo) na podlagi Entso-E (https://www.entsoe.eu)

Napačno prepričanje 2: Nove tehnologije rešujejo stare težave

Reaktor Billa Gatesa je pripravljen za uporabo.
Po drugi strani pa bomo zaradi starih predsodkov prespali jedrski prehod. Torij kot gorivo ne proizvaja jedrskih odpadkov, hlajenje s tekočo soljo onemogoča jedrske nesreče, hitri razmnoževalni reaktorji pa proizvajajo lastno gorivo. Poceni in čista elektrika za vse.

Obljube tako imenovanih reaktorjev četrte generacije so izjemne. Toda ali so pripravljeni za komercialno uporabo? Na kratko preverimo realnost treh inovacij, ki se trenutno močno promovirajo.

Reaktor na tekočo sol

V reaktorjih na tekočo sol (Molten salt reactor – MSR) se za hlajenje namesto vode uporablja staljena sol. S tem so reaktorji varnejši in učinkovitejši.[5] Leta 2008 je Bill Gates za ta namen ustanovil posebno podjetje: TerraPower.

Z reaktorji MSR bi lahko gore jedrskih odpadkov v ZDA spremenili v gorivo, pri čemer bi skoraj popolnoma preprečili taljenje jedra. Taka je obljuba. Do danes je bilo v projekt vloženih več sto milijonov davkoplačevalskih sredstev, vendar še vedno nimamo delujočega reaktorja na tekočo sol. Öko-Institut v Darmstadtu je raziskal trenutno stanje tehnologije taljenih soli. Zaključek: Koncept je že v 40. letih prejšnjega stoletja preizkusila ameriška vojska za letalske motorje, vendar do zdaj še ni bil uspešen za proizvodnjo električne energije. Prvi komercialni prototip naj bi bil izdelan šele leta 2060. Bill Gates bo takrat star 105 let, njegovo razkošno zimsko hišo v Palm Beachu na Floridi pa bo potopilo morje, tako kot polovico Bangladeša. Podnebna kriza ne čaka.

Torij kot gorivo

Torij kot gorivo namesto urana. Različne lobistične skupine za torij širijo pravljico o varnem torijevem reaktorju brez jedrskih odpadkov.

Ozadje: V zemeljski skorji je torija štirikrat več kot urana, zato naj ne bi bil primeren za izdelavo jedrskega orožja. Mnogi pa ne vedo, da je ta zamisel stara prav toliko kot jedrska industrija. Varnostne težave, naraščajoči stroški in tehnične težave so onemogočili poskuse med petdesetimi in osemdesetimi leti prejšnjega stoletja. Strokovnjaki dvomijo, da je torij varnejši, čistejši ali cenejši od urana. Če se bomo vrnili v petdeseta leta prejšnjega stoletja, podnebne krize ne bomo rešili.

Hitri oplodni reaktor

Na začetku jedrske dobe so domnevali, da so zaloge urana zelo majhne. Tako je nastal koncept hitrih oplodnih reaktorjev, ki uporabljajo hitre nevtrone za proizvodnjo lastnega goriva. Praktični stranski učinek: izrabljene gorivne palice se lahko ponovno uporabijo v ta namen. Od vseh 20 doslej delujočih oplodnih reaktorjev pa je do danes v uporabi le ruski reaktor BN-800. V skladu s standardi EU bi ga težko odobrili. Podobne reaktorje je bilo treba zaradi velikih požarov in naraščajočih stroškov ponovno zapreti. Vendar pa nekatere države tudi javno nasprotujejo gradnji hitrih oplodnih reaktorjev. Hitro jih je mogoče pretvoriti, proizvajajo lahko velike količine plutonija, primernega za orožje, in tako predstavljajo jedrsko grožnjo svetovnemu miru.[6]

Zaključek

Koncepti četrte generacije so zastareli in niso napredovali že desetletja. Nerešene tehnične težave in strašno visoke cene električne energije so doslej preprečevale njihovo komercialno uporabo. Kdo potrebuje nove reaktorje, ki proizvajajo drago električno energijo in so zelo nezanesljivi?
V naslednjih desetletjih ni pričakovati sprememb na področju varnosti in ekonomske učinkovitosti.

Fotografija: Michael Schmid

Napačno prepričanje 3: Majhni, varni in skoraj brezplačni – majhni modularni reaktorji zagotavljajo oskrbo v vseh svetovnih regijah

Majhni reaktorji , ki se proizvajajo poceni in v velikem številu, prinašajo električno energijo, vodik in toploto v najbolj oddaljene predele sveta. Ker porabijo malo goriva, so v primerjavi z današnjimi reaktorji varni.

Edini mali modularni reaktor, ki je kdaj koli začel obratovati, je pod vzhodnosibirskim morjem. Reaktor »Akademik Lomonosov« oskrbuje z električno energijo rusko mesto Pevek in bo verjetno ostal zadnji te vrste. Gradnja je trajala več kot 10 let, ogromni stroški električne energije pa presegajo celo stroške velikih reaktorjev. Kot gorivo se uporablja uran, ki se hladi z vodo.

Pravi tehnološki in gospodarski preboji so videti drugače. Po svetu se izvaja več kot 50 različnih konceptov SMR, od katerih se nekateri spopadajo z enakimi težavami kot tako imenovane »nove tehnologije« *(glej poglavje 2)*. Skupna jim je le nizka moč, ki znaša največ 300 megavatov. Tako strokovnjaki Ökoinstituta v Darmstadtu ocenjujejo nove reaktorje SMR z vidika časa, stroškov in varnosti:[7]

Čas

Poceni in varni jedrski reaktorji SMR obstajajo le na papirju, papir pa je potrpežljiv. Tudi če bi bil prvi prototip že zgrajen, bi sledila leta čakanja na obravnavo vlog za pridobitev dovoljenja. Znanstveniki menijo, da je razširjena uporaba le pobožna želja.

Tudi ugledni predstavniki jedrske energije, kot je William Magwood, ki je generalni direktor Agencije za jedrsko energijo (NEA) pri OECD, so skeptični do velikih napovedi: »Če te tehnologije ne bodo dane na trg v približno enem desetletju, morda ne bodo več pomembne za energetski prehod.«

Stroški

Pojavljajo se trditve, da velike količine in modularna konstrukcija prispevajo k nižjim proizvodnim stroškom. Dejansko bi ekonomija obsega postala učinkovita šele pri 3000 reaktorjih. Preden je ta prag dosežen, bi povzročili več škode, saj SMR glede na proizvodnjo porabijo več gradbenega materiala in energije, potrebujejo več goriva in ustvarijo bistveno več jedrskih odpadkov[8] Razvoj je obtičal v dilemi tipa »kaj je bilo prej, kokoš ali jajce«. Visoki stroški zmanjšujejo povpraševanje, brez povpraševanja pa ni množične proizvodnje.

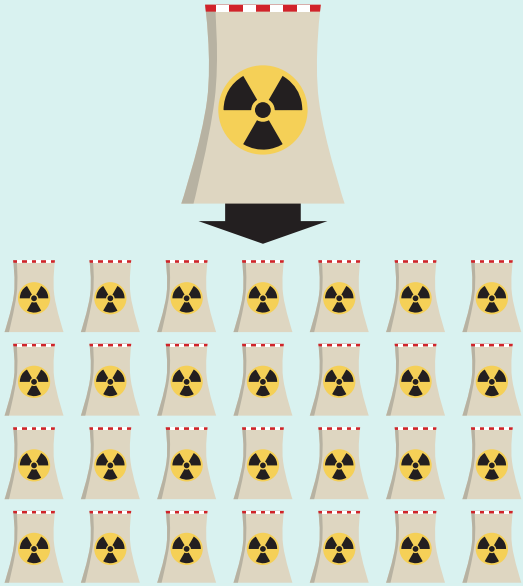
Varnost

Mini reaktor seveda vsebuje manj cepljivih materialov. Na tisoče minireaktorjev po vsem svetu nenehno ponavlja ta argument, ki temelji na volumnu. Ta vrsta reaktorja teroristom odpira neskončne možnosti za pridobivanje materiala za izdelavo orožja. V bližnji prihodnosti ne bodo na voljo jedrske reakcije SMR, ki bi bile popolnoma varne pred širjenjem jedrskega orožja. Verjetno ni naključje, da zlasti jedrske sile, kot so Francija, ZDA, Indija in Rusija, močno lobirajo za jedrske reaktorje SMR. Civilna jedrska industrija dobavlja gorivo, znanje in izkušnje ter delovno silo obrambni industriji.[9] Zato je podelitev oznake podnebju prijaznih reaktorjev SMR škodljiva za svetovni jedrski mir.

Sklepna ugotovitev strokovnjakov iz Darmstadta

»Nobena od obravnavanih tehnologij trenutno ni na voljo na trgu in tudi v bližnji prihodnosti ne bo. Hkrati pa jih oglašujejo z obljubami, podobnimi tistim, ki so jih dajali za jedrske reaktorje v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja.« *(glej opombo 7)*

Za zamenjavo enega tlačnovodnega reaktorja, ki se običajno uporabljajo dandanes, bi potrebovali 28 reaktorjev SMR. Za celoten park, ki je danes v uporabi, bi jih potrebovali več tisoč.



Zmogljivost današnjih standardnih tlačnovodnih reaktorjev (1000 megavatov) v primerjavi z zmogljivostjo reaktorja »Akademik Lomonosov« (edini SMR na svetu, ki je deloval junija 2022, 35 megavatov).

Napačno prepričanje 4: Jedrska energija je ugodna

Energetski prehod bo drag. Če bi se zdaj odpovedali poceni jedrski energiji, bi bila to norost.

Poceni jedrska energija je bila vedno le pravljica. Stroški gradnje se gibljejo v milijardah, zaradi vzdrževanja, začasnega in končnega skladiščenja jedrskih odpadkov pa je jedrska energija danes najdražja oblika električne energije. V zadnjih desetih letih sta se sončna in vetrna energija pocenili za 90 %, medtem ko so se stroški jedrske energije nenehno povečevali. Proizvodnja jedrske energije je zdaj približno za štirikrat dražja od fotovoltaične in vetrne energije.

Nekoč je veljalo, da naj bi jedrski reaktorji revolucionarno spremenili evropsko proizvodnjo električne energije, zdaj pa so postali simbol obubožane industrije: trije novi projekti francoskih evropskih tlačnih reaktorjev[10]

Primer: Hinkleypoint C (ZK)

Predvideni stroški: 20 milijard EUR. Dejanski stroški: 30 milijard EUR (maj 2022). To je približno 9.000 EUR za investicijske stroške na kilovat zmogljivosti. Fraunhoferjev inštitut je izračunal 1.500 do 2.000 EUR na kW za vetrne turbine na kopnem. Veliki fotovoltaični sistemi so še cenejši. Poleg tega se je dokončanje elektrarne Hinkleypoint C zamaknilo za celo desetletje.

Primer: Flamanville (FR)

Načrt: »Evropski tlačnovodni reaktor« (EPR) na lokaciji francoske jedrske elektrarne Flamanville. Fiksna cena 3,2 milijarde EUR; čas gradnje šest let (2006–2012). Realnost (stanje leta 2022): Datum dokončanja najhitreje 2024, stroški od 12,4 milijarde EUR (proizvajalec EDF) do 19 milijard EUR (francosko računsko sodišče). Dodatna tehnična zaščita pred morebitno letalsko nesrečo bi stroške povečala na približno 30 milijard EUR.

Primer Olkiluoto (FI)

Načrt: čas gradnje štiri leta (2005–2009), stroški 3 milijarde EUR. Realnost: čas gradnje od leta 2005 do 2021. Stroški znašajo vsaj 8,5 milijarde EUR. Takoj po prvem poskusnem obratovanju januarja 2022 je bilo treba reaktor večkrat zaustaviti.[11] Francoska vlada je leta 2015 gradbeno podjetje AREVA reševala s sredstvi v višini 7,5 milijarde EUR. Švicarska organizacija Energiestiftung SES je precej trezna: »Brez stalne obsežne državne pomoči bi francoska jedrska industrija že propadla.«

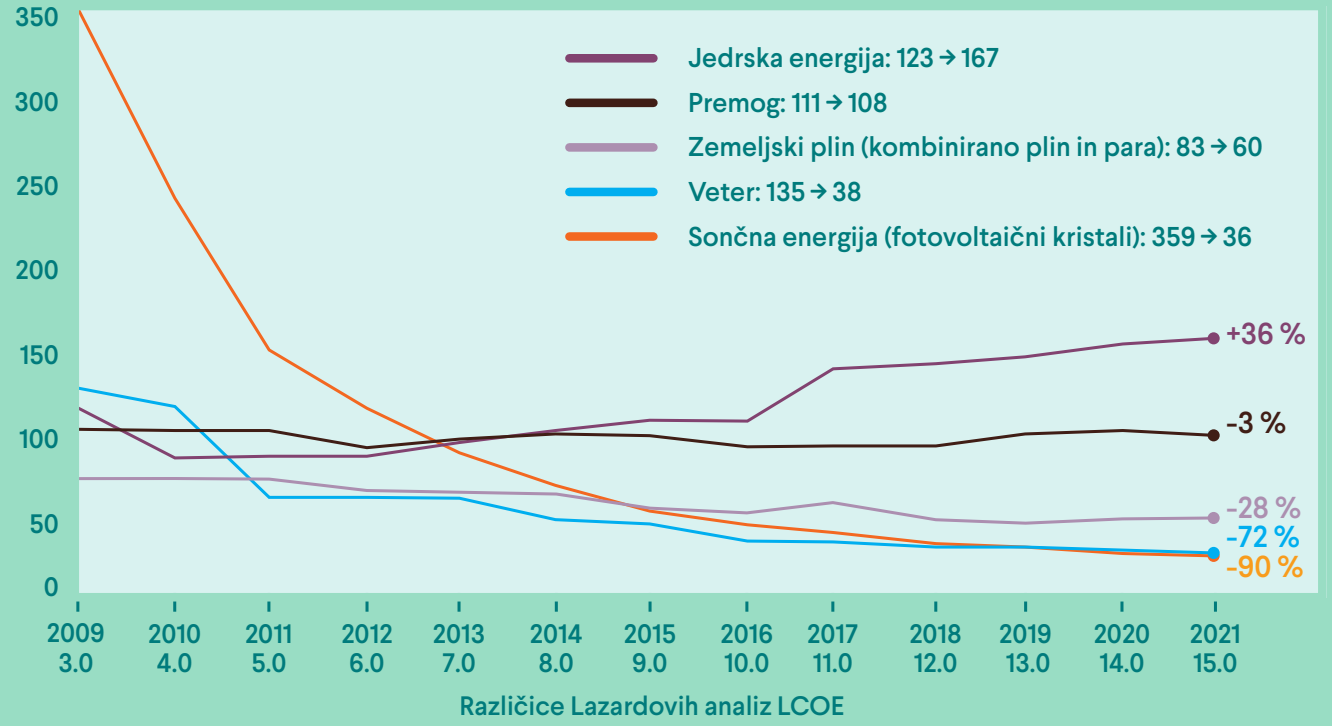
Vendar so stroški podaljšanja življenjske dobe elektrarne še dražji od gradnje nove elektrarne. Francija bo morala do leta 2030 v svoje zastarele jedrske elektrarne vložiti celih 100 milijard EUR, da bo lahko ohranila sedanjo raven proizvodnje električne energije.[12] Vendar pa je vprašljivo, kako bo poldržavno energetsko podjetje EDF, ki je zadolženo za približno 43 milijard EUR, to lahko izvedlo. Zaključek: Jedrska energija se ne izplača. Gre za dejavnost, ki se preživlja z državnimi subvencijami in je v celoti odvisna od javnega financiranja.[13] Velike bonitetne agencije in investicijski skladi so to že zdavnaj ugotovili. Pri Standard and Poor's na primer ne vidijo smisla v jedrskih naložbah v Evropi ali ZDA. Predolgi časi za izvedbo, predraga gradnja novih reaktorjev in previsoka cena sodobnih obnovljivih virov energije.[14] Svetovni vlagatelji so samo v kriznem letu 2020 v obnovljive vire energije vložili sedemnajstkrat več denarja kot v jedrsko energijo.[15]

Demontaža razgrajenih reaktorjev in končno skladiščenje jedrskih odpadkov nista vključena v izračun. Primer je jedrska elektrarna Greifswald-Lubmin v Nemški demokratični republiki (NDR): Elektrarna je 16 let dobavljala električno energijo v NDR, vendar se delo na njeni demontaži nadaljuje že 30 let in mu še ni videti konca. Porabljenih je bilo že 6,6 milijarde EUR, pri čemer se trend povečuje. Sklad za razgradnjo nemških upravljavcev jedrskih elektrarn ima za vse nemške jedrske elektrarne na voljo le 24 milijard EUR. Prihodnje generacije bodo še dolgo plačevale račune.[16]

Foto: distelAPPArath / pixabay

STROŠKI ENERGIJE 2009 DO 2021

Povprečni proizvodni stroški v USD/MWh*



* Ustreza povprečnemu zmanjšanju od Lazardove analize LCOE iz leta 2009 (različica 3.0)

© WNISR - MYCLE SCHNEIDER CONSULTING

Napačno prepričanje 5: Jedrska energija je ogljično nevtralna

Ogljični odtis jedrske energije je enak nič; lahko služi kot zasilni izhod iz fosilnih goriv

Energetski prehod zahteva veliko električne energije, jedrska energija pa je neprimerna za zadovoljitev te potrebe. En kilogram obogatenega urana proizvede ogromno količino toplote, kakršno proizvedejo trije milijoni kilogramov črnega premoga.[17] Toplota radioaktivnega razpadanja prav tako ne vsebuje ogljika. Vendar pa je prenos toplote v električno omrežje zelo potraten z vidika emisij ogljika.
In to velja tudi za delovanje in razgradnjo jedrskih elektrarn ter končno skladiščenje. V konkretnih številkah: ena kilovatna ura jedrske energije sprosti približno 104 grame emisij ogljika. To je bistveno več kot količina, ki jo sprosti vetrna ali fotovoltaična energija.[18] In manjša kot je vsebnost rude, slabše je ravnovesje. Če bo povpraševanje po uranu še naprej strmo naraščalo, se bomo morali čez nekaj desetletij spopasti z do 500 grami emisij ogljika na kilovatno uro.[19]
Toda od kod izvirajo različne emisije ogljika? Uran, glavno gorivo jedrske industrije, je neobnovljiva surovina, ki se izkoplje in nato predela. Bilanca $_{CO2}$ je odvisna od vsebnosti urana v posameznih rudah. Ravnotežje se poslabša takoj, ko se začnejo uporabljati rude z nizko vsebnostjo urana. To se dogaja vse pogosteje, ker so se izčrpala visoko donosna nahajališča. Pridobivanje je zato vse dražje in vse bolj škodljivo okolju. Samo zaradi tega obsežna širitev jedrske energije ne bi izboljšala ravnovesja emisij ogljika na Zemlji.

Trenutno lahko iz 10.000 ton uranove rude v povprečju pridobimo le sedem ton cepljivega urana-135. Posledica so ogromni radioaktivni rudniški jaški in obsežno onesnaževanje.

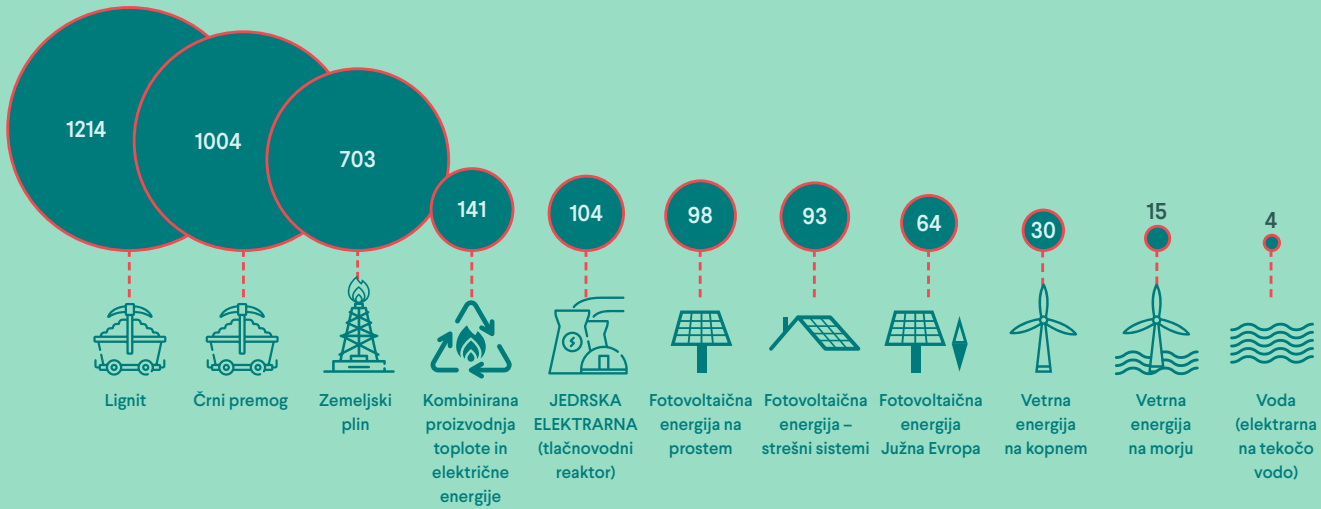
V ZDA se ta množično onesnažena območja imenujejo »nacionalna žrtvena območja« (National Sacrifice Areas). Večinoma se nahajajo na ozemljih domorodnih ljudstev, kjer ogrožajo zdravje prebivalstva.[20] Vendar pa so tudi najvišje ocene ogljičnega odtisa jedrske energije lahko podcenjujoče, saj obstaja veliko negotovosti.

Na delujoča geološka odlagališča čaka 390.000 ton jedrskih odpadkov po vsem svetu. Pri njihovi gradnji bodo nastale ogromne količine emisij, saj morajo biti odlagališča milijon let neprepustna za uhajanje.

VPLIV ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODNEBJE

Emisije ogljika različnih virov energije v gramih na kilovatno uro

Okö-Institut je izračunal podnebne emisije naše električne energije za »URANATLAS« (v skladu z ecoinvent 3.5)



Napačno prepričanje 6: Jedrska energija je varna

Černobil in Fukušima se ne zgodita vsak dan. Celo sončna in vetrna energija sta zahtevali več življenj kot jedrska energija, kaj šele premog.

Na spletu so vse pogosteje objavljeni skrb vzbujajoči podatki o varnosti jedrske energije. Jedrska nesreča v Černobilu leta 1986 naj bi na primer zahtevala le 60 življenj.[21] Vendar ta številka vključuje le ljudi, ki so umrli zaradi neposrednega sevanja na kraju nesreče. Po realnih ocenah je samo do leta 2005 umrlo do 125.000 čistilnih delavcev, tako imenovanih »likvidatorjev«. Po nekaterih izračunih naj bi po vsem svetu umrlo celo skoraj 500.000 ljudi.[22]

Radioaktivni oblak, ki se je iz Černobila razširil nad velik del Evrope, še danes terja žrtve. Ljudje še vedno umirajo zaradi zapoznelih učinkov. V približno 1.000 km oddaljeni Avstriji se je zaradi černobilske nesreče od devetdesetih let prejšnjega stoletja močno povečalo število primerov tumorjev in raka.[23]
Več kot 35 let po nesreči vsaka dvanajsta domača goba lisička znatno presega mejne vrednosti radioaktivnega cezija-137.[24]

Do leta 2011 je jedrski lobi rad opozarjal na vrhunsko zahodno tehnologijo, ki praktično izključuje jedrske nesreče, kot je bila tista v Černobilu. Nato pa je Japonce v jedrski elektrarni Fukušima presenetil potres. Potresi v tej regiji niso redki. Vendar graditelji verjetno niso pričakovali potresa s tako močjo (9,1) in zagotovo ne poplavnega vala cunamija, visokega petnajst metrov.

Centralni inštitut za meteorologijo in geodinamiko je izjavil: »Šest metrov visoki zidovi za zaščito pred cunamiji so bili zasnovani mnogo prenizko. Reaktorske enote in generatorji za zasilno napajanje so bili poplavljeni pet metrov globoko, zaradi česar so odpovedali hladilni sistemi. V nekaj dneh so eksplodirali trije bloki reaktorja, kar je povzročilo več taljenj in požarov ter izpust radioaktivnih snovi, ki so kontaminirale delavce in okoliško prebivalstvo.« [25]

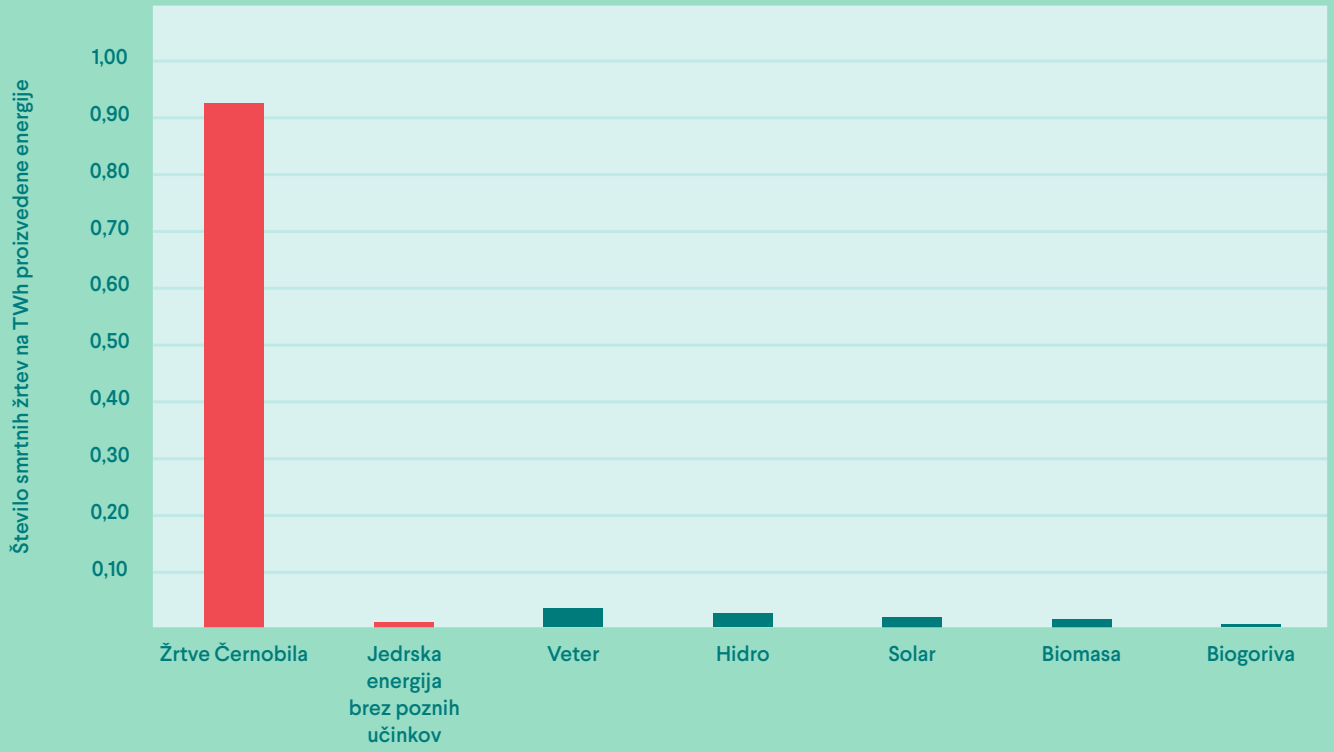
Japonska še danes uradno zanika kakršno koli povezavo s primeri raka v regiji, ki so znatno višji od nacionalnega povprečja, zlasti med otroki. Od 160.000 beguncev se jih več kot tretjina ni nikoli vrnila.

Pomoč oškodovancem je bila skromna. Upravljavca jedrske elektrarne Tepco je rešilo posredovanje vlade, zdaj pa želi v morje izpustiti 1,27 milijona ton prečiščene vode, tj. radioaktivno onesnažene vode.

Fotografija: Johannes Plenio / pexels

Jedrska energija ni nikoli varna. Černobil in Fukušima sta bili največji projektno predvideni nesreči. Manjši in srednje veliki incidenti se dogajajo redno. Z vsemi negativnimi posledicami za naravo in zdravje. Mnogi verjetno vedo, da se je leta 1979 na otoku Three Mile Island zgodila jedrska nesreča. Toda kdo ve, da se je v jedrski elektrarni Bohunice na Slovaškem nedaleč od Dunaja že leta 1977 zgodila nesreča INES 4? Kdo bi si še pred kratkim lahko predstavljal, da bodo jedrske elektrarne vojna prizorišča? *(Glej poglavje »Jedrske elektrarne niso odporne na bombe – jedrske elektrarne v primeru vojne«, str. 56-57)*

KAKO NEVARNE SO NIZKOOGLJIČNE OBLIKE ENERGIJE



Izračunano na podlagi ocen IPPNW 2016 in Sovacool et al. 2016.[26]

Napačno prepričanje 7: Zastareli reaktorji se posodabljajo ali zapirajo

V tako tvegani panogi nihče ne tvega. Nevarni reaktorji se zapirajo.

Razpoke v materialih, težave z generatorji energije. Skoraj vsak teden prejmemo poročila o nesrečah v zastarelih jedrskih elektrarnah. Številne jedrske elektrarne so v povprečju stare 31 let in nujno potrebujejo temeljito prenovo. Eden od petih reaktorjev na svetu je starejši od 41 let. Reaktorji so običajno zasnovani za 30 do 40 let delovanja. Materiali z vsakim letom obratovanja postajajo krhkejši; v tlačni posodi, ki je radioaktivno jedro reaktorja, se pojavljajo razpoke, zaradi česar je verjetnost hudih nesreč večja. Vsak izklop in ponovni zagon dodatno obremenjuje materiale.

Po podatkih Inštituta Maxa Plancka je s staranjem povezano poslabšanje stanja razlog, da je trenutno vsakih 10 do 20 let verjetna največja projektno predvidena nesreča. To pomeni 200-krat pogosteje, kot se je domnevalo doslej.[27] Obstajajo študije, ki ugotavljajo, da razpokana tlačna posoda ne more prenesti temperaturne razlike pri zasilnem hlajenju.[28] V strokovnem mnenju Agencije za okolje Avstrije (Umweltbundesamt) o podaljšanju obratovalne dobe skupno 32 francoskih reaktorjev serije 900 MW nad 40 let je navedeno, da reaktorji tudi z najobsežnejšo posodobitvijo ne bodo mogli dosegati sodobnih varnostnih standardov. Edino, kar nam preostane, je, da jih zapremo. To pa bi povzročilo nove težave.

Jedrska energija temelji na načelu socializacije izgub in privatizacije dobičkov (s pomočjo državnih subvencij).

Čeprav morajo operativna podjetja oblikovati rezerve za primer resnih nesreč, so te finančne rezerve zanemarljive. V Franciji morajo na primer operaterji za nujne primere nameniti skromnih 700 milijonov EUR, na Češkem pa le 74 milijonov EUR. To je le delček ocenjenih stroškov, ki bi jih povzročila največja projektno predvidena nesreča v središču Evrope, in sicer od 100 do 430 milijard EUR.[29] Tudi če bi obratovalna podjetja to želela, se ne bi mogla zavarovati pred tako hudo nesrečo. Nobena zavarovalnica na svetu ni pripravljena prevzeti tako visokega tveganja.

Poleg tega se jedrskih elektrarn ne spodbuja, da bi bolj skrbele za varnost in v primeru nevarnosti zaustavile elektrarne. Družba Tepco, upravljavec reaktorja v Fukušimi, ki je bil v največji projektno predvideni nesreči, je desetletja skrivala nesreče v svojih jedrskih elektrarnah, vzdrževalna dela so bila neustrezna,

poročila o popravilih pa ponarejena.[30] Vsako leto obratovanja prinaša jedrskim elektrarnam visoke dobičke.

Razgradnja in odstranjevanje staneta več milijard in trajata več let, ne da bi ustvarila kakršen koli prihodek. S poslovnega vidika je zato najbolje, da jedrske elektrarne obratujejo, dokler ne pride do največje projektno predvidene nesreče. Te stroške mora nato kriti država (glej primer Fukušima).

Avstrijo obkroža 11 delujočih jedrskih elektrarn, od katerih jih 10 spada med elektrarne z visokim tveganjem.

Fotografija: Petar Avramoski / pexels

Neckarwestheim
Temelin
Dukovany
Isar
Bohunice
Mochovce
Leibstadt
Beznau
Gösgen
Paks
Krško

JEDRSKA ELEKTRARNA	Oddaljenost od meje	Razlog za visoko tveganje
Krško	70 km	Potresno območje
Paks	180 km	Brez zadrževanja
Mochovce	100 km	Brez zadrževanja
Bohunice	60 km	Brez zadrževanja
Dukovany	40 km	Brez zadrževanja
Isar	70 km	starejši od 30 let
Neckarwestheim	160 km	Potresno območje
Leibstadt	110 km	starejši od 30 let
Beznau	110 km	starejši od 30 let
Gösgen	130 km	starejši od 30 let
Temelin	65 km	Ne gre za reaktor z visokim tveganjem, vendar so v bruseljskem sporazumu nerešene zadeve

Vir: https://www.global2000.at/atomkraftwerke-um-oesterreich

Napačno prepričanje 8: Jedrska energija je vedno na voljo

Jedrske elektrarne delujejo tudi takrat, ko ne sije sonce in ne piha veter. Brez jedrske energije nam grozijo izpadi električne energije.

Ko je bilo francosko prebivalstvo v začetku aprila 2022 pozvano k varčevanju z električno energijo, veriga supermarketov Carrefour pa je ugasnila luči v 400 svojih trgovinah, je jedrski lobi nenadoma utihnil. Jedrska energija se je čez noč iz čudeža na področju električne energije spremenila v vzrok za resno energetsko krizo.[31] Takrat je prenehalo delovati 25 od 56 jedrskih reaktorjev, zmogljivosti za uvoz električne energije so bile skoraj na meji, cene električne energije pa so rekordno narasle.[32]

Na kritičnih mestih več reaktorjev so bile ugotovljene resne varnostne težave, ki jih je povzročila korozija, in te težave lahko vplivajo na večino reaktorjev.

Zato bo morala Francija leta 2022, ko bodo druge države EU hitro povečevale svoje zmogljivosti obnovljivih virov energije, ponovno zagnati stare elektrarne na premog in ponovno uvažati električno energijo. Napovedi proizvodnje jedrskih elektrarn za leti 2022 in 2023 je bilo treba znatno znižati. Ta primer ponazarja temeljni problem oskrbe z energijo, ki temelji na jedrski energiji kot osnovnem viru energije. Varovalnega mehanizma ni.

V Franciji leta 2020 vsak od 56 reaktorjev v povprečju ni dobavljal električne energije 115,5 dni.[33] Zato je bilo treba tretjino leta nadomestiti izpade, ki so se večinoma zgodili povsem nepričakovano in so pogosto zadevali več reaktorjev (naenkrat 24 hkrati). V Belgiji je bilanca izpadov še slabša in znaša 180 dni, kar je posledica starosti reaktorjev.

Ko je dosežen najdaljši čas delovanja, so potrebna draga in dolgotrajna vzdrževalna dela in posodobitve. To fazo je dosegel že velik del evropskih jedrskih elektrarn. To povečuje tveganje za okvaro.

Hkrati pa na tisoče kilometrov stran v kalifornijski puščavi na pesku in prahu gradijo prelomni projekt energetskega prehoda.[34] »Eland Solar & Storage Center« bo kmalu oskrboval 90.000 gospodinjstev v metropoli Los Angeles z električno energijo – podnevi in ponoči. Vetrna in sončna energija sta najcenejši in najbolj trajnostni obliki energije ter bosta temelj energetskega prehoda. Poleg tega projekti kažejo, da se vetrna in fotovoltaična energija dobro dopolnjujeta. Pozimi je mogoče uporabiti veliko

več vetrne energije, poleti pa več sončne energije, kar je idealna kombinacija *(glej Napačno prepričanje številka 1)*.

Nove tehnologije shranjevanja baterij in zelenega vodika bodo kmalu pomagale zapolniti vrzeli. Črpalne elektrarne to funkcijo že opravljajo – zlasti v Avstriji.

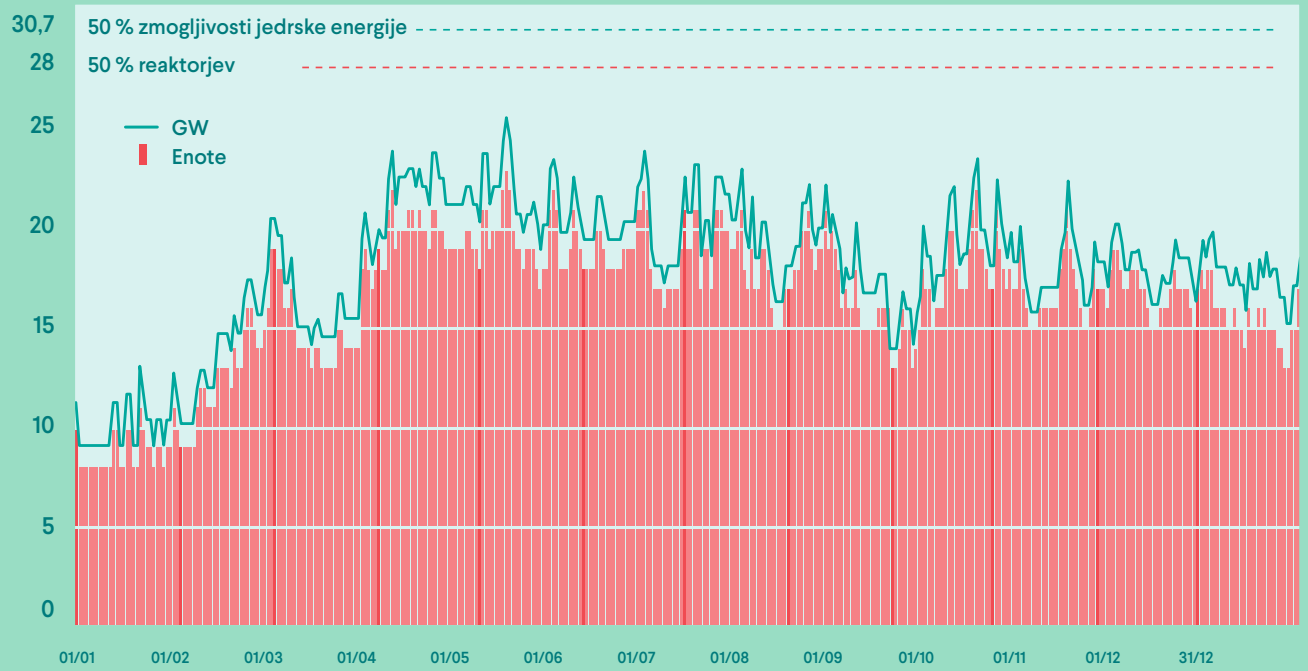
Jedrska industrija vztraja pri tem, da je jedrska energija vedno na voljo. V tem smislu so večkrat opozorili na izpad elektrike. Vendar so trgi in vlagatelji že korak naprej in stavijo na sončno, vetrno in geotermalno energijo s sodobnimi tehnologijami shranjevanja, ki lahko zapolnijo vrzeli pri proizvodnji električne energije. Cene shranjevanja litija so se s 1060 EUR/MWh leta 2010 znižale na skoraj desetino (nekaj manj kot 100 EUR/MWh leta 2021).[35] Hkrati hitro napreduje razvoj cenovno dostopnih, okolju prijaznih tekočih baterij.[36] Prihodnost električne energije bo obnovljivost in zmožnost skladiščenja.

Fotografija: Der Weg / pixabay

IZPADI FRANCOSKIH REAKTORJEV V LETU 2021

Reaktorji brez proizvodnje električne energije.

V 338 dneh, kar je 92 % leta, vsaj 10 reaktorjev začasno ni proizvajalo električne energije,
in v 58 dneh ali 16 % leta vsaj 20 reaktorjev ni delovalo.
Največje število je bilo 22 reaktorjev (18,1 GW), najmanjše pa 7 (5,5 GW).



© Grafika osnovana na podatkih WNISR 2021

Fotografija: Michael Schmid

Napačno prepričanje 9: Fuzijski reaktorji prinašajo sonce na Zemljo

Jedrska fisija je le vmesna stopnja.
S fuzijskimi reaktorji nam bo na voljo neomejena energija brez tveganja.

Ideja je mamljiva. Če nam bo za pridobivanje energije uspelo uporabiti jedrsko fuzijo namesto jedrske cepitve, bomo Sonce pripeljali na Zemljo. Neomejena energija brez radioaktivnega cepljivega materiala. V računalniškem modelu je videti odlično. V jedrskem raziskovalnem centru Cadarache na jugu Francije od leta 2007 potekajo dela za izgradnjo prvega fuzijskega reaktorja na svetu. Poleg EU v projektu ITER (Mednarodni termonuklearni eksperimentalni reaktor) sodeluje še sedem drugih držav, in sicer ZDA, Rusija,

Kitajska, Indija, Koreja, Japonska in Švica. Objekt naj bi bil dokončan do leta 2025, prve jedrske fuzije pa so načrtovane za leto 2036.[37]

V projekt v hribih Provanse severovzhodno od Marseilla so vložena velika pričakovanja in ogromna sredstva. Kljub trenutno izračunani naložbi v višini približno 30 milijard EUR in širokemu mednarodnemu sodelovanju pa je zelo negotovo ali celo malo verjetno, da se bodo sanje o elektrarni, ki bo proizvajala neomejeno in poceni električno energijo, kdaj uresničile. Na poti je treba premagati mnogo velikih ovir. Evropski Zeleni so ITER že označili za »projekt himere«, ki odvrača pomembna sredstva od obnovljivih virov energije. Prvotno ocenjeni stroški projekta, ki so znašali 5 milijard EUR, so zdaj znašali 15 milijard EUR in se še povečujejo.[38]

Temperatura plazme

Projekt ITER naj bi ustvarjal plazmo. Plazma je četrto temeljno stanje snovi (poleg trdnega, tekočega in plinastega). Pri temperaturi 150 milijonov stopinj Celzija (desetkrat bolj vroče kot sonce [39]) atomska struktura razpade. Atomska jedra in elektroni se ločijo. Fuzija poteka v nastali plazmi, ki jo v vakuumski posodi držijo skupaj močna magnetna polja. Pri tem se vodikov atom, devterij, ki vsebuje elektron in proton ter nevtron, združi s tricijem , vodikovim atomom z dvema nevtronoma, pri čemer nastane helijev atom in prosti nevtron. Težava: Da bi preprečili prekinitev procesa fuzije, mora vakuumska posoda, v kateri je plazma, vzdržati visoke temperature in dodatno bombardiranje z nevtroni.
Pri projektu ITER je za ta postopek v poskusni fazi predvideno trajanje približno 7 do 8 minut. Kasneje med obsežno

proizvodnjo to ne bo dovolj. Materiala za ustrezne posode za ta postopek še niso odkrili.

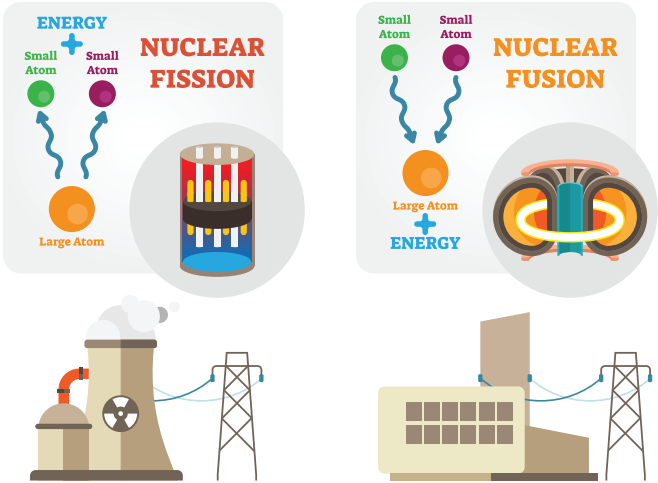
Tricij

Za proces fuzije sta potrebna devterij in tricij. Devterij se zlahka pridobiva iz morske vode. Tricij pa je odpadni produkt starih težkovodnih reaktorjev in njegovo pridobivanje je drago. Zato bi morali fuzijski reaktorji sami proizvajati tricij.[40] To bi ITER postavilo v neposredno konkurenco pri prehodu na obnovljive vire energije, saj so za proizvodnjo potrebne velike količine litija. Tega bi nato primanjkovalo na primer za proizvodnjo baterij. S tricijem je tudi težko ravnati in povzroča sevalne poškodbe človeškega organizma.

Učinkovitost

Iz projekta ITER je znano, da v razmeroma kratkih fazah delovanja fuzije proizvedena toplota ne daje več kot približno poldrugikrat več energije, kot je grev procesu. To je precej skromen rezultat za tako drag podvig. Seveda bi bilo mogoče, da bi bil v velikem objektu ciljni izkoristek 1:10, ki ga je opredelil ITER, dosegljiv. Vendar je zelo negotovo, kdaj bi takšen reaktor lahko zagotavljal električno energijo za vse. Michael Dittmar, fizik na ETH v Zürichu, ugotavlja: »ITER je le prototip, ki je v najboljšem primeru zanimiv za temeljne raziskave.
Gre za to, kako plazmo za nekaj sekund segreti na 150 milijonov stopinj Celzija.«[41]

Če povzamemo: Gradnja reaktorja ITER se je začela leta 2007, začetek obratovanja je načrtovan za leto 2025, prva fuzija pa za leto 2036. Samo od leta 2007 do leta 2020 se bo globalna temperatura v povprečju zvišala za približno 0,4 °C. Fuzijski reaktor zagotovo ni učinkovito zdravilo za podnebno krizo.



Napačno prepričanje 10: Myrrha rešuje problem odpadkov

Kdo potrebuje končno skladišče?
Z novimi postopki so visoko radioaktivni jedrski odpadki neškodljivi.

V majhnem belgijskem mestu Mol se mednarodna raziskovalna skupina ukvarja s tehnologijo, ki obeta nič manj kot rešitev svetovnega problema jedrskih odpadkov. Myrrha je lepo zveneče ime projekta centra za jedrske raziskave (SCK-CEN), ki ga sofinancira tudi EU.[42]

Zamisel se zdi verjetna in privlačna. Pospeševalnik delcev izstreljuje hitre nevtrone v visoko radioaktivne odpadke. Ti razpadejo oziroma se pretvorijo v kratkožive in stabilne izotope. S tem preprostim postopkom se reši problem jedrskih odpadkov. Vendar pa tako kot pri jedrski fuziji in reaktorjih četrte generacije tudi pri projektu Myrrha še vedno obstajajo velike razlike med želenim in dejanskim stanjem. Na podlagi strokovnega mnenja Bundesamt für nukleare Entsorgungssicherheit (BASE) (Nemški zvezni urad za jedrsko varnost) se je Nemčija na primer odločila, da pri projektu Myrrha ne bo sodelovala.[43]

Razlogi so očitni.

Myrrha ne rešuje iskanja končnega skladišča

Transmutacija pretvori le del dolgoživih transuranskih elementov. Za to bi bilo potrebnih veliko postopkov, od predelave in prevoza goriva do obsevanja. Samo za nemške jedrske odpadke bi to v optimalnih razmerah trajalo več stoletij. Po 300 letih transmutacije bi od 150 ton še vedno ostalo 30 ton transuranskih elementov.
Poleg tega je 40 % visoko radioaktivnih odpadkov v Nemčiji zastekljenih in jih ni mogoče predelati.

Pri transmutaciji nastanejo novi cepitveni produkti. Med njimi je visoko radioaktivni jod-129 z razpolovno dobo 15,7 milijona let, pa tudi velike količine nizko- in srednjeradioaktivnih jedrskih odpadkov, ki prav tako zahtevajo varno skladiščenje. Poleg tega predelava goriva povečuje tudi tveganje širjenja, tj. uporabe v vojaške namene.

Brez izkušenj s tehnologijo

Razviti, zgraditi in uveljaviti bi bilo treba nove koncepte reaktorjev s spektrom hitrih nevtronov, posebne obrate za predelavo in goriva z visoko vsebnostjo transuranov. Ni jasno, ali bo to mogoče doseči, in če da, kdaj. Po sedemdesetih letih izkušenj z uporabo jedrske energije za proizvodnjo električne

energije je jasno, da bodo za te obrate za predelavo potrebna desetletja razvojnega dela in gradnje.

Sredstva za financiranje energetskega prehoda niso neskončna. Zato moramo dobro premisliti, v katere tehnologije prihodnosti želimo vlagati že danes.

V zvezi s projektom Myrrha in transmutacijo trenutno vidimo le ogromne stroške in veliko tveganje, da bi stavili na napačnega konja.

Dejstva in zmote

Bliža se konec – Jedrska energija je zastarela

Edina prihodnost, ki jo lahko obeta jedrska energija, je zapuščina razgrajenih jedrskih reaktorjev in radioaktivnih odpadkov. Tu so razlogi za to.

Koliko novih jedrskih elektrarn je v zadnjih desetih letih začela graditi Francija, ki je na prvem mestu po jedrski energiji? Niti enega. Chivaux, najnovejša francoska jedrska elektrarna, proizvaja električno energijo od leta 2002 in že ima težave pri obratovanju. V zadnjih 20 letih so bili na omrežje priključeni le trije reaktorji v vsej Evropi: Temelin 1 in 2 ter romunski Cernavoda 2. Zlata doba jedrske energije je minila pred 40 leti. Leta 1975 je bilo na električno omrežje priključenih rekordnih 44 novih reaktorjev.

Leta 2021 jih je bilo le šest, od tega trije na Kitajskem. Razloga ni treba dolgo iskati.

Jedrska energija preprosto ni več konkurenčna. Desetletja gradnje, zamude pri gradnji in visoki stroški odvračajo vlagatelje. Leta 2020 so v obnovljive vire energije vložili 17-krat več sredstev kot v jedrsko energijo.

To je seveda prineslo rezultate. V letu 2020 bo rast v segmentu obnovljivih virov energije v svetovnem merilu presegla rast jedrske energije. Obnovljivi viri energije so proizvedli za 256 GW več električne energije kot v prejšnjem letu. Nasprotno se je delež jedrske energije povečal le minimalno, za 0,4 GW.44 V EU je delež električne energije iz obnovljivih virov energije (brez hidroelektrarn) celo presegel delež električne energije iz fosilnih goriv. Sonce in veter sta tehtnico že zdavnaj prevesila v svojo korist.[45]

Julija 2021 je po vsem svetu obratovalo 411 reaktorjev s povprečno starostjo 31 let.[46]

Njihov prispevek k svetovni oskrbi z energijo je leta 2018 znašal približno 2 %, s tendenco upadanja.

Zakaj je čas jedrske energije minil

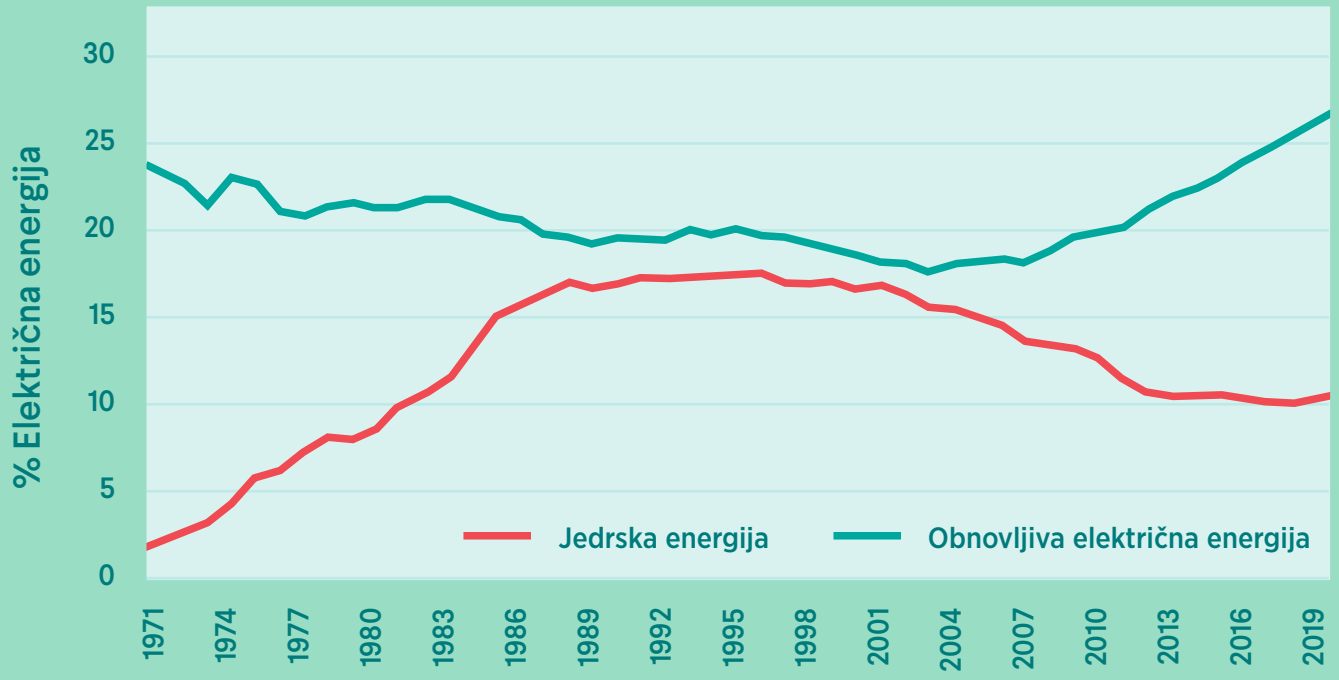
Stare reaktorje iz varnostnih razlogov postopoma izključujejo iz omrežja. Poleg tega se potreba po vzdrževanju in popravilih znatno poveča s trajanjem obratovanja. Okvare in izpadi ne ogrožajo le varnosti, ampak tudi stanejo denar in prekinejo dobavo električne energije. Francija bi morala v svoj zastareli park jedrskih elektrarn vložiti 100 milijard EUR, da bi ohranila proizvodnjo jedrske energije na današnji ravni.[47] Gradnja novih jedrskih elektrarn je zelo dolgotrajna in draga *(glej Napačno prepričanje številka 4)*. Do leta 2030 bi bilo treba zagnati 178 reaktorjev, da bi ohranili današnjo raven proizvodnje jedrske energije. Ker je čas gradnje od 10 do 15 let, je jedrska revolucija

Fotografija: Michael Schmid

v Evropi popolnoma nedosegljiva. Le Kitajska hitro širi svoj park reaktorjev, vendar se bodo tudi tam pojavile težave z viri.

Cene obnovljivih virov energije, kot so fotonapetostne in vetrne elektrarne, se hitro znižujejo. Vetrne turbine in fotonapetostne naprave je mogoče hitro postaviti, na voljo in učinkovite pa so tudi v manjših dimenzijah. Pri tretjem pomembnem obnovljivem viru energije, vodni energiji, so možnosti za širitev manjše, vendar je stare elektrarne mogoče posodobiti z razumnimi stroški. Za razliko od jedrskih reaktorjev. Vse te elektrarne – vključno s tistimi, ki so trenutno v gradnji – do sredine stoletja ne bodo več obratovale. Delež jedrske energije v svetovni porabi električne energije se nenehno zmanjšuje.

DELEŽI ELEKTRIČNE ENERGIJE NA SVETOVNI RAVNI: JEDRSKA ENERGIJA V PRIMERJAVI Z OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE



Vir: IEA, World electricity generation mix by fuel, 1971 to 2019.

Ni prostora za izrabljene gorivne palice

Čeprav jedrske elektrarne obratujejo že od petdesetih let prejšnjega stoletja, nikjer na svetu še vedno ni končnega odlagališča za izrabljene gorivne palice. Te bodo radioaktivne še več sto tisoč let.

Zmanjševanje pomena jedrske energije predstavlja kontrast z naraščajočo goro jedrskih odpadkov. Od leta 1954 je nastalo približno 390.000 ton visoko radioaktivnih odpadkov.[48] Ena tretjina je bila predelana, preostali odpadki so začasno shranjeni . To se izvaja v začasnih objektih v neposredni bližini jedrskih elektrarn ali v bazah za jedrsko orožje. Zelo vprašljiva rešitev. Vendar so bili doslej vsi poskusi vzpostavitve stalnih odlagališč za radioaktivne odpadke neuspešni. V večini primerov obravnavane lokacije na koncu niso izpolnjevale strogih varnostnih meril, ki se zahtevajo za končno odlaganje.

Sosednje skupnosti se pogosto odločno upirajo. Celo v Franciji, državi, ki podpira jedrsko energijo, ni varnega odlagališča jedrskih odpadkov za naslednjih približno milijon let. Medtem ko gradnja in obratovanje jedrskih elektrarn vsaj za nekaj časa ustvarjata delovna mesta, pa odlagališče povzroča nezaželen – in nevaren – promet. Le na lokaciji Olkiluoto na Finskem se gradi globinsko geološko odlagališče »Onkalo« na globini 450 metrov, ki bo verjetno dokončano v naslednjih nekaj letih, vendar tudi tu obstajajo nerešene tehnične težave.

Tukaj je nekaj primerov, ki bolje ponazarjajo časovne razsežnosti. Človek iz Hauslabjocha, bolj znan kot Ötzi, je živel pred nekaj več kot 5.000 leti. Svetovno znane jamske slike v Altamiri so nastale pred približno 15.000 leti.
Willendorfska Venera je stara približno 30.000 let. Pred milijonom let je bila Zemlja v poznem pleistocenu (ledeni dobi). Takrat je v naših zemljepisnih širinah domoval prazgodovinski mamut. Vendar so se prvi ljudje v Srednji Evropi pojavili šele pozneje.

Vendar pa so visoko radioaktivni odpadki le del problema. V njih je sicer zbranih 95 % radioaktivnosti jedrskih odpadkov na svetu, vendar predstavljajo le 5 % njihove količine. Preostanek sestavljajo srednje do nizko radioaktivni jedrski odpadki iz komponent reaktorjev, zaščitnih oblačil ter odpadki iz medicinske, industrijske in raziskovalne rabe. Ti jedrski odpadki so manj radioaktivni, vendar še vedno zelo škodljivi za zdravje ljudi in jih je treba varno shraniti v končnih odlagališčih. V Avstriji je za izvajanje nacionalne strategije ravnanja z odpadki in gradnjo končnega skladišča, katerega lokacija še ni določena, odgovoren nacionalni svetovalni odbor za ravnanje z odpadki (Entsorgungsbeirat).[49]
Tudi če bi jedrska doba trajala do sredine 21. stoletja, bi bil to skromen prispevek energije v višini približno 2 % za 100 let v nasprotju z zelo nevarno in drago zapuščino za milijon let.

30 000 GENERACIJ

se bo moralo spoprijeti s tveganji, ki bodo posledica tega, in posredovati informacije

1 MILIJON LET

mora biti skladišče tesno zaprto

390.000 TON VISOKO RADIOAKTIVNIH ODPADKOV

že desetletja čaka na varno končno odstranitev

Pridobivanje urana – Smrt iz rudnika

Ljudje, ki menijo, da je jedrska energija čista, varna in omogoča energetsko samozadostnost, so pozabili na uran. Rudarjenje urana povzroča uničevanje okolja in smrt. Radioaktivno onesnaženje v rudniških jaških, podtalnici in zemlji bo ostalo tisočletja.

Zgodovina radioaktivnosti v EU

EU danes uvaža skoraj ves uran kot glavno gorivo za svojih 110 reaktorjev. Edini aktivni rudnik urana v EU, rudnik Crucea v Romuniji, se uporablja predvsem za skladiščenje. Temu ni bilo vedno tako. Zgodovinsko gledano je Nemčija z nekdanjo NDR na primer peta največja rudarska država na svetu. To je bilo iz vojaških razlogov: Hitler je želel atomsko bombo, pozneje pa so nemški uran iz rudnikov na Saškem in v Turingiji uporabili za sovjetski arzenal orožja.

Čeprav je rudnik zaprt že od padca železne zavese, še danes niso varno zaprti vsi jaški in zadržana jalovina. Jalovina je strupeno blato, ki ostane po rudarjenju urana.

Nevarna odvisnost – tudi od Rusije

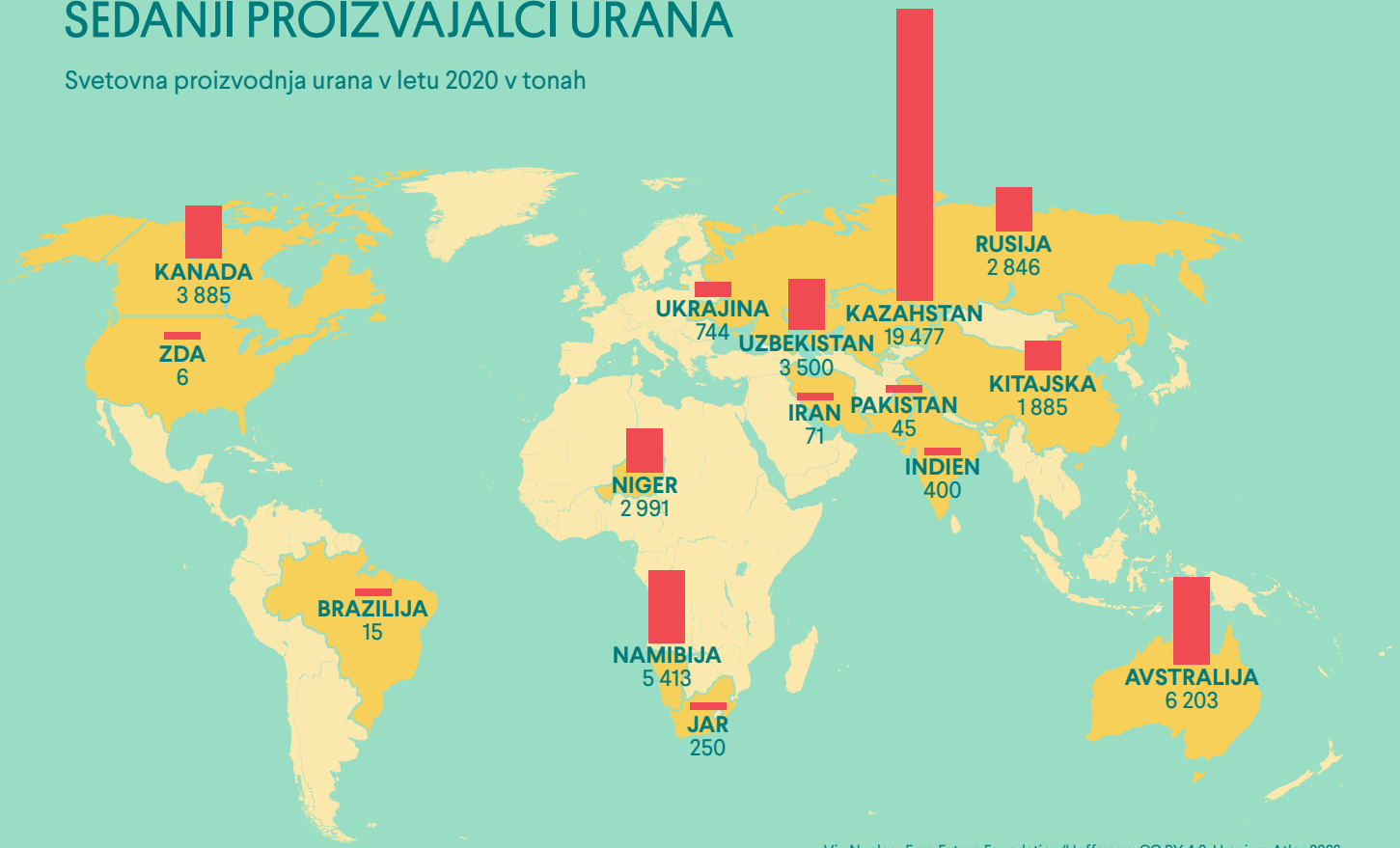
Ali lahko jedrska energija zmanjša odvisnost EU od Rusije v smislu plina, premoga in nafte? Pogled na trgovanje z uranom kaže nasprotno. EU trenutno 20 % naravnega urana uvaža iz Rusije, dodatnih 20 % pa iz Kazahstana, ki je dolgoletni zaveznik Rusije. Rusija je močno vključena tudi v razvoj goriva, saj proizvaja kar 26 % obogatenega urana. To se ne bo in se ne more spremeniti čez noč. Tehnično je v 18 reaktorjih EU, ki jih je zasnovala Rusija, mogoče uporabiti le ruske gorivne palice. Energetska samozadostnost v EU je torej mogoča le brez jedrske energije.

Človeško trpljenje in okoljske nesreče

Srednjeveški zdravniki so to imenovali »gorska bolezen«. Šlo je za skrivnostno skupino pljučnih bolezni in smrti med rudarji. Danes so znani kemični vzroki. Pri rudarjenju na območjih, bogatih z uranom, se sproščajo radon, razpadni produkt urana, radioaktivni izotopi in težke kovine, ki lahko povzročijo maligne tumorje, okvare zarodkov, neplodnost in številne druge bolezni. Nemški Bundesamt für Strahlenschutz (Zvezni urad za varstvo pred sevanjem) je opravil preiskavo 59000 nekdanjih rudarjev iz NDR in ugotovil, da je tveganje za pljučnega raka povečano za 50 % do 70 %. 7000 od teh rudarjev (skoraj 12 %) je zaradi izpostavljenosti sevanju prezgodaj umrlo.

SEDANJI PROIZVAJALCI URANA

Svetovna proizvodnja urana v letu 2020 v tonah



Vir: Nuclear Free Future Foundation/Hoffmann, CC BY 4.0, Uranium Atlas 2022

Jedrska podjetja v EU so medtem v celoti prenesla rudarjenje urana in njegove usodne posledice na zunanje izvajalce. Kar 70 % urana se izkoplje na območjih, kjer živijo avtohtone skupine po vsem svetu, in tam že desetletja povzroča humanitarne tragedije.
Odpor proti temu narašča, v nekaterih primerih tudi uspešno. Toda Cree v Kanadi, Diné v Novi Mehiki, Aborigini v Avstraliji in rudarji v afriških rudnikih se spopadajo z velikani. V ZDA je registriranih le približno tretjina od predvidoma 15000 rudniških jaškov. Območja okoli teh rudnikov so še vedno onesnažena, saj so jih podjetja zapustila, obnovitvena dela pa potekajo že desetletja.

Zaradi rudarjenja urana je velik del sveta postal neprimeren za bivanje. Rak in tumorji pa nimajo oznake izvora – na srečo številnih podjetij, ki služijo denar z uranom in se nato izogibajo odgovornosti.

Fotografija: Recognize Productions / pexels

Občutljivost na vremenske razmere in Občutljivost na podnebje

Jedrske elektrarne so občutljivi objekti. Že manj kot hud vremenski dogodek jih lahko spravi iz tira. Zelo toplo poletje ali zelo suha zima sta že povsem dovolj.

V noči na 24. junij 2021 je južno Češko zajelo izjemno močno neurje. Škoda na strehah, hišah in električnih vodih je bila ogromna. 10.000 gospodinjstev je bilo več dni brez elektrike. Reaktorski blok 2 jedrske elektrarne Temelin je bil odklopljen od visokonapetostnega omrežja in varno obratovanje ni bilo več zagotovljeno. Trije porušeni električni drogovi so zadostovali za zaustavitev celotnega reaktorja.

Po podatkih Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC) se podnebna kriza kaže v nevihtah, poplavah in sušah veliko prej, močneje in pogosteje, kot se je domnevalo doslej.[50] Temelin je le simptom veliko večje nevarnosti.

Nekateri niso za vroče

Jedrske elektrarne morajo biti stalno hlajene. Zato so reaktorji običajno nameščeni ob rekah ali v bližini morja. Potrebujejo ogromne količine hladilne vode. Ta voda se po ohladitvi vrne v reke. Ni radioaktivna. Je pa topla. Vedno pogosteje je pretopla za ekološko ravnovesje rek.[51] Toda brez hladilne vode ni delovanja jedrske elektrarne. Sicer zelo natančni švicarski inženirji zato v bližini jedrskih elektrarn v izjemnih primerih dovoljujejo temperaturo rečne vode do 30 °C. To ustreza jedrski industriji. Nikakor pa ne ustreza lokalnim ribam. Postrvi težko prenesejo temperaturo vode, višjo od 18 °C. Veliki somi imajo radi nekoliko toplejšo vodo, in sicer od 18 °C do 22 °C. Toda če je voda še toplejša, je konec tudi z njimi.

Če so najvišje temperature presežene, se morajo jedrske elektrarne zaustaviti ali omejiti svojo zmogljivost. To ni le teoretično, ampak se je že zgodilo. Na primer v letih 2003, 2006 in 2015. Leta 2018 so bile prvič prizadete celo severnoevropske elektrarne (Severna Irska, Finska, Švedska).

Podobno težavo povzročajo daljša sušna obdobja poleti in pozimi. Z napredovanjem podnebnih sprememb se pojavljajo vse pogosteje. Če v reki preprosto ni dovolj hladilne vode, je edina možnost, da se jedrska elektrarna omeji ali zapre. To se vse pogosteje dogaja, ko je poraba električne energije velika. Poleti, ko klimatske naprave delujejo s polno paro, pozimi, ko se zunanje temperature spustijo pod ničlo. Francija, ki je še pred nekaj leti približno 70 % električne energije pridobivala iz jedrskih elektrarn, je v zadnjem času večkrat dosegla meje svojih proizvodnih zmogljivosti. Vse evropske jedrske elektrarne skupaj v enem letu izhlapijo štirikrat več vode, kot je je v Nežiderskem jezeru.[52] Ko bo vode primanjkovalo, jo bo

potrebovalo predvsem kmetijstvo, veliko bolj kot industrija, ki pokriva le 2 % svetovnega povpraševanja po električni energiji.

V vroči vodi

Pomanjkanje vode je zelo slabo za jedrske elektrarne. Še bolj usoden pa je lahko presežek vode. Cunami v Fukušimi je bil prepričljiv dokaz za to. Dvig morske gladine in vse večja nevarnost neurja zaradi podnebnih sprememb še posebej ogrožata obalne jedrske elektrarne, ki skupaj predstavljajo 41 % vseh jedrskih elektrarn. To je v poročilu, objavljenem junija 2021, ugotovila britanska skupina British Nuclear Consulting Group: »Zaradi naraščajočega dviga morske gladine, ki ga povzroča podnebje, neviht, nevihtnih valov, hudih padavin in povečanega rečnega toka, bodo jedrski objekti v Združenem kraljestvu poplavljeni – in to veliko prej, kot predvidevajo jedrska industrija ali regulativni organi.« [53]

Ameriški vojaški častniki podobno gledajo na ameriške jedrske elektrarne: Zaradi podnebnih sprememb je 60 % reaktorjev ogroženih zaradi poplav ali močnih neviht, vlada pa na takšne dogodke ni pripravljena.[54] To ni dober obet.

Vendar pa se tudi reke vse pogosteje razlijejo čez svoje bregove, kar je jasno pokazalo poletje 2021 v Nemčiji in Belgiji. Ko je reka Meuse julija 2021 presegla nekdanji najvišji vodostaj iz leta 1926, je bila ogrožena jedrska elektrarna Tihange. 2140 kubičnih metrov vode na sekundo je povzročilo, da se je varnostna rezerva jedrske elektrarne zmanjšala na samo 20 %.

Podobno problematične so razmere na lokacijah švicarskih jedrskih elektrarn Beznau in Gösgen. Zlasti v Beznauu se zaradi hudih poplav rek Aare, Reuss in Limmat povečuje erozija tal, kar slabi tla, na katerih je zgrajena jedrska elektrarna.[55] Podjetja za jedrsko energijo bodo morala zaradi izrednih dogodkov vse pogosteje v kratkem času zapirati reaktorje. To predstavlja varnostno tveganje, saj zaradi ekstremnih temperaturnih razlik material reaktorja postane krhek. V belgijskih reaktorjih Tihange 2 in Doel 3 z visokim tveganjem so na primer odkrili veliko število skrb vzbujajočih razpok. Oba reaktorja naj bi prenehala obratovati do leta 2023.[56]

Zaključek

Varnostni projekti jedrskih elektrarn temeljijo na preteklih ekstremnih vremenskih dogodkih, ne upoštevajo pa novih izzivov podnebnih sprememb.[57] Jedrska podjetja so doslej le opazovala. Vendar pa bi morali ukrepati prej kot pozneje, saj je treba gorivne palice tudi po zaustavitvi še več let hladiti na lokaciji.

Atomska bomba priložena

Svetovne zaloge plutonija zadostujejo za večkratno uničenje vsega življenja na Zemlji. Načrti za gradnjo več sto novih majhnih jedrskih elektrarn bodo razveselili vse tiste, ki si želijo, da bi končno imeli lahek dostop do jedrske bombe.

Do polnoči je še 100 sekund. Celo v času hladne vojne nismo bili tako blizu konca sveta kot leta 2020. Ameriški znanstveniki iz Bulletin of the Atomic Scientist so sprožili alarm. Smo v novi tekmi v jedrskem oboroževanju in še nikoli ni bilo tako enostavno dobiti bombe kot danes.[58] Little Boy, prva atomska bomba, uporabljena v vojaškem spopadu, tedaj še ni bila zelo izpopolnjena.

Vsebovala je 64 kilogramov obogatenega urana in le približno en kilogram cepitvenega urana. Kljub temu je avgusta 1945 bomba Little Boy popolnoma uničila japonsko mesto Hirošima in terjala življenja približno 250.000 ljudi. Za učinkovito atomsko bombo zadostuje od 3 do 5 kilogramov plutonija in njena izdelava ni več čudež.

Izrael, ena od držav, ki že ima jedrske bombe, je večkrat vojaško posredoval v sosednjih arabskih državah, kot sta Sirija in Iran – in to ne brez razloga. Obstaja velika bojazen, da bi material, ki je primeren za jedrsko orožje, po nenadzorovanih poteh lahko prišel v roke terorističnih organizacij. Nemška zvezna agencija za državljansko izobraževanje (Bundeszentrale für politische Bildung) na svoji spletni strani navaja status jedrskega orožja iz leta 2014.
Za 80 % (!) od takratnih 15.700 jedrskih bojnih glav ne veljajo nobeni pogodbeni nadzorni mehanizmi.

Le 6 % zalog urana se uporablja v civilne namene, preostali del je vojaški. Približno 47 % zalog plutonija se uporablja v civilne namene, približno 53 % pa v vojaške namene. S svetovnimi zalogami urana in plutonija, primernega za orožje, bi lahko sedanji arzenal 13.080 bojnih glav povečali za stokrat.[59] Hkrati bi samo 100 jedrskih glav zadostovalo za izbris celotnega človeštva.

Jedrske elektrarne služijo kot krinka za izdelavo bomb, saj proizvajajo potreben plutonij. Teoretično je na voljo po vsem svetu, civilni in vojaški jedrski kompleksi pa so komunikacijska plovila. Francoski predsednik Macron je to povedal povsem odkrito: »Brez civilne jedrske energije ni vojaške jedrske energije; brez vojaške jedrske energije ni civilne jedrske energije.«[60] Zato ni presenetljivo, da zlasti velike jedrske sile, kot so Francija, ZDA, Velika Britanija in Kitajska, veliko vlagajo v nove jedrske tehnologije.
Hkrati nobena od teh držav ni podpisala Pogodbe ZN o prepovedi jedrskega orožja. Dejansko je zasnova današnjih jedrskih elektrarn vojaškega izvora, vključno s sodobnimi lahkovodnimi reaktorji in natrijevim reaktorjem Billa Gatesa.[61]

Jedrski strokovnjak Jan Haverkamp slednjega označuje za »nočno moro širjenja orožja«, saj vključuje tehnologijo za pridobivanje urana za orožje.[62]

Iluzorno bi bilo domnevati, da so svetovne zaloge plutonija ves čas pod varnim nadzorom in kontrolo. Varnost bi bila še težja, če bi povsod zgradili množico novih malih jedrskih elektrarn. Čeprav se v mini reaktorju proizvedejo manjše količine radioaktivnih snovi, varovanje manjših količin ni nič manj drago kot pri večjih reaktorjih.

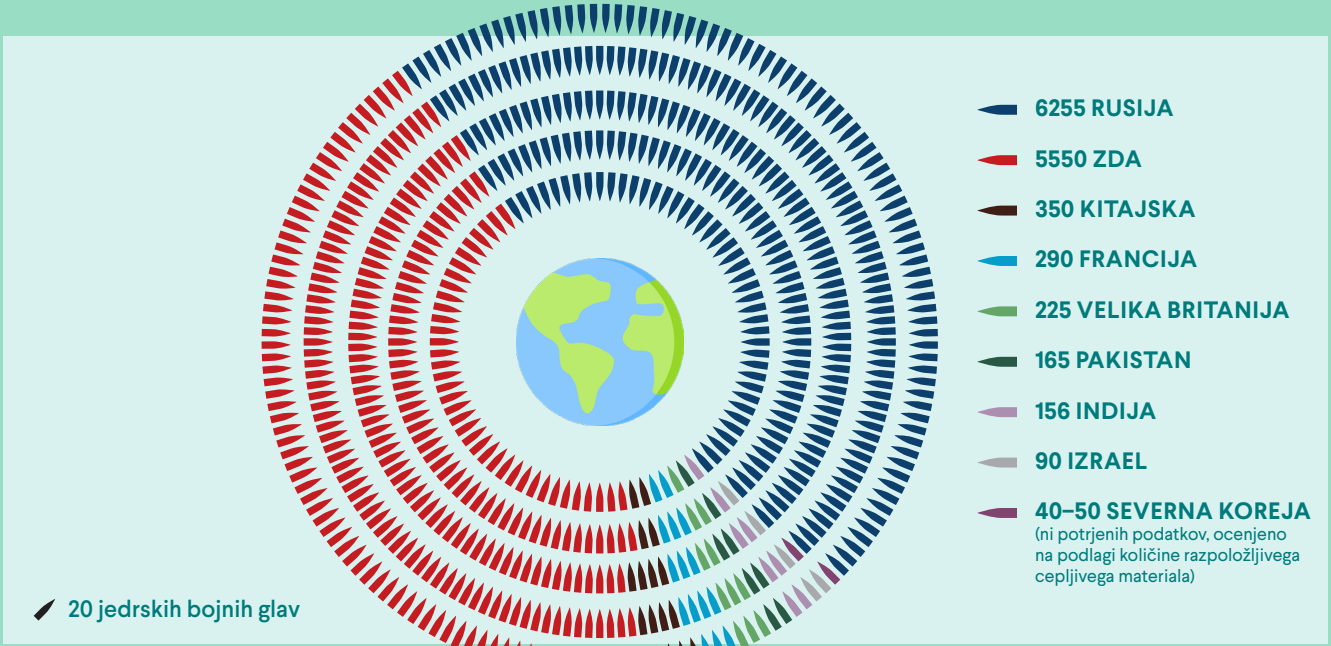
Poleg tega ni potrebe po jedrski bombi z uničevalno močjo bombe Little Boy. Za hiter teroristični napad zadostuje že manjši format.

To je še eno nerešeno varnostno vprašanje jedrskih elektrarn. Jedrska energija in jedrsko orožje sta dvojčka, ki si medsebojno zagotavljata nadaljnji obstoj.

Fotografija: Michael Schmid

ŠTEVILO JEDRSKIH BOJNIH GLAV NA DRŽAVO

Stanje leta 2022



Vir: Nuclear Free Future Foundation/Hoffmann, CC BY 4.0, Uranium Atlas 2022

Spomenik v Hirošimi | Fotografija: Armin Forster / pexels

Jedrske elektrarne niso odporne na bombe

Jedrske elektrarne v primeru vojne

Od začetka jedrske dobe v neposredni bližini jedrskih elektrarn ni bilo vojnih žarišč. To se je spremenilo z rusko invazijo na Ukrajino in s tem tveganjem jedrske katastrofe zgodovinskih razsežnosti.

Geslo, ki je veljalo desetletja, je bilo, da so jedrske elektrarne so v pravem pomenu besede odporne na bombe. Jedrska elektrarna v primeru vojne nikakor ni mogla biti pod udarom, saj bi to pomenilo največjo nevarnost za vse udeležence spopada. Tudi za napadalce. Po ruskem napadu na Ukrajino februarja 2022 in tamkajšnje jedrske elektrarne pa so se razmere spremenile. Poleg tega ni potrebno bombardiranje ali raketni napad, da se porušijo varnostne strukture jedrske elektrarne.

Električna omrežja so ranljiva, vključno z jedrskimi elektrarnami. Komu se še ni zgodilo, da bi se med močnim neurjem nenadoma znašel v temi? Izpadi električne energije v jedrskih elektrarnah lahko hitro postanejo nevarni, saj je treba gorivne palice aktivno hladiti tudi več let po zaustavitvi. Če je zunanja napajalna povezava uničena, prevzamejo vlogo sistemi za zasilno hlajenje. V jedrski elektrarni Zaporožje v Ukrajini so na primer na voljo dizelski generatorji, ki lahko elektrarno hladijo približno sedem dni. Najpozneje po tem času je treba generator napolniti z gorivom ali popraviti električno omrežje, da se prepreči taljenje. To je v vojnem času zelo negotovo.

Ključni steber varnosti jedrske elektrarne je duševno in fizično stanje osebja. Izčrpanost in utrujenost sta najverjetneje povzročili nesreči reaktorjev v Černobilu (Ukrajina, 1986) in na otoku Three Mile Island (ZDA, 1979).

Ko so ruske enote zavzele poškodovano jedrsko elektrarno v Černobilu in prekinile načrtovane menjave ukrajinskih tehnikov, varnost radioaktivnih ruševin ni bila več zagotovljena. Pomanjkanje koncentracije zaradi izčrpanosti ali groženj oboroženih borcev osebju lahko hitro privede do napak ali slabih odločitev. In to z usodnimi posledicami.

Neposreden napad na reaktorske lupine je bil vedno malo verjeten. Vendar za to niti ni potreben nameren in ciljno usmerjen napad. Sodobno orožje se na cilje usmeri z elektronskimi nadzornimi sistemi. Stoodstotne gotovosti ni. Majhna programska napaka ali hekerski napad lahko povzroči odstopanja od načrtovanega poteka.

Zaščita pred tem ni mogoča. Smrtonosna obremenitev s sevanjem bi vplivala na vsakogar za dolgo časa in v veliko večji meri, kot je jedrska industrija kadar koli predvidevala pri izračunavanju svojih modelov.

Fotografija: Johannes Plenio / pexels

Zaključne opombe

1 Schneider, M. et al. World Nuclear Industry Status Report 2022 (WNISR, 2022)

2 Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). 2021. Es war einmal - die Märchen der Atomlobby. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nuklearpolitik/maerchen-atomlobby.html

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). 2020. Atomkraft? Nicht einmal 2 Prozent der weltweiten Endenergie. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7e36e3f8-30d0-42ba-ae6c-2e94cbe1150a/Atomkraft_2_Prozent_Endenergie_ua.pdf

3 https://www.bmk.gv.at/service/presse/gewessler/20210706_eag.html

4 ausgestrahlt.de, 2020. Irrweg in der Klimakrise. Warum Atomkraft keine Antwort auf den Klimawandel ist. ausgestrahlt.de. Hamburg

5 Pistner, C., Englert, M., (2017). Neue Reaktorkonzepte. Eine Analyse des aktuellen Forschungsstands. Öko-Institut e.V. Im Auftrag der Schweizerischen Energie-Stiftung.

6 https://english.kyodonews.net/news/2022/02/379f9222010d-opinion-us-japon-fast-reactor-cooperation-raises-nuclear-security-concerns.html (dostop: junij 2022)

7 Pistner, C., Englert, M., Küppers, C., Hirschhausen, C., Steigerwald, B., & Donderer, R. (2021). Sicherheitstechnische Analyse und Risikobewertung einer Anwendung von SMR-Konzepten (Small Modular Reactors): Vorhaben 4720F50500.

8 Krall, L. M., Macfarlane, A. M., & Ewing, R. C. (2022). Nuclear waste from small modular reactors. Proceedings of the National Academy of Sciences, 119(23), e2111833119.

9 Claußen A. et al., 2019. How Nuclear Power Powers the Bomb. Information of the German Affiliate of IPPNW International Physicians for the Prevention of Nuclear War. Berlin. https://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/IPPNW-Information_How_nuclear_power_powers_the_bomb_2019_EN.pdf

10 LAZARD. Analiza cenovno ovrednotenih stroškov energije – različica 15.0. Oktober 2021. https://www.lazard.com/media/451905/lazards-levelized-cost-of-energy-version-150-vf.pdf

11 https://www.heise.de/news/Atomkraft-Weitere-Verzoegerung-im-finnischen-Reaktor-Olkiluoto-3-6352466.html

12 https://www.world-nuclear-news.org/RS-EDF-faces-EUR100-milijarda-reactor-upgrade-bill-says-audit-office-1102164.html (zajeto junija 2022)

13 https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/frankreich-neue-atomreaktoren-gebremster-strompreisanstieg-verschuldete-edf-erhaelt-milliarden-vom-staat/28083122.html

14 S&P Global, 2019. The Energy Transition: Nuclear Dead And Alive. https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2019/11/Energy-Transition_Nuclear-Dead-And-Alive_11-Nov.-2019.pdf

15 Schneider, M. et al. World Nuclear Industry Status Report 2021 (WNISR, 2021)

16 https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/politik/atomkraftwerk-abbau-hoehere-kosten-100.html

17 https://www.energie-lexikon.info/uran.html

18 Nuclear Free Future Foundation/Hoffmann, CC BY 4.0, Uranatlas 2022

19 Wallner, Andrea, et al. »Energy Balance of Nuclear Power Generation. Analize življenjskega cikla jedrske energije.« (2011).

20 Nuclear Free Future Foundation/Hoffmann, CC BY 4.0, Uranatlas 2022

21 https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Todesopfern_der_Nuklearkatastrophe_von_Tschernobyl

22 Claussen, Angelika in Alex Rosen. »30 let življenja v Černobilu, 5 let življenja v Fukušimi. Zdravstvene posledice jedrskih katastrof v Černobilu in Fukušimi.« (2016).

23 Fairlie, Ian. TORCH-2016. Neodvisna znanstvena ocena učinkov jedrske nesreče v Černobilu na zdravje. Po naročilu GLOBAL 2000/ Friends of the Earth Austria (2016)

24 Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz. 2021. Radioaktivität in Wildpilzen und Wildfleisch aus Österreich. https://www.sozialministerium.at/Themen/Gesundheit/Strahlenschutz/Lebensmittelueberwachung/Radioaktivität-in-Wildpilzen-und-Wildfleisch-aus-Österreich.html (dostop 2022)

25 https://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik/news/vor-10-jahren-die-dreifach-katastrophe-von-tohoku-in-japan

26 Sovacool, Benjamin K., et al. »Balancing safety with sustainability: assessing the risk of accidents for modern low-carbon energy systems.« Journal of cleaner production 112 (2016): 3952-3965.«

27 https://www.mpg.de/forschung/kernenergie-nuklearer-gau

28 Arnold N., et al. 2017. Potencialni radiološki vplivi porušitve tlačne posode Tihange 2. Institut für Sicherheits- und Risikowissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien.

29 Reuster L. 2017. Nukleare Haftungs- und Deckungsvorsorge Wer zahlt einen Super-GAU in Deutschlands Nachbarländern? Forum Ökosoziale Marktwirtschaft e. V. Berlin.

30 https://web.archive.org/web/20120118234709/http://www2.jnes.go.jp/atom-db/en/trouble/individ/power/f/f20080527/index.html

31 https://www.n-tv.de/wirtschaft/Frankreich-im-Podcast-Wieder-was-gelernt-Atomnation-mit-Stromproblem-article23305361.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE

32 https://reneweconomy.com.au/france-pays-the-steep-cost-of-inflexible-and-ageing-nuclear-aselectricity-prices-soar/

33 Schneider, M. et al. World Nuclear Industry Status Report 2021 (WNISR, 2021)

34 https://www.reuters.com/business/energy/us-approves-massive-solar-project-californiadesert-2021-05-03/

35 https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-30/baterije-cene-počasi-padajo-v-najnovejši-raziskavi-cen

36 https://spectrum.ieee.org/what-energy-storage-would-have-to-cost-for-a-renewable-grid

37 https://www.iter.org

38 https://www.euractiv.com/section/energy/news/iter-nuclear-fusion-reactor-hit-by-covid-delay-rising-costs/

39 https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/wissenschaft-und-forschung/wie-heiss-ist-die-sonne-100.html

40 Fairlie, Ian. »Tritium hazard report: pollution and radiation risk from Canadian nuclear facilities.« Greenpeace 2007 (2007).

41 https://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/kernfusions-forschung-milliardengrab-oder-klimarettera-5ef2d340-3205-47be-9c35-3b60ed0597ae

42 https://myrrha.be/about-myrrha

43 https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/kta-deutschland/p_und_t/partitionierungtransmutation.html

44 Schneider, M. et al. World Nuclear Industry Status Report 2021 (WNISR, 2021)

45 Evropska komisija, »Quarterly Report on European Electricity Markets«, DG Energy, Vol. 13, 2021.

46 Schneider, M. et al. World Nuclear Industry Status Report 2022 (WNISR, 2022)

47 https://www.world-nuclear-news.org/RS-EDF-faces-EUR100-milijarda-reactor-upgrade-bill-says-auditoffice-1102164.html

48 https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1963_web.pdf

49 https://www.entsorgungsbeirat.gv.at/themen/ueber-uns/nationales-entsorgungsprogramm

50 IPCC, 2022: Povzetek za oblikovalce politik [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (uredniki)]. V: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Prispevek delovne skupine II k šestemu ocenjevalnemu poročilu Medvladnega odbora za podnebne spremembe [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (uredniki)]. Cambridge University Press. V tisku.

51 Raptis, Catherine E. in Stephan Pfister. »Global freshwater thermal emissions from steam-electric power plants with once-through cooling systems«. Energy 97 (2016): 46-57.

52 Berechnung auf Basis Medarac, Hrvoje, Davide Magagna in G. I. Hidalgo. Projected fresh water use from the European energy sector. Luksemburg: Urad za publikacije Evropske unije, 2018.

53 https://www.nuclearconsult.com/wp/wp-content/uploads/2021/06/Climate-Change-UK-Nuclear-June-2021.pdf

54 Brosig M et al. Implications of Climate Change for the U.S. Army. United States Army War College (2019).

55 https://www.derbund.ch/akw-auf-sand-und-kies-gebaut-541344771053

56 https://www.zeit.de/politik/deutschland/2018-01/tihange-atomkraftwerk-belgien-niederlande-aachen

57 Mednarodna agencija za atomsko energijo, 2019. Prilagajanje energetskega sektorja podnebnim spremembam. Dunaj. Identifikatorji: IAEAL 19-01258 | ISBN 978-92-0-100919-7. Razvrstitev: UDC 620.91:551.588.7 | STI/PUB/1847

58 https://thebulletin.org/2021/11/australian-uk-us-nuclear-submarine-deal-exposes-civilian-militarylinks/

59 https://sicherheitspolitik.bpb.de/user/pages/07.m6/03.infographics/01.nuclear-warheads-and-fissionable-material-2014/M06-G01-de.pdf

60 Élysée, »Notre avenir énergétique et écologique passe par le nucléaire. Déplacement du Président Emmanuel Macron sur le site industriel de Framatome«, francoska vlada, december 2020, op. cit.

61 Stirling, Andy in Philip Johnstone. »A Global Picture of Industrial Interdependencies Between Civil and Military Nuclear Infrastructures«. Znanstveni članek SSRN. Rochester, NY: Raziskovalna mreža za družboslovje, 13. Avgust 2018. https://doi.org/10.2139/ssrn.3230021.

62 https://www.dw.com/en/scientists-pour-cold-water-on-bill-gates-nuclear-plans/a-59751405

Seznam virov

25-27: Napačno prepričanje številka 6: Jedrska energija je varna

B.K. Sovacool et al. / Journal of Cleaner Production 112 (2016) 3952e3965

naš svet v podatkih:
https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy

https://www.sozialministerium.at/Themen/Gesundheit/Strahlenschutz/Lebensmittelueberwachung/Radioaktivität-in-Wildpilzen-und-Wildfleisch-aus-Österreich.html

Todesopfer Tschernobyl (Maximum aus Tabelle 4-1):
https://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/IPPNW_Report_T30_F5_Folgen_web.pdf

41-43: Bliža se konec – jedrska energija je zastarela

https://www.iwr.de/news/atomenergie-wird-fuer-stromerzeugung-irelevant-zu-teuer-und-zu-langsam-news37071

47-49: Rudarjenje urana – smrt iz rudnika

Nuclear Free Future Foundation/Hoffmann, CC BY 4.0, Uranatlas 2022

https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/uranatlas-2019/

https://euratom-supply.ec.europa.eu/publications/esa-annual-reports_en

57-58: Jedrske elektrarne niso odporne na bombe – Jedrske elektrarne v primeru vojne

https://www.energiezukunft.eu/politik/kernkraftwerke-im-kriegsgebiet/

https://www.iaea.org/nuclear-safety-and-security-in-ukraine

https://www.greenpeace.de/frieden/ukraine-krieg-bedrohliche-lage-dortige-atomkraftwerke

https://healthysleep.med.harvard.edu/healthy/matters/consequences/sleep-performance-and-public-safety

Podrobnosti o publikaciji:

Založnik in lastnik medijev:
GEF - Green European Foundation, B-1210 Brüssel,
Mundo Madou - Avenue des Arts 7-8
FREDA - Die Grüne Zukunftsakademie,
A-1060 Wien, Loquaiplatz 12/4,
IDE - Inštitut za družbeno ekologijo, Predilniška cesta 14,
4290 Tržič
Idejna zasnova: Dagmar Tutschek, Michael Schmid
Usklajevanje projektov GEF: Alexandra Huber
Urejanje in besedila: Maria Niedertscheider, Michael Schmid
Prevod: Alkemist, prevajalske storitve, d.o.o.
Fotografiranje: Michael Schmid (naslovnica, str. 17, 35, 42, 53), Johannes Plenio, Petar Avramoski, Recognize Productions, Armin Forster (pexels.com), Markus Distelrath, Monica Schreiber, distelAPPArath, Der Weg (pixabay.com)
Ikone ljudi: ustvaril Freepik / flaticons.com
Postavitev: Christoph Gratzer
Tisk: Infokart d.o.o.

Besedilo in slike te publikacije so licencirani pod licenco Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). Za licenčno pogodbo glejte https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode. Za povzetek (ki ga ne moremo nadomestiti) glej https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0. Pogoji avtorskih pravic za fotografije v tej publikaciji so navedeni pod vsako fotografijo.

Organizacija **Green European Foundation (GEF)** je politična fundacija na evropski ravni, katere poslanstvo je prispevati k živahni evropski razpravi in spodbujati večjo vključenost državljanov v evropsko politiko. GEF si prizadeva za vključitev razprav o evropskih politikah in politikah znotraj in zunaj zelene politične družine. Fundacija deluje kot laboratorij za nove zamisli, ponuja čezmejno politično izobraževanje ter je platforma za sodelovanje in izmenjavo na evropski ravni.

FREDA – Die Grüne Zukunftsakademie zur Förderung politischer Bildung und Kultur je politična fundacija avstrijskih Zelenih, katere poslanstvo je posegati v tekoče razprave, ustvarjati sinergije, skupaj z drugimi zelenimi in progresivnimi akterji v Evropi opravljati delo na področju pozitivne vizije ter prispevati k njenemu širjenju. Za živahno, miroljubno in trajnostno družbo po koronavirusu, v kateri se gospodarstvo in socialna pravičnost preoblikujeta v duhu pravičnega prehoda.

Inštitut za družbeno ekologijo - IDE je bil ustanovljen julija 2021 z namenom povezovanja civilne družbe in politike na področju novih zelenih politik. Inštitut z organizacijo mednarodnih dogodkov, na katerih se srečujejo strokovnjaki, državljani, predstavniki NVO in politiki, ustvarja povezovalen prostor za snovanje uresničljivih zelenih idej.

Jedrska energija

Slepa ulica pri blažitvi podnebnih sprememb

Po največji projektno predvideni nesreči v Fukušimi se je zdelo, da je umik od jedrske energije dokončen. Zaradi podnebne krize in vse večjega povpraševanja po energiji pa jedrska industrija zdaj daje nove obljube: mini jedrske elektrarne, torijeve reaktorje in preproste rešitve za problem jedrskih odpadkov.

Ta publikacija primerja mamljive iluzije s trdnimi dejstvi. Zgoščeno in v preprostem jeziku.

Brošura, ki sta jo pripravila FREDA – Die Grüne Zukunftsakademie in poslanec Martin Litschauer, govornik proti jedrski energiji

GREEN EUROPEAN FOUNDATION
GEF.EU

DIE GRÜNE ZUKUNFTS AKADEMIE
FREDA.AT

INŠTITUT ZA DRUŽBENO EKOLOGIJO
IDEINSTITUT.SI

Fotografija: Michael Schmid