

Radiološke in jedrske izredne razmere: krizno upravljanje v primerih nesreč, terorističnih napadov in vojaških konfliktov¹

Tanja Perko

73

Uvod

Ne glede na to, ali gre za teroristično grožnjo, industrijsko nesrečo ali posledice vojaškega konflikta, so radiološka in jedrska tveganja, s katerimi se sooča sodobna družba, vseprisotna in resnična. V luči trenutnih geopolitičnih napetosti, energetske negotovosti in naraščajoče globalne nestabilnosti je prebivalstvo po svetu izpostavljeno stalni nevarnosti radioloških in jedrskih incidentov in nesreč (EC, 2017).

Nedavni dogodki, npr. v jedrski elektrarni Zaporožje, izraelsko-ameriški napad na jedrske objekte v Iranu, preizkus novega manevrirnega izstrelka, ki uporablja jedrski pogon (Reuters, 2025), ali jedrska nesreča v Fukušimi na Japonskem, jasno kažejo, da tovrstna tveganja ne poznajo geografskih, političnih ali ekonomskih meja (IAEA, 2022), (UN, 2022), (Arms Control Association, 2025). Posledice radioloških in jedrskih izrednih razmer lahko ogrozijo življenja posameznikov, porušijo družbeno stabilnost in resno zmotijo vsakdanje delovanje skupnosti (Latré idr., 2019). Potencialna izpostavljenost prebivalstva, delavcev in okolja radioaktivnemu sevanju ali kontaminaciji ostaja eden najresnejših izzivov sodobne varnosti. Kljub pomembnemu napredku na področju nadzora, varnosti in regulative so jedrski materiali v številnih državah še vedno neustrezno zavarovani in pomanjkljivo upravljeni, kar povečuje tveganje

1 Prispevek je rezultat raziskovanja v okviru NRP Obramboslovje (P5-0206), ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost RS.

njihove zlorabe, zlasti s strani terorističnih skupin. Dodatno nevarnost predstavlja dejstvo, da se mednarodno pravo o zaščiti strateških objektov v oboroženih spopadih – vključno z jedrskimi elektrarnami – pogosto ne spoštuje. Tudi v delujočih jedrskih reaktorjih, kljub visokim varnostnim standardom in večplastnim zaščitnim sistemom, lahko pride do tehničnih okvar, človeških napak ali kombinacije dogodkov, ki vodijo v resne incidente ali nesreče. Trenutno po svetu deluje več kot 440 jedrskih reaktorjev, ki proizvedejo približno devet odstotkov svetovne električne energije (WNISR, 2025). Hkrati razvoj novih, jedrskih tehnologij, kot so majhni modularni jedrski reaktorji, prinaša nove izzive pri zagotavljanju varnosti in učinkovitem kriznem odzivanju. Obenem se v mednarodnem okolju ponovno krepijo grožnje z uporabo jedrskega orožja, kar dodatno potrjuje nujnost celovitega in usklajenega kriznega upravljanja v primeru radioloških in jedrskih izrednih razmer.

Radioaktivnost je naravni pojav, pri katerem nestabilna atomska jedra spontano razpadajo in pri tem oddajajo ionizirajoče sevanje v obliki delcev ali elektromagnetnega valovanja. To sevanje je lahko koristno, kadar se uporablja nadzorovano – na primer v medicini, industriji ali znanstvenih raziskavah – vendar ob nenadzorovani izpostavljenosti predstavlja resno tveganje za zdravje ljudi in okolje.

Namen tega poglavja je zbrati, analizirati in sistematično razvrstiti primere jedrskih in radioloških izrednih razmer glede na njihove posledice, trajanje in značilnosti kriznega odziva. To poglavje predstavlja tudi osnovne zaščitne ukrepe, uporabljene v posameznih primerih, in identificira ključne izzive v kriznem upravljanju. Posebno pozornost namenjamo kriznemu komuniciranju, pri čemer analiziramo razvoj in značilnosti komunikacije v izrednih razmerah v zadnjem desetletju, ko sta vzpon družbenih medijev in uporaba umetne inteligence bistveno spremenila dinamiko odzivanja, pretoka informacij in zaznavanje tveganj v javnosti (Ogie idr., 2018).

Metodološko gledano poglavje temelji na analizi sekundarnih virov (ang. *desk research*), zlasti sive literature, dopolnjene s pregledom družbenih medijev ter intervjuji z osebami, odgovornimi za krizno komuniciranje v izbranih primerih. Tak pristop omogoča celostno razumevanje kompleksnosti kriznega upravljanja in zagotavlja primerjalni vpogled v učinkovite prakse komuniciranja in odločanja v radioloških in jedrskih izrednih razmerah.

Kategorizacija radioloških in jedrskih izrednih razmer v okviru kriznega upravljanja

Razumevanje temeljnih pojmov je ključno za učinkovito načrtovanje, usklajevanje in izvajanje ukrepov v primeru radioloških in jedrskih izrednih razmer. Kljub pogosti rabi izrazov »radiološki« in »jedrski« v vsakdanjem jeziku so med njima pomembne strokovne razlike, ki določajo naravo dogodka, obseg posledic ter način odzivanja.

Radiološke izredne razmere zajemajo dogodke, pri katerih pride do nenadzorovanega sproščanja ali nevarnosti sproščanja radioaktivnih snovi brez prisotnosti jedrske verižne reakcije. Takšni dogodki so lahko posledica tehničnih okvar, nepravilnega ravnanja z radioaktivnimi viri v medicini ali industriji, nesreč pri prevozu ali namernega razprševanja radioaktivnih materialov oziroma umazanih bomb (ang. *dirty bombs*). Jedrske izredne razmere pa vključujejo dogodke, povezane z jedrsko cepitvijo ali zlivanjem atomskih jeder. Do njih lahko pride v jedrskih elektrarnah, raziskovalnih reaktorjih ali pri ravnanju z jedrskim gorivom in orožjem. Zaradi sproščanja velike količine energije imajo tovrstni dogodki praviloma veliko širše in hujše posledice, ki lahko segajo čez državne meje in dolgoročno vplivajo na zdravje, okolje ter družbeno in politično stabilnost (IAEA, 2007).

Izredne razmere, ki zahtevajo krizno upravljanje, lahko glede na vzrok nastanka razdelimo v tri osnovne skupine. Prvo skupino predstavljajo nenamerno povzročene izredne razmere, kamor sodijo jedrske in radiološke nesreče ali incidenti, ki nastanejo zaradi tehničnih okvar, človeških napak ali kombinacije nepredvidenih dogodkov. Za enotno ocenjevanje njihove resnosti se uporablja Mednarodna lestvica jedrskih in radioloških dogodkov (INES – International Nuclear and Radiological Event Scale), ki jo je razvila Mednarodna agencija za atomsko energijo (IAEA). Lestvica razvršča dogodke glede na njihov varnostni pomen od stopnje 0 do 7:

- Stopnja 0 (nenavaden dogodek) označuje nenadzorovane dogodke brez varnostnega pomena.
- Stopnje 1 do 3 predstavljajo dogodke, ki praviloma nimajo večjih posledic za javnost ali okolje, vendar kažejo na določene pomanjkljivosti v varnostnih sistemih, postopkih ali pri organizaciji dela. Takšni dogodki so pomembni predvsem za strokovno analizo in izboljšanje varnostne kulture, saj lahko opozarjajo na sistemske težave, ki bi v drugih okoliščinah lahko vodile do resnejših posledic.
- Stopnje 4 do 7 pa označujejo nesreče z znatnimi vplivi na ljudi, okolje ali jedrske objekte. Takšni dogodki presegajo meje normalnega obratovanja in

zahtevajo obsežne zaščitne ukrepe ter mednarodno obveščanje. Razlikujejo se predvsem po obsegu izpustov radioaktivnih snovi in resnosti vplivov na zdravje in okolje.

INES omogoča enotno in razumljivo komuniciranje o resnosti dogodkov med strokovnjaki, odločevalci, mediji in javnostjo. Njen namen ni primerjanje posameznih nesreč, temveč vzpostavitev skupnega razumevanja njihovega pomena za jedrsko in radiološko varnost (IAEA, 2012).

Drugo skupino sestavljajo namerno oziroma zlonamerno povzročene izredne razmere, med katere uvrščamo improvizirane jedrske eksplozivne in razpršilne naprave (IND, RDD), sabotaže jedrskih objektov, kraje cepitvenega materiala in kibernetске napade, usmerjene v jedrsko infrastrukturo. Tretjo skupino predstavljajo vojaške izredne razmere, ki vključujejo uporabo jedrskega orožja ali drugih bojnih sredstev z radiološkimi učinki, bodisi v okviru oboroženih spopadov bodisi kot grožnjo z uporabo jedrske sile.

Nenamerna nesreča ali incident

Izpostavljenost prebivalstva, zaposlenih in okolja ob jedrski ali radiološki nesreči ali incidentu, vključno z dolgoročnimi posledicami, zajema širok spekter dogodkov, ki se lahko pojavijo v:

- jedrskih objektih,
- pri prevozu jedrskih materialov,
- primerih izgubljenih virov sevanja,
- pri ponovnem vstopu satelitov z radioaktivnimi viri v atmosfero,
- drugih situacijah, ki vključujejo nenadzorovano in nenamerno izpostavljenost ali razpršitev radioaktivnih snovi.

Vpliv takšnih dogodkov na prebivalstvo se lahko razteza od lokalnega do globalnega obsega – od manjših, lokalno omejenih incidentov (npr. izgubljeni radioaktivni vir) do obsežnih nesreč z mednarodnimi posledicami. Posledice tovrstnih dogodkov niso omejene zgolj na vpliv na zdravje posameznikov ali skupin, temveč lahko pomembno vplivajo tudi na okolje, gospodarstvo, družbeno življenje in bivalne pogoje širše skupnosti. Časovne razsežnosti takšnih izrednih razmer se lahko raztezajo od nekaj ur ali dni do več desetletij oziroma še dlje.

Pri nenamernih jedrskih in radioloških nesrečah je ključno, da sistemi kriznega upravljanja vključujejo tako tehnične kot tudi zdravstvene in okoljske odzivne mehanizme. To obsega vzpostavitev zaščitnih pasov, spremljanje radioaktivnosti,

evakuacijo prebivalstva, dekontaminacijo, varno ravnanje z onesnaženim materialom in spremljanje zdravja prizadetih oseb. Posebno pozornost je treba nameniti tudi komunikaciji z javnostjo, saj lahko pravočasno, jasno in znanstveno utemeljeno obveščanje bistveno izboljša odziv javnosti in zmanjša negativni psihološki in gospodarski vpliv nesreče.

Na mednarodni ravni takšne dogodke spremljajo in usklajujejo organizacije, kot sta IAEA, ki prek sistema Convention on Early Notification of a Nuclear Accident omogoča hitro izmenjavo informacij med državami, in Mehanizem civilne zaščite Evropske unije (EU Civil Protection Mechanism), ki zagotavlja tehnično pomoč, usklajevanje odziva in skupne vaje za izboljšanje pripravljenosti. Ti mehanizmi so ključni za zagotavljanje hitrega, strokovno utemeljenega in čezmejno usklajenega odziva v primeru nenamernih jedrskih ali radioloških nesreč.

Tabelela 1: Nenamerna nesreča ali incident: Izvor, vpliv, posledice, razsežnosti in primeri

Kategorija izredne razmere	Nenamerna nesreča ali incident
Izvor/Opis	Dogodki, pri katerih zaradi nenamerne, naravnega ali kaskadnega vzroka pride do nenadzorovane izpostavljenosti ljudi, okolja ali premoženja radioaktivnim snovem oziroma do njihove nenadzorovane razpršitve.
Obseg vpliva	Vpliv dogodka se lahko razteza od lokalne do globalne ravni.
Vrste posledic	Zdravstvene (akutne in kronične), okoljske in ekonomske, socialne in psihološke posledice.
Časovne razsežnosti	Od nekaj ur ali dni do desetletij ali dlje.
Značilni primeri	Jedrski objekti (jedrska elektrarna Černobil) ¹ , Fukushima Daiichi ² ; prevoz jedrskih materialov (Tennessee 2018) ³ ; vojaške operacije (Palomares, Španija) ⁴ ; izgubljeni viri sevanja (Goiânia, Brazilija) ⁵ , ponovni vstop satelitov z radioaktivnimi viri v atmosfero (SNAP-A) ⁶

Vir: Lastna izdelava

Tabela 2: Izbrani primeri nenamernih jedrskih in radioloških izrednih dogodkov

Izbrani primeri nenamernih jedrskih in radioloških izrednih dogodkov

¹**Černobilska nesreča**, ki se je zgodila 26. aprila 1986 v reaktorju št. 4 jedrske elektrarne Černobil, Ukrajina, v takratni Sovjetski Zvezi (ZSSR), je po ocenah IAEA in UNSCEAR najhujša jedrska nesreča v zgodovini civilne rabe jedrske energije. Zaradi dviga moči reaktorja med obremenitvenim testom je prišlo do eksplozije in požara, kar je povzročilo popolno uničenje reaktorja in izpust približno 5–10 % radioaktivnega inventarja v ozračje. Kontaminirana so bila obsežna območja Ukrajine, Belorusije in Rusije. Po podatkih Černobilskega foruma ZN (2006) je bilo zaradi sevanja oziroma radiacijske bolezni neposredno manj kot 50 smrtnih žrtev, medtem ko je bilo med otroki zabeleženih več tisoč primerov raka ščitnice. Radioaktivni izpusti iz Černobila so se zaradi vremenskih razmer razširili prek večjega dela Evrope, kjer so bile izmerjene povišane ravni sevanja, predvsem v Skandinaviji, Srednji in Vzhodni Evropi. V številnih državah so bili uvedeni ukrepi za zaščito prebivalstva, med njimi distribucija jodovih tablet za zaščito ščitnice, prepoved uživanja kontaminiranega mleka, zelenjave in mesa ter omejevanje prometa in izvoza kmetijskih izdelkov z najbolj prizadetih območij. Ti ukrepi so predstavljali enega prvih primerov usklajenega čezmejnega odziva na jedrsko nesrečo v Evropi in so pozneje služili kot temelj za oblikovanje evropskih standardov radiološke zaščite in kriznega upravljanja. Nesreča je povzročila tudi hude socialne, psihološke in gospodarske posledice ter vodila k vzpostavitvi novih mednarodnih varnostnih standardov IAEA in Konvencije o zgodnjem obveščanju o jedrskih nesrečah (1986) (Dubreuil idr., 1999; Friedman, 2011; Havenaar idr., 2003; Peters, 1992; Sjöberg & Drott, 1987).

²Leta 2011 sta Japonsko prizadela potres in posledični cunami, ki je uničil hladilne sisteme v jedrski elektrarni **Fukushima Daiichi**, kar je povzročilo taljenje gorivnih sredic v treh reaktorjih in izpuste radioaktivnih snovi v okolje. Dogodek je bil razvrščen na 7. stopnjo lestvice INES, enako kot nesreča v Černobilu. Posledice so vključevale evakuacijo več kot 160.000 prebivalcev, kontaminacijo tal, vode in pridelkov ter dolgotrajne psihološke, ekonomske in družbene vplive na lokalne skupnosti. Nesreča je razkrila pomanjkljivosti v načrtovanju zaščite pred naravnimi nesrečami, v komunikaciji z javnostjo in kriznem upravljanju, kar je spodbudilo obsežno prenovu mednarodnih standardov jedrske varnosti in pripravljenosti na izredne razmere pod okriljem IAEA. Evropska unija se je na nesrečo neposredno odzvala z izvedbo stresnih testov vseh jedrskih elektrarn v državah članicah, ki jih je koordinirala Evropska skupina regulatorjev za jedrsko varnost (ENSREG). Ti testi so preverili odpornosti elektrarn na izredne zunanje dogodke – med drugim na potrese, poplave in izpade električne energije – ter privedli do novega nabora varnostnih zahtev in ukrepov, namenjenih povečanju jedrske varnosti in odpornosti v Evropi (IAEA, 2011), (IAEA, 2015), (HERCA, 2012).

³Leta 2018 je v ameriški zvezni državi Tennessee prišlo do **prometne nesreče tovornjaka**, ki je prevažal izrabljene gorivne elemente iz raziskovalnega reaktorja Oak Ridge. Vozilo se je prevrnilo, vendar ni prišlo do poškodbe zaščitne posode, niti do izpusta radioaktivnosti. Kljub temu je bil aktiviran državni in zvezni sistem kriznega upravljanja, vključno z agencijami DOE, NRC in FEMA, ki so izvedle usklajeno oceno tveganja, radiološke meritve in obveščanje javnosti. Dogodek je pokazal, da so pripravljeni načrti za odzivanje in učinkovito krizno komuniciranje ključni za preprečevanje panike in vzdrževanje zaupanja javnosti tudi v primerih brez dejanske kontaminacije.

Primer Tennessee 2018 je bil pozneje naveden v poročilih IAEA kot dober primer prakse kriznega odzivanja pri transportu jedrskih materialov. (IAEA, 2020)

⁴Nesreča v Palomaresu leta 1966 je bila ena najresnejših jedrskih nesreč v zgodovini hladne vojne, saj je ameriški bombnik B-52G, oborožen s štirimi termonuklearnimi bombami, nad Španijo trčil z letalom za dolivanje goriva. Dve bombi sta ob padcu sprožili konvencionalna eksploziva, kar je povzročilo razpršitev plutonija in kontaminacijo več kvadratnih kilometrov ozemlja, tretjo bombo so našli razmeroma nepoškodovano v rečni strugi, četrto bombo pa po dolgotrajnem iskanju v morju. Dogodek je razkril tveganja stalnega premeščanja jedrskega orožja v okviru operacij in sprožil politične ukrepe, med drugim prepoved preletov ameriških letal z jedrskim orožjem nad Španijo. Kljub obsežni sanaciji so posledice radioaktivne kontaminacije trajale še desetletja, s čimer je Palomares postal simbol nevarnosti nenadzorovanega ravnanja z jedrskim orožjem. (D. Stiles, 2006)

⁵Nesreča v Goiânii, Brazilija, leta 1987 je po podatkih IAEA ena najhujših radioloških nesreč, ki ni bila povezana z jedrskimi elektrarnami. Dogodek se je zgodil, ko sta dva zbiralca odpadnih kovin v zapuščeni onkološki kliniki našla in razstavila obsevalni aparat z virom cezija-137 (Cs-137), namenjenega medicinskemu obsevanju. Vir je vseboval približno 50,9 terabekra (TBq) aktivnosti in je bil zaprt v kapsuli iz kloridnega cezija v obliki modrega praška, ki je zaradi svoje svetleče barve pritegnil pozornost in bil razdeljen med več ljudi. Posledično je prišlo do kontaminacije več stanovanjskih območij, štirih smrtnih žrtev in več kot 250 kontaminiranih oseb, od tega jih je približno 50 potrebovalo bolnišnično zdravljenje zaradi akutnega sevalnega sindroma. Po IAEA (1988) je bilo v okolje razpršenih okoli 19 gramov radioaktivnega cezijevega klorida, kar je povzročilo kontaminacijo več kot 85 hiš in velike količine tal, predmetov in gradbenih materialov. Sanacija je vključevala dekontaminacijo območja in odstranitev več kot 3.500 kubičnih metrov radioaktivnih odpadkov. Nesreča je spodbudila IAEA k pripravi novih smernic za varno ravnanje z zapuščenimi in neprijavljenimi radioaktivnimi viri, kar je pozneje postalo temelj globalnih standardov za preprečevanje tovrstnih dogodkov. (IAEA, 1988)

⁶Dogodek SNAP-9A (Systems for Nuclear Auxiliary Power) iz leta 1964 je predstavljal prve večje izredne razmere, povezane s ponovnim vstopom satelita, ki je vseboval radioaktivni vir, v atmosfero. Satelit Transit 5BN-3 ameriške mornarice, opremljen z radioizotopnim termoelektričnim generatorjem (RTG – Radioisotope Thermoelectric Generator), ki je kot vir toplote uporabljal plutonij-238 (Pu-238), je zaradi okvare raketne padel nazaj v atmosfero in zgorel, pri čemer se je sprostilo približno za 1 kilogram plutonija. Po podatkih IAEA in Znanstvenega odbora Združenih narodov za učinke atomske radiacije (UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) se je radioaktivni material razširil po severni polobli, neposrednih zdravstvenih posledic pa niso zaznali. Dogodek je sprožil razvoj mednarodnih varnostnih standardov za uporabo jedrskih virov v vesolju, kar je privedlo do oblikovanja smernic IAEA, Safety Framework for Nuclear Power Sources in Outer Space (2009), in uvedbe strožjih varnostnih zahtev za prihodnje vesoljske misije (IAEA, 2009).

Namerna oziroma zlonamerna dejanja

Namerne oziroma zlonamerne jedrske in radiološke dogodke predstavljajo situacije, v katerih se radioaktivni materiali uporabijo z namenom povzročiti škodo ljudem, okolju ali družbi. Med najpogostejše oblike sodijo improvizirane jedrske eksplozivne naprave (IND), radiološke razpršilne naprave (RDD) ali t. i. »umazane bombe«, radiološke izpostavitvene naprave (RED) in sabotaže ali kibernetiski napadi na jedrske objekte. Takšna dejanja so lahko posledica terorističnih namer, kriminalnih dejavnosti ali oboroženih konfliktov, njihovi učinki pa sežejo daleč preko neposrednih radioloških posledic. Čeprav se pričakovane stopnje kontaminacije in neposredne zdravstvene posledice (z izjemo improviziranih jedrskih eksplozivnih naprav) običajno ocenjujejo kot relativno nizke, pa so psihološke, družbene in gospodarske posledice takšnih dejanj primerljive z obsežnimi jedrskimi nesrečami. Destabilizacija, strah, negotovost, stres, izguba zaupanja v institucije ter dolgoročni vplivi na lokalno gospodarstvo in okolje lahko povzročijo širšo destabilizacijo skupnosti kot pa sam fizični vpliv sevanja.

V kriznem upravljanju teh dogodkov ima ključno vlogo zgodnje zaznavanje in preprečevanje zlorabe radioaktivnih virov, kar zahteva učinkovite sisteme fizične zaščite, sledenja in nadzora nad radioaktivnimi materiali, vključno z mednarodnim nadzorom nad prometom jedrskih snovi. V primeru napada ali grožnje je nujna hitro vzpostavljena koordinacija med varnostnimi in obveščevalnimi službami, zdravstvenimi organi, civilno zaščito in znanstvenimi institucijami, saj se tehnični odziv prepleta z varnostnimi in obveščevalnimi vidiki.

Pomemben del kriznega upravljanja predstavljata tudi komunikacija z javnostjo in nadzor nad širjenjem lažnih informacij, saj lahko napačne ali nepreverjene informacije sprožijo večjo škodo kot sam dogodek.

Mednarodno sodelovanje je pri tovrstnih dogodkih nepogrešljivo. Mednarodna agencija za jedrsko energijo (IAEA) ima osrednjo vlogo pri preprečevanju zlonamerne uporabe radioaktivnih snovi prek programov, kot sta Nuclear Security Series in Incident and Trafficking Database (ITDB), ki omogočata izmenjavo informacij o sumljivih dejavnostih in izgubljenih virih. Dodatno pa Interpol, Europol in EU CBRN Action Plan krepijo medsebojno sodelovanje držav pri preprečevanju radioloških terorističnih groženj in odzivanju nanje ter pri izgradnji zmogljivosti za jedrsko forenziko, dekontaminacijo in psihosocialno podporo prebivalstvu.

Tabela 3: Namerno oziroma zlonamerno dejanje: Izvor, vpliv, posledice, razsežnosti in primeri

Kategorija izredne razmere	Namerno oziroma zlonamerno dejanje
Izvor/Opis	Namerno povzročena izpostavljenost ali kontaminacija z uporabo radioaktivnih snovi ali napadom na jedrske objekte.
Obseg vpliva	Lokalni do regionalni vpliv (možen je širši družbeni učinek).
Vrste posledic	Nizke do zmerne ravni kontaminacije; omejeni zdravstveni učinki; močan psihološki, družbeni in gospodarski vpliv (strah, panika, izguba zaupanja).
Časovne razsežnosti	Kratkoročni (akutni) in dolgoročni (družbeni, gospodarski in okoljski) učinki.
Značilni primeri	Radiološke izpostavitve (RED, primer Litvinenko, 2006) ¹ ; sabotaža jedrskega objekta in notranja grožnja; (primer Doel, Belgija, 2014) ² ; fizični napad ali zavzetje jedrskega objekta (primer v Španiji, 1978–1982) ³ ; kibernetski napad na sisteme, povezane z upravljanjem jedrskega objekta, (primer Natanz, Iran, 2010); ⁴ improvizirane jedrske naprave (IND); radiološke razpršilne naprave (RDD – »umazane bombe«).

Vir: Lastna izdelava

Tabela 4: Izbrani primeri namernih in zlonamernih dejanj

Izbrani primeri namernih in zlonamernih dejanj
¹ Primer Aleksandra Litvinenka, nekdanjega agenta ruskih varnostnih služb (FSB), ki je novembra 2006 umrl v Londonu zaradi zastrupitve s polonijem-210 (Po-210), predstavlja enega najznamenitejših primerov namerno povzročene radiološke izpostavljenosti oziroma zastrupitve. Po ugotovitvah IAEA in Britanske agencije za zdravje (HPA) je bil Litvinenko zastrupljen z mikroskopsko količino alfa sevalca, dodano v čaj, kar je povzročilo akutni sevalni sindrom in obsežno kontaminacijo v več london-skih lokacijah. Preiskava je pokazala, da so sledi polonija-210 zaznali tudi v letalih in prostorih v Nemčiji in Rusiji, kar je potrdilo mednarodno razsežnost kontaminacije in potrebo po usklajenem odzivu evropskih in mednarodnih institucij. Dogodek je razkril možnost ciljane uporabe radioaktivnih snovi kot orožja ter poudaril pomen strožjega nadzora in mednarodnega sodelovanja pri sledenju radioaktivnih virov (IAEA, 2006), (HPA, 2007).

² Dne 5. avgusta 2014 je v jedrski elektrarni Doel v Belgiji prišlo do enega najresnejših primerov namernih **sabotaž in notranje grožnje** (grožnja, ki prihaja od zaposlenih, pogodbenih sodelavcev ali drugih oseb, ki imajo dovoljenje za dostop do sistema ali informacij) v evropski jedrski industriji. Neznani storilec je izpustil približno 65.000 litrov olja iz turbinske enote reaktorja Doel 4, kar je povzročilo popolno uničenje turbine, nenadno zaustavitev reaktorja in izgubo skoraj petine nacionalne proizvodnje električne energije za več mesecev. Po ugotovitvah Belgijske zvezne agencije za jedrski nadzor (FANC) in Mednarodne agencije za jedrsko energijo (IAEA) dogodek ni povzročil radioaktivnih izpustov, je pa razkril ranljivost jedrskih objektov v zvezi z notranjimi grožnjami (insider threats), saj je bil dostop do prizadetega sistema omogočen le pooblaščenemu osebju. Kljub obsežni preiskavi storilec nikoli ni bil identificiran, incident pa je imel pomembne posledice za politiko jedrske varnosti v Belgiji in širše v EU. Po dogodku so bili uvedeni strožji postopki preverjanja zaposlenih, okrepljeni varnostni nadzori in dodatno usposabljanje osebja. Primer Doel 4 danes služi kot referenčni primer v smernicah IAEA in OECD/NEA na področju preprečevanja notranjih groženj in krepitev jedrske varnostne kulture (ang. *nuclear security culture*) (Latré, E., 2022), (OECD, 2017).

³ Leta 1978 so baskovski aktivisti organizacije ETA v Španiji postavili in razstrelili **bombo v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne** Lemoniz, ki je bila v gradnji. Aktivist – notranji sodelavec – je vnesel eksploziv v objekt in ga postavil v bližini reaktorske posode, kar je povzročilo znatno škodo na primarnem sistemu. Leta 1979 je bila druga bomba postavljena v turbinski dvorani, leta 1981 so ugrabitelji ubili vodjo elektrarne, leta 1982 pa še glavnega projektnega inženirja. Projekt elektrarne z dvema enotama je bil nato opuščen (Itziar Reguero Sanz, 2022).

⁴ Primer **kibernetskega napada na jedrski objekt** je dogodek z zlonamernim računalniškim virusom Stuxnet, odkrit leta 2010, ki je bil usmerjen proti iranskemu jedrskemu programu. Virus je bil izjemno sofisticiran in zasnovan za napad na industrijske nadzorne sisteme (SCADA), ki so jih uporabljali pri jedrski centrifugi v obratu Natanz. Deloval je tako, da je spreminjal hitrost centrifug, hkrati pa prikazoval lažne podatke operaterjem, kar je povzročilo fizično okvaro opreme, ne da bi bil napad takoj zaznan. Stuxnet je pomenil prelomnico v zgodovini kibernetske varnosti, saj je pokazal, da lahko kibernetski napad povzroči dejanske fizične posledice v jedrskem objektu. Dogodek je sprožil globalno razpravo o ranljivosti kritične infrastrukture, o potrebi po krepitevi kibernetske zaščite jedrskih sistemov ter o vlogi mednarodnih smernic in nadzora (IAEA, 2016), (Zetter K., 2014).

Vir: Lastna izdelava

Vojaške jedrske in radiološke izredne razmere

Vojaške jedrske in radiološke izredne razmere zajemajo dogodke, povezane z uporabo in testiranjem, v katerih so vključena jedrska orožja ali drugi radioaktivni materiali v vojaškem kontekstu. Sem sodijo uporaba jedrskega orožja v oboro-

ženih spopadih, nesreče pri skladiščenju, transportu ali rokovanju z vojaškimi jedrskimi materiali, testiranja jedrskih orožij ter fizični ali kibernetiski napadi na objekte, v katerih hranijo jedrske in radiološke snovi. Takšni dogodki imajo lahko katastrofalne posledice za prebivalstvo, okolje in mednarodno varnost, saj povzročijo množično kontaminacijo, dolgotrajne zdravstvene učinke in trajno degradacijo okolja.

Mednarodno humanitarno pravo, zlasti Ženevske konvencije in njihovi dodatni protokoli, izrecno prepovedujejo napade na strateške objekte, kot so jedrske elektrarne, raziskovalni reaktorji in objekti za shranjevanje jedrskih materialov, kadar bi takšni napadi lahko povzročili sprostitve nevarnih snovi ali obsežno kontaminacijo. Kljub temu so v sodobnih konfliktih ti objekti pogosto izpostavljeni tveganju vojaških napadov, sabotaž in kibernetiskih groženj, kar predstavlja resno kršitev mednarodnega prava in zahteva okrepljeno vlogo mednarodnih organizacij pri njihovem nadzoru in zaščiti (Joyner, D. H., 2009).

Člen 56 Dopolnilnega protokola I k Ženevskim konvencijam iz leta 1977 predstavlja enega najpomembnejših pravnih temeljev varstva civilnega prebivalstva v primeru oboroženih spopadov, ki vključujejo objekte z nevarnimi snovmi oziroma elementi, kot so jedrske elektrarne, jezovi in nasipi. Namen tega določila je preprečiti katastrofalne sekundarne učinke napadov na takšne objekte, ki bi lahko povzročili sproščanje radioaktivnosti, poplave ali druge oblike množičnega uničenja, z neposrednimi in dolgoročnimi vplivi na zdravje ljudi, okolje in gospodarsko infrastrukturo. V kontekstu jedrskih objektov člen 56 izpostavlja, da jedrske elektrarne ne smejo biti predmet napadov, tudi kadar imajo vojaško strateško vrednost, če bi napad lahko povzročil sproščanje nevarnih snovi in s tem hude izgube med civilnim prebivalstvom. S tem se krepi načelo sorazmernosti in diskriminacije ciljev, ki je temelj mednarodnega humanitarnega prava (ICRC, 1977).

Aktualni konflikti, kot je vojna v Ukrajini (2022–2025), so ponovno opozorili na pomen tega člena. Oboroženi spopadi v bližini jedrske elektrarne Zaporožje, največje v Evropi, so povzročili resno zaskrbljenost IAEA in OZN, saj ogrožajo jedrsko varnost in pomenijo potencialno kršitev člena 56. Tovrstne razmere poudarjajo potrebo po operativnih mehanizmih za nadzor in uveljavljanje zaščite jedrskih objektov ter po krepitvi mednarodnih instrumentov, ki bi omogočili hitrejša odzivanje in zaščito civilistov v primerih, ko so jedrski ali radiološki viri ogroženi (IAEA, 2022), (UN, 2022).

Med konfliktom junija 2025 sta Izrael in ZDA bombardirala tri ključne iranske jedrske lokacije – Fordov, Natanz in Isfahan – z »bunker buster« bombami in raketami Tomahawk, v okviru operacije, ki so jo ZDA poimenovala Operation Midnight Hammer. Izraelski napadi so se začeli že 13. junija, ZDA pa so se akciji pridružile 22. junija. Po navedbah Reutersa so bili objekti, ki so bili tarče,

del iranskega deklariranega jedrskega programa in so bili pod nadzorom IAEA. Ta dogodek predstavlja sodoben primer vojaškega napada na objekte, ki lahko sprožijo jedrske nevarnosti, kar neposredno izziva načela mednarodnega humanitarnega prava, kot je člen 56 Dopolnilnega protokola I, ki prepoveduje napade na objekte, ki vsebujejo nevarne snovi, kadar ti napadi lahko povzročijo hude izgube med civilnim prebivalstvom (Arms Control Association, 2025).

V kriznem upravljanju tovrstnih razmer so ključni diplomatski, tehnični, vojaški in humanitarni odzivi, ki morajo biti medsebojno usklajeni. Poleg zaščite civilnega prebivalstva in omejevanja širjenja kontaminacije ti odzivi vključujejo tudi zagotavljanje varnosti reševalnih enot, obnavljanje kritične infrastrukture, dekontaminacijo ter spremljanje zdravstvenih in psiholoških posledic. Največji izziv kriznega upravljanja v takšnih razmerah je dejstvo, da so motene ključne funkcije kritične infrastrukture – komunikacija, oskrba, energetika in zdravstvo – ter da je celotna družba izpostavljena izjemnemu stresu, kar močno otežuje učinkovito odzivanje in koordinacijo.

V primeru napada z jedrskim orožjem je bistveno, da so odzivni mehanizmi zasnovani na načelih pripravljenosti, zaščite in hitre mobilizacije virov. Po priporočilih Mednarodne komisije za zaščito pred sevanji (ICRP) in IAEA vključuje odziv med drugim iskanje zaklonišč, zaščito dihal, preprečevanje zaužitja kontaminirane hrane in vode, hitro evakuacijo z radioaktivnih območij in zdravstveno oskrbo poškodovanih. Prav tako je poudarjena potreba po usposabljanju prvega odziva za delovanje v razmerah radioaktivne kontaminacije ter vzpostavitev čezmejnih mehanizmov za pomoč in izmenjavo informacij, saj posledice jedrskega napada presegajo nacionalne okvire.

Pomembno vlogo pri mednarodnem odzivu imajo OZN, IAEA, WHO in druge organizacije, ki zagotavljajo tehnično in humanitarno podporo, nadzor nad radioaktivnostjo in pomoč prizadetim državam. Sočasno Pogodba o neširjenju jedrskega orožja (NPT) in Pogodba o celoviti prepovedi jedrskih poskusov (CTBT) ostajata temeljna instrumenta za zmanjševanje tveganj, povezanih z vojaško uporabo jedrskih tehnologij, ter za krepitev globalne jedrske varnosti.

Tabela 5: Vojaške jedrske in radiološke izredne razmere: Izvor, vpliv, posledice, razsežnosti in primeri

Kategorija	Vojaške jedrske in radiološke izredne razmere
Izvor/Opis	Uporaba ali prisotnost jedrskih in radioloških materialov ter naprav v vojaških operacijah ali hibridnih konfliktih, ki lahko povzročijo obsežne varnostne, humanitarne in okoljske posledice.
Obseg vpliva	Lokalni do mednarodni obseg – od omejenih območij (bojišča, mesta) do širših posledic ob jedrski eksploziji ali razpršitvi materiala.
Vrste posledic	Biološki učinki ionizirajočega sevanja (akutni sevalni sindrom pri visokih dozah). Dolgotrajne zdravstvene posledice (rak, kronične bolezni). Kemična in toksična tveganja pri uporabi urana (težke kovine). Psihosocialni učinki, migracije, gospodarska škoda. Okoljske posledice: kontaminacija tal, vode, biotskih verig.
Časovne razsežnosti	Od neposrednih (ure, dnevi), ob eksplozivnih dogodkih, do desetletij ali več pri sanaciji in zdravstvenih posledicah; učinki lahko trajajo desetletja.
Značilni primeri	Osiromašeni uran (uporaba v municiji, kontaminacija bojišč, primer Kosovo).¹ Jedrske bombe in jedrsko orožje (zgodovinski primeri uporabe in testi, primer Semipalatinsk, Kazahstan).² Radiološki viri, uporabljeni kot orožje (RDD, RED), primer radiološke razpršilne naprave v Moskvi, 1995.³

Vir: Lastna izdelava

Tabela 6: Izbrani primeri vojaških jedrskih in radioloških izrednih razmer

Izbrani primeri vojaških jedrskih in radioloških izrednih razmer
¹Osiromašeni uran (DU – depleted uranium), stranski produkt obogatitve urana, se zaradi visoke gostote in prodorne moči uporablja v vojaškem protiklepnem strelivu. Med vojaško intervencijo zveze NATO v Jugoslaviji leta 1999 je bilo na Kosovu po ocenah IAEA in Programa Združenih narodov za okolje (UNEP) izstreljenih približno 10 ton DU-streliva, kar je povzročilo lokalno kontaminacijo tal, prahu in vode. Čeprav meritve niso pokazale neposrednih zdravstvenih učinkov, so bila izpostavljena območja dolgotrajno okoljsko obremenjena, zlasti zaradi aerosolov uranovega oksida, ki lahko vstopajo v dihalne poti in prehransko verigo. UNEP in IAEA sta v poročilih priporočila čiščenje kontaminiranih območij, spremljanje zdravja prebivalstva in transparentno komuniciranje o tveganjih, primer Kosovo pa je postal izhodišče za oblikovanje mednarodnih smernic o ravnanju ob bojiščni kontaminaciji z osiromašenim uranom (United Nations Environment Programme, 2000).

² Na jedrskem poligonu v Kazahstanu je Sovjetska zveza med letoma 1949 in 1989 izvedla več kot 450 **jedrskih poskusov**, od katerih je bil prvi, RDS-1, izveden 29. avgusta 1949 kot del začetka sovjetskega jedrskega programa. Testiranja so vključevala atmosferske, površinske in podzemne eksplozije, ki so povzročile obsežno radioaktivno kontaminacijo in hude zdravstvene posledice pri lokalnem prebivalstvu, vključno s povečano pojavnostjo raka, prirojenih napak in genetskih motenj. Po ocenah IAEA, WHO in UNSCEAR je to območje še danes med najbolj kontaminiranimi na svetu. Leta 1991 je Kazahstan poligon uradno zaprl in postal pomemben pobudnik mednarodne prepovedi jedrskih poskusov (CTBT), s čimer se je iz žrtve jedrskih testov preobrazil v simbol razorožitve in miroljubne uporabe jedrske energije (IAEA, 1998), (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (2000).

³Leta 1995 so čečenski uporniki v moskovskem parku namestili **radiološko razpršilno napravo** (RDD) z virom cezija-137, pritrdjenim na eksploziv, in javno razkrili lokacijo naprave – dogodek se ni končal z eksplozijo, vendar velja za prvi znani primer grožnje z uporabo radiološkega orožja v urbanem okolju, ki je opozoril na realno možnost radiološkega terorizma in spodbudil razvoj mednarodnih varnostnih standardov za nadzor radioaktivnih virov. (IAEA, 2006), (United Nations Office on Drugs and Crime, 2008)

Vir: Lastna izdelava

Upravljanje jedrskih ali radioloških izrednih razmer

Zaščita pred sevanji

Učinkovito upravljanje jedrskih ali radioloških izrednih razmer temelji na načelih zaščite pred sevanji, kot jih določa Mednarodna komisija za radiološko varstvo (ICRP). Ta načela – upravičenost, optimizacija in omejevanje izpostavljenosti – predstavljajo etično in strokovno podlago za odločanje o zaščitnih ukrepih ter za vzpostavitev ravnotežja med zdravstvenimi, družbenimi in gospodarskimi vidiki kriznega odziva (International Commission on Radiological Protection, 2007), (IAEA, 2015).

- Upravičenost (ang. *justification*) – noben ukrep ali dejavnost, ki povzroča izpostavljenost sevanju, se ne sme izvajati, če ne prinaša več koristi kot škode.
- Optimizacija (ang. *optimization*) – izpostavljenost je treba vzdrževati na čim nižji razumni ravni (načelo ALARA – As Low As Reasonably Achievable), ob upoštevanju ekonomskih in družbenih dejavnikov.

- Omejevanje odmerkov (ang. *dose limitation*) – skupni odmerek oziroma izpostavljenost posameznika ne sme preseči določenih mejnih vrednosti, ki zagotavljajo sprejemljivo raven tveganja.

Slika 1: Načela zaščite pred sevanji



Vir: Lastna izdelava s pomočjo ChatGPT, OpenAI, 2025

Ta načela se uporabljajo ne le pri odločanju o zaščitnih ukrepih za prebivalstvo, temveč tudi pri zagotavljanju varnosti reševalcev in drugih prvih posredovalcev, ki so lahko izpostavljeni sevanju med izvajanjem svojih nalog (IAEA, 2006).

Varstvo pred sevanji je neločljiv del celovitega kriznega upravljanja v primerih jedrskih in radioloških izrednih razmer. Sistem vključuje pet medsebojno povezanih faz: oceno tveganja, načrtovanje ukrepov, odziv, sanacijo (obnovo) in evalvacijo. Vsaka faza vključuje jasno opredeljene zaščitne ukrepe, katerih glavni cilj je varovati prebivalstvo, okolje in premoženje pred radiološkimi tveganji (IAEA, 2006) ter ohraniti ravnovesje med varnostjo in družbenim delovanjem. Pri odločanju o ukrepih je treba upoštevati, da lahko tudi sami ukrepi povzročijo dodatna tveganja in negativne posledice. Na primer, odločitev za evakuacijo zaradi sevanja lahko prebivalce izpostavi drugim nevarnostim – prometnim nesrečam, zdravstvenemu stresu pri bolnikih in oskrbovancih domov za ostarele, psihološki obremenitvi zaradi ločitve od doma ter gospodarskim izgubam zaradi prekinitve dela in zapustitve živali na kmetijah. Zato morajo biti zaščitni ukrepi vedno upravičeni, etični, sorazmerni in optimizirani glede na celotno tveganje, ki ga prinašajo, ter glede na njihove kratkoročne in dolgoročne posledice za posameznika in družbo. Medsebojna odvisnost med radiološko in družbeno-politično-gospodarsko oceno je tako ključnega pomena za izbiro ustreznih ukrepov.

Ukrepi za zaščito prebivalstva v primeru izpostavljenosti sevanju so lahko različni, vendar vsi temeljijo na treh osnovnih akcijah: zmanjšanju časa izpostavljenosti, povečanju razdalje od vira sevanja in uporabi zaščite.

Ti ukrepi pa pogosto niso zadostni, zato se izvajajo tudi dodatni zaščitni ukrepi. Na primer, za zaščito ščitnice pred radioaktivnim jodom ($I-131$), ki se lahko sprosti med jedrskimi nesrečami ali eksplozijami, se uporablja kalijev jodid (KI). Če se zaužije ob pravem času, kalijev jodid nasiči ščitnico s stabilnim jodom in s tem prepreči absorpcijo škodljivega radioaktivnega joda, kar zmanjša tveganje za nastanek raka ščitnice in drugih bolezni, povezanih z izpostavljenostjo sevanju (van Deventer idr., 2012).

Nekateri možni zaščitni ukrepi so prikazani v preglednici v nadaljevanju. Potrebno pa je poudariti, da doza sevanja², za katero je predviden določen zaščitni ukrep, predstavlja prag, pri katerem se priporoča izvedba ukrepa za zmanjšanje izpostavljenosti. Odločitev o dejanski izvedbi tega ukrepa pa ni izključno radiološka, temveč je odvisna tudi od širših družbenih, političnih in ekonomskih dejavnikov, kot so izvedljivost ukrepa, število prizadetih oseb, razpoložljiva sredstva in družbeni vplivi sprejetih odločitev (Oughton & al., 2018; Rojas-Palma idr., 2009).

Tabela 7: Predvideni zaščitni ukrepi v primeru dogodka z radioaktivno snovjo

Faza odziva	Izbrani ukrepi	Doza sevanja, za katero je predviden določen ukrep (ICRP, 26/2005)
Pred izpustom oziroma razpršitvijo radioaktivnosti	Preventivna distribucija stabilnega joda (jodna profilaksa); (preventivna) evakuacija .	Jodna profilaksa (če je prisoten radioaktiven jod), 100 mSv (učinkovnega odmerka) v enem tednu.
Takojšnja faza (po razpršitvi radioaktivnosti)	Razvrščanje poškodovanih (triaža) glede na resnost poškodb in stopnjo izpostavljenosti sevanju, nujna zdravstvena oskrba, spremljanje vitalnih funkcij ter začetek zdravljenja akutnih poškodb in sevalnih učinkov.	Odmerek še ni določen; predpostavljena možna visoka izpostavljenost – uporaba popolne zaščitne opreme in omejen čas izpostavljenosti (Rojas-Palma idr., 2009).

2 Odvrtljivi odmerek or »avertable dose« je odmerek ionizirajočega sevanja, ki bi ga bilo mogoče preprečiti ali zmanjšati z izvedbo ustreznih zaščitnih ukrepov, kot so evakuacija, zavetje ali jodna profilaksa. Odvrtljivi odmerek se ne meri neposredno, temveč se izračuna kot razlika med dvema ocenama izpostavljenosti: odmerek, ki bi ga posameznik prejel brez zaščitnega ukrepa, in odmerek, ki bi ga posameznik prejel po izvedbi ukrepa. (IAEA, 2015)

Zgodnja faza (kontaminirana atmosfera)	Evakuacija; zavetje v notranjih prostorih; uporaba stabilnega joda; dekontaminacija prebivalstva vključuje ukrepe za odstranitev radioaktivne kontaminacije s kože, las in oblačil, kot so temeljito tuširanje, zamenjava kontaminiranih oblačil s čistimi ter po potrebi zdravstveni pregled in meritev radioaktivnosti na telesu. Zaščitni ukrepi v kmetijstvu vključujejo ukrepe, kot so prepoved paše na odprtih površinah, omejevanje uporabe lokalno pridelane krme, začasna prepoved uživanja kontaminiranih pridelkov ter ukrepi za dekontaminacijo tal in živali.	Zavetje (ang. <i>sheltering</i>), 10 mSv (učinkovni odmerek) ³ v dveh dneh.
Vmesna faza (postopno zmanjševanje kontaminacije površin in vegetacije)	Evakuacija prebivalcev; trajni nadzor hrane (IAEA, 1994); omejitev uživanja določenih prehranskih izdelkov za konzumacijo. Meritve radionuklidov v telesu – določanje notranje kontaminacije in ocena prejetega odmerka sevanja.	Začasna evakuacija, 50 mSv (učinkovnega odmerka) v enem tednu. Omejitev uživanja (kontaminirane hrane in vode), 10 mSv (učinkovnega odmerka) v prvem letu.
Pozna faza (dolgotrajna kontaminacija ljudi in okolja)	Preselitev prebivalcev; nadzor hrane; dekontaminacija; sanacija okolja; omejitve konzumiranja ali uporabe določenih izdelkov ; spremembe življenjskega sloga; zdravstveno spremljanje izpostavljenih posameznikov ali skupin.	Preselitev (trajna ali daljša premestitev), 1000 mSv skupnega ali 100 mSv (učinkovnega odmerka) v prvem letu.

Vir: Lastna izdelava

- 3 Učinkovni odmerek (ang. *effective dose*) je mera za biološki učinek ionizirajočega sevanja na človeško telo, ki upošteva vrsto sevanja in občutljivost posameznih organov in tkiv. Enota sivert (Sv) omogoča primerjavo celotne izpostavljenosti in oceno tveganja za škodljive učinke (npr. raka), (Republika Slovenija, Ministrstvo za zdravje. (2019). Pravilnik o sevalni dejavnosti in uporabi virov sevanja (Uradni list RS, št. 76/19). Ljubljana: Ministrstvo za zdravje; International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103). Annals of the ICRP, 37(2–4). Oxford: Elsevier.)

Organizacija kriznega upravljanja v radioloških in jedrskih izrednih razmerah

Krizno upravljanje v radioloških in jedrskih izrednih razmerah zahteva natančno usklajevanje med številnimi institucijami, od državnih organov do operativnih služb, saj takšni dogodki vključujejo zdravstvene, okoljske, tehnične in varnostne razsežnosti. Učinkovit odziv temelji na jasni delitvi pristojnosti, hierarhiji odločanja, zanesljivih komunikacijskih poteh ter koordinaciji med lokalno, nacionalno in mednarodno ravno. Ključno vlogo imajo specializirane enote, kot so mobilne merilne ekipe, zdravstvene ustanove in komunikacijski centri, katerih delovanje mora biti podprto s standardiziranimi postopki in sprotnim pretokom informacij. V nadaljevanju se bo to podpoglavje osredotočalo zlasti na negotovosti in na komuniciranje, saj ravno učinkovito upravljanje negotovosti in jasna, verodostojna komunikacija predstavljata temelj uspešnega odziva v takšnih kriznih razmerah.

Negotovosti v upravljanju izrednih razmer

Radiološke ali jedrske izredne razmere so pogosto zaznamovane z visoko stopnjo negotovosti, ki se pojavlja v vseh fazah odločanja (Fischhoff & Davis, 2014; Rudski idr., 2011). Razvrstimo jih lahko v naslednje kategorije (Hoti idr., 2021):

- Informacijska negotovost – nanaša se na pomanjkanje, omejen dostop do informacij ali na njihovo preobilo, kar otežuje presojanje, katera informacija je ključna ter katerim podatkom in virom je mogoče zaupati.
- Negotovost presoje – izhaja iz potrebe po uravnoteženju različnih možnosti in posledic odločitev.
- Negotovost odločanja – povezana je z izbiro med več možnostmi in določenjem prednostnih ukrepov.
- Izvedbena negotovost – nanaša se na vprašanje, kako sprejete odločitve učinkovito izvesti v praksi.
- Evalvacijska negotovost – izhaja iz spremljanja rezultatov in težav pri ocenjevanju učinkov sprejetih ukrepov.

Analize vaj in dejanskih dogodkov so pokazale, da negotovosti izvirajo iz znanstvenih, tehničnih, organizacijskih, komunikacijskih in družbenih razlogov (Hoti idr., 2021; Perko & Martell, 2020). Najpogostejše so negotovosti, povezane z odločanjem o zaščitnih ukrepih – zlasti glede obsega evakuacij, prioritet pri zaščiti

prebivalstva in ocene resnosti dogodka. Odločevalci se pri tem soočajo z močnim družbenim in političnim pritiskom ter pogosto nepopolnimi ali protislovnimi podatki. Razlika med predvidenimi scenariji in dejanskimi razmerami dodatno otežuje oceno stopnje kontaminacije, števila prizadetih in obsega potrebnih ukrepov. Negotovosti so izrazite tudi v fazi izvajanja zaščitnih ukrepov, kjer se pojavljajo vprašanja o pravočasnosti, logistiki, usmerjanju prebivalstva in razpoložljivih virih. Tehnične negotovosti vključujejo težave pri določanju časa začetka sproščanja radioaktivnih snovi, razlike v uporabljenih merskih enotah, neskladja med modeli razpršitve in težave z zanesljivostjo komunikacijskih sistemov (Perko, 2015). Zelo pogoste so komunikacijske negotovosti, povezane s pomanjkljivimi ali nasprotujočimi si informacijami med institucijami, nejasnimi navodili, jezikovnimi razlikami in težavami pri razumevanju strokovnih izrazov (Perko idr., 2012). Pomemben izziv je tudi tolmačenje kart razpršitve in razumevanje informacij s strani različnih ciljnih skupin – od lokalnih prebivalcev do mednarodnih akterjev in medijev (Nagy idr., 2020). Pri čezmejnih dogodkih se negotovosti povečajo zaradi razlik v zakonodaji, postopkih in odgovornostih posameznih držav. V mnogih primerih obstaja razkorak med uradnimi načrti in dejanskimi zmožnostmi njihove izvedbe. Pogosto sta prisotna tudi pomanjkanje izkušenege osebja ter nezadostna tehnična in organizacijska podpora. Pomemben vidik predstavljajo družbene in vedenjske negotovosti, saj nikoli ni popolnoma jasno, v kolikšni meri bo prebivalstvo priporočila in zaščitne ukrepe upoštevalo (Turcanu idr., 2020). V praksi se izkaže, da so ti ukrepi pogosto težko izvedljivi ali napačno razumljeni (Malesic idr., 2015). Dodatno se pojavljajo etične dileme, povezane z zaščito ranljivih skupin, ločevanjem družin pri evakuaciji, razkrivanjem informacij o žrtvah ter ravnotežjem med varnostjo in zaščito (Turcanu idr., 2020).

Zato je bistveno, da se negotovosti jasno priznajo in pojasnijo – odprta in iskrena komunikacija namreč krepi verodostojnost institucij, omogoča boljše razumevanje tveganj ter spodbuja zaupanje in sodelovanje prebivalstva pri izvajanju zaščitnih ukrepov (Hoti idr., 2020).

Komuniciranje pred jedrskimi ali radiološkimi izrednimi dogodki, med njimi in po njih

Pretekle jedrske in radiološke nesreče so jasno pokazale, da je komuniciranje eden ključnih izzivov pri obvladovanju izrednih razmer (Perko, 2016; Perko, Martell, idr., 2020). V fazi pripravljenosti na izredni dogodek je cilj komunikacijskih dejavnosti povečati ozaveščenost o zaščitnih ukrepih in vključiti različne deležnike v

oblikovanje načrtov odziva. V zgodnji fazi izrednega dogodka učinkovito komuniciranje omogoča boljše razumevanje in sprejemanje zaščitnih ukrepov, v kasnejših fazah pa podpira sanacijske aktivnosti ter olajša postopno vrnitev v normalno življenje (IAEA, 2015; Perko & Martell, 2020).

Tabela 8: Značilnosti komuniciranja o tveganjih in kriznega komuniciranja v različnih fazah dogodka

Komunikacija	Komuniciranje o tveganjih v fazi priprav, okrevanja in saniranja	Krizno komuniciranje v zgodnji fazi med dogodkom
Cilj	Zmanjšati negotovost, ohraniti nadzor nad situacijo, okrepiti informirano (so)odločanje, povečati ozaveščenost ter podpreti pripravljenost, odzivanje in okrevanje.	Zagotoviti pravočasen, informiran in razumen odziv javnosti na krizne razmere.
Kdaj	Dolgoročno komuniciranje.	Časovno kratko obdobje, omejeno na krizo.
Glavni komunikator	Neudeležen, nevtralen glede izida/odločitve.	Neposredno vključen.
(De)centralizacija komuniciranja	Več komunikatorjev (decentralizirana komunikacija).	Omejeno število govorcev (koordinirana komunikacija).
Sporočila/Dialog	Dialog.	Sporočila.
Načini komuniciranja	Dvosmerno (večsmerno) komuniciranje.	(Pogosto) enosmerno komuniciranje.
Časovni okvir	Dolgoročno, z manjšim časovnim pritiskom.	Kratkoročno, s časovnim pritiskom.
Okoliščine	Omejen interes in pozornost.	Velik interes in velika pozornost.

Vir: Lastna izdelava

V jedrskih in radioloških izrednih razmerah se javnost sooča s številnimi vprašanji, na katera mora upravljavec dogodka hitro, jasno in verodostojno odgovoriti (Perko, 2014). Čeprav je skupna značilnost vseh tovrstnih dogodkov potencialna izpostavljenost radioaktivnosti, se narava vprašanj javnosti razlikuje glede na vrsto dogodka, njegov obseg, geografsko prizadetost in zaznano tveganje (Vyncke idr., 2017). Zato mora biti komuniciranje takojšnje, ciljno usmerjeno in prilagojeno specifičnim okoliščinam posameznega dogodka (Perko, 2015).

Tabela 9: Pogosta vprašanja v jedrskih in radioloških izrednih dogodkih

Pogosta vprašanja v jedrskih in radioloških izrednih dogodkih**Takojšni varnostni pomisleki**

Ali sem v nevarnosti?

Katera območja so prizadeta zaradi radioaktivnega izpusta?

Ali naj se evakuiram ali naj ostanem v zaprtem prostoru?

Kako dolgo naj ostanem v zaklonišču ali doma?

Katere ukrepe naj sprejemem za zaščito sebe in svoje družine?

Zdravstveni in medicinski pomisleki

Kakšna so zdravstvena tveganja zaradi izpostavljenosti jodu-131 in ceziju-137?

Kje lahko dobim jodne tablete in kako jih pravilno jemati?

Na katere simptome moram biti pozoren, če sem bil izpostavljen sevanju?

Ali so bolnišnice pripravljene na obravnavo bolezni, povezanih z izpostavljenostjo sevanju?

Ali je varno piti vodo iz pipe ali jesti lokalno pridelano hrano?

Vpliv na okolje

Ali je radioaktivno sevanje onesnažilo zrak, vodo ali tla?

Kako dolgo bo kontaminacija trajala?

Ali bo to vplivalo na kmetijstvo in lokalne prehranske vire?

Kateri ukrepi se izvajajo za omejitev radioaktivnega izpusta?

Uradni ukrepi in odziv

Katere ukrepe izvaja vlada za obvladovanje razmer?

Kdo vodi odziv na izredni dogodek?

Kako pogosto bodo objavljene posodobitve in kje lahko dobim zanesljive informacije?

Ali bo odrejena evakuacija in kam se morajo evakuirani odpraviti?

Dolgoročni pomisleki

Kako bo ta nesreča vplivala na vrednost nepremičnin in poslovanje na prizadetem območju?

Ali bo zagotovljeno dolgoročno zdravstveno spremljanje izpostavljenih oseb?

Kakšne varnostne izboljšave bodo izvedene, da se v prihodnje preprečijo podobne nesreče?

Sodobne jedrske in radiološke nesreče pa prinašajo nove komunikacijske izzive: kako komunicirati znanstvene in upravljalvske negotovosti, kako obvladovati informacijski tok na družbenih omrežjih, kako krepiti odpornost proti napačnim

in lažnim informacijam in kako izkoristiti potencial novih tehnologij, vključno z umetno inteligenco.

Komuniciranje negotovosti v jedrskih in radioloških izrednih razmerah

Komuniciranje negotovosti je ključen del upravljanja radioloških in jedrskih izrednih razmer (Hoti idr., 2021). Negotovost pri upravljanju jedrskih ali radioloških izrednih razmer je treba priznati in o njej odprto komunicirati. Večja kot je negotovost informacij, večja je potreba po komuniciranju (Perko idr., 2020).

94

Negotovosti je mogoče predstaviti v besedni, številčni, grafični ali digitalni obliki, v nekaterih primerih pa je priporočljivo uporabiti več pristopov hkrati. Komunikacijska orodja in sporočila je treba razviti in preizkusiti že pred nastopom izrednih razmer. Negotovost lahko, na primer, izrazimo z naslednjimi besedami: »predhodne ugotovitve«, »na podlagi trenutnih meritev«, »na podlagi trenutnih spoznanj«, »kot prva ocena«, »potrebne so dodatne meritve«, »obstaja precejšnje zaupanje v ...«, »številni strokovnjaki in znanstveniki menijo, da ...«, »splošno velja, da ...«, »verjetno«, »najverjetneje«, »ni gotovo« in »lahko«, »morda«, »zdi se, da«. Tudi vizualna orodja, kot so zemljevidi razpršitve radioaktivnosti, naj vključujejo legende in označbe negotovosti (npr. z uporabo bolj prosojnih in bolj barvno nasičenih delov, oznako možnih napak pri meritvah), saj s tem pomagajo pri razumevanju negotovosti in odločanju (Perko idr., 2020).

Sodobna tehnologija ima pomembno vlogo pri komuniciranju negotovosti. Mobilne aplikacije v nekaterih državah že omogočajo hitro opozarjanje prebivalstva, vendar morajo biti vnaprej metodološko preizkušene in prilagojene lokalnim potrebam, sicer sporočila lahko povzročijo dodatno negotovost. Sporočila morajo vsebovati bistvene informacije o dogodku, o negotovostih (npr. »sproščanje radioaktivnosti še ni potrjeno«) in priporočene ukrepe. Pri razlaganju zaščitnih ukrepov je priporočljivo uporabljati pozitivne formulacije (npr. »pijte ustekleničeno vodo« namesto »ne pijte vode iz pipe«), saj takšen pristop prispeva k boljšemu razumevanju in upoštevanju navodil.

Komuniciranje prek množičnih medijev

Množični mediji in digitalne platforme ponujajo izjemne priložnosti za učinkovito krizno komuniciranje. Omogočajo sočasno doseganje velikega števila ljudi, povečujejo razumevanje zaščitnih ukrepov in pomagajo ohranяти zaupanje

javnosti v institucije, odgovorne za krizno upravljanje (Perko, 2016). Z razvojem novih komunikacijskih tehnologij, kot so družbena omrežja in digitalna orodja za spremljanje odzivov, se odpira možnost za bolj interaktivno, pregledno in vključujočo komunikacijo v izrednih razmerah (Jaeger idr., 2007). Hkrati pa se je komunikacija razvila v večsmeren, hiter in pogosto nekoordiniran proces, v katerem informacije krožijo med različnimi komunikatorji – od vladnih institucij, strokovnih organizacij in medijev do posameznikov in nevladnih skupin. Takšna dinamika povzroča poplavo informacij, pogosto tudi napačnih, zaradi katere javnost pogosto težko presodi, katerim informacijam lahko zaupa in katerim ne (Prezelj idr., 2016). Pandemija covid-19 je tipičen primer tovrstne kakofonije (Marrell idr., 2022).

Zato morajo komunikatorji v jedrskih in radioloških izrednih razmerah aktivno spremljati vse relevantne akterje, hitro popravljati napačne informacije in dopolnjevati nepopolne podatke. Čeprav družbena omrežja omogočajo hitro širjenje sporočil in interaktivno komunikacijo, lahko postanejo tudi orodje manipulacije, širjenja strahu in negotovosti, kar povečuje pritisk na krizne komunikatorje ter zahteva dodatna znanja, sredstva in usposabljanje.

Vloga napačnih in lažnih informacij v jedrskih in radioloških krizah

V času družbenih omrežij, spletnih forumov in hitro razvijajoče se umetne inteligence postaja komuniciranje v jedrskih in radioloških izrednih razmerah izjemno kompleksno. Lažne ali zavajajoče informacije – od napačnih informacij (nenamerno zavajajoče vsebine), lažnih informacij (namerno zavajajoče vsebine), govoric in propagande, do tujega manipuliranja z informacijami in vmešavanjem (ang. *Foreign Information Manipulation and Interference- FIMI*), (Wardle, 2018) – vse bolj vplivajo na zaznave javnosti in sprejemanje odločitev v ključnih momentih kriznega upravljanja. Pojav lažnih novic, napačnih interpretacij in namernih manipulacij lahko resno ogrozi učinkovitost zaščitnih ukrepov in zniža zaupanje javnosti v strokovne institucije.

Raziskave o tovrstnih informacijah lahko razdelimo v tri dopolnjujoče se pristope:

- 1) Na učinku temelječi pristopi (ang. *impact-based approaches*) preučujejo, kako napačne informacije vplivajo na prepričanja in vedenje, zakaj so nekatere skupine občinstva bolj dovzetne in katere psihološke intervencije zmanjšujejo njihovo ranljivost (Ecker idr., 2022).

- 2) Na kontekstu temelječi pristopi (ang. *context-based approaches*) umeščajo napačne informacije v širše komunikacijske, družbene in kulturne ekosisteme – analizirajo, komu ljudje zaupajo, kako razumejo nasprotujoče si trditve in kateri institucionalni konteksti oblikujejo njihovo zaznavo verodostojnosti (Wardle, 2023; Altay idr., 2023).
- 3) Na tveganju oziroma nevarnosti temelječi pristopi (ang. *hazard-based approaches*) obravnavajo napačne informacije kot tveganje samo po sebi, pri čemer poudarjajo njihovo razširjenost in viralno naravo (Vosoughi idr., 2018).

V praksi se upravljavci kriznih situacij na napačne informacije najpogosteje odzivajo s tremi glavnimi strategijami:

- i) Moderiranje vsebin omejuje vidnost ali širjenje zavajajočih informacij, tako da jih brišemo, označimo ali omejujemo objave in račune, ki kršijo določene standarde.
- ii) Razkrivanje oziroma preverjanje dejstev (ang. *debunking, fact-checking*) pomeni odzivno popraviljanje napačnih trditev po njihovi objavi, pri čemer se z dejstvi pojasni, zakaj so določene trditve napačne ali zavajajoče.
- iii) Predhodno preprečevanje lažnih informacij (*prebunking*), ki temelji na teoriji psihološke inokulacije (McGuire, 1961), predstavlja proaktiven pristop. Posameznike vnaprej seznanja z oslabljenimi različicami zavajajočih trditev in jim ob tem pojasni uporabljene manipulativne tehnike, kar krepi njihovo odpornost proti prihodnjim podobnim oblikam napačnih informacij.

Po ugotovitvah Balog-Waya in McComas (2024) pa ti pristopi tovrstne informacije še vedno razumejo preveč poenostavljeno – obravnavajo jih kot samostojen problem napačnih informacij, ne pa kot pojav, ki je neločljivo povezan s širšim družbenim in komunikacijskim kontekstom. Napačne informacije ne nastajajo zgolj zaradi pomanjkanja znanja, temveč v procesu, kjer se prepletajo sporočila, interesi pošiljateljev, delovanje medijev in interpretacije prejemnikov. V takšnem okolju je komuniciranje dinamičen proces, v katerem je treba razumeti tudi družbene odnose moči, kognitivne pristranskosti in zaznave tveganj.

Poenostavljeni, enosmerni pristopi, ki komunikacijo razumejo kot prenos informacij od strokovnjakov k pasivni javnosti, se pogosto izkažejo za neučinkovite. Poskusi »popravljanja napačnih informacij« brez razumevanja družbenega ozadja in psiholoških mehanizmov, ki oblikujejo odzive ljudi, lahko celo poglobijo nezaupanje (Bostrom idr., 1994). Ljudje informacije namreč presojujejo skozi lastne izkušnje, vrednote, čustva in stopnjo zaupanja v institucije. Zato učinkovito kritično komuniciranje zahteva prehod od informativnega modela k interaktivnemu, ki temelji na zaupanju, verodostojnosti in odprtem priznavanju negotovosti.

Strokovnjaki morajo poleg dejstev jasno izkazati tudi svojo transparentnost in etično odgovornost, saj javnost verodostojnost informacij pogosto presoja glede na zaupanje v vir in namen komunikatorja.

V jedrskih in radioloških nesrečah se ljudje pogosto zanašajo na osebne vire informacij – prijatelje, lokalne voditelje ali spletne skupnosti – ki jih dojemajo kot bolj dostopne in verodostojne od uradnih institucij. Zato zgolj zavračanje napačnih informacij ni zadostno. Ključno je vzpostaviti dvosmerno in večsmerno komunikacijo, ki spodbuja dialog med oblastmi, strokovnjaki, mediji in javnostjo že v fazi priprav na izredne razmere. Takšen pristop omogoča, da se javnosti ne dojema kot pasivnega prejemnika informacij, temveč kot aktivnega partnerja pri oblikovanju razumevanja tveganj in zaščitnih ukrepov. Vključevanje različnih deležnikov v komunikacijski proces – preko javnih razprav, fokusnih skupin ali interaktivnih digitalnih platform – krepi občutek legitimnosti in zmanjšuje prostor za širjenje lažnih informacij (Balog-Way & McComas, 2024).

Končni cilj komuniciranja v jedrskih in radioloških krizah ni zgolj preprečevanje širjenja napačnih informacij, temveč krepitev družbene odpornosti in zaupanja. Takšna komunikacijska kultura temelji na znanstveno utemeljenih, preglednih in etično odgovornih praksah, ki prebivalstvo spodbujajo k preverjanju, razumevanju in kritičnemu presojanju informacij. Le s takšnim pristopom je mogoče zagotoviti učinkovito izvajanje zaščitnih ukrepov, zmanjšati družbene in psihološke posledice in ohraniti zaupanje v institucije, odgovorne za varnost in zaščito prebivalstva med izrednimi razmerami.

Uporaba umetne inteligence pri kriznem komuniciranju

Umetna inteligenca (UI) postaja nepogrešljivo orodje pri upravljanju jedrskih in radioloških izrednih razmer, saj omogoča hitrejše odločanje, učinkovitejše komuniciranje in boljše razumevanje družbenih odzivov (Ogie idr., 2018). Zmožnost UI za analizo velikih količin podatkov v realnem času podpira krizne komunikatorje pri prepoznavanju trendov, razpoloženja javnosti in širjenja lažnih in napačnih informacij (Pascual-Presa & Garcia-Orosa, 2024; Yang idr., 2024).

- a) Analiza podatkov in vpogled v družbeno dinamiko: Orodja, ki temeljijo na umetni inteligenci, omogočajo spremljanje pogovorov na javno dostopnih družbenih omrežjih in analizo razpoloženja javnosti (ang. *sentiment analysis*) v realnem času. Takšne analize omogočajo pravočasno prilagajanje komunikacijskih strategij, prepoznavanje širjenja napačnih informacij in boljše razumevanje javnih odzivov.

- b) Samodejno komuniciranje in chatboti: UI-podprti chatboti omogočajo takojšnje odzive in pomoč prebivalcem, odgovarjajo na rutinska vprašanja in zagotavljajo preverjene informacije. Na ta način prispevajo k hitri, pregledni in neprekinjeni komunikaciji v času izrednih razmer, ko so informacije najpomembnejše.
- c) Orodja za zaznavanje tveganj in dezinformacij: Sistemi umetne inteligence omogočajo zaznavanje nenavadnih vzorcev v spletni komunikaciji, zgodnje prepoznavanje in spremljanje širjenja lažnih vsebin. Tako podpirajo pravočasno ukrepanje in zaščito institucionalne verodostojnosti.
- d) Samodejno ustvarjanje vsebin: Umetna inteligenca lahko pomaga pri pripravi prilagojenih sporočil, povzetkov, grafičnih predstavitev in prevodov, kar omogoča bolj relevantno, razumljivo in dostopno komuniciranje z različnimi ciljnimi skupinami.
- e) Spremljanje (dez)informacij in globalnih dogodkov: Napredne platforme umetne inteligence organizacijam omogočajo spremljanje svetovnih dogodkov in analizo njihovega vpliva na percepcijo tveganja, kar prispeva k boljšemu strateškemu odločanju in kriznemu načrtovanju.
- f) Personalizirano komuniciranje: S pomočjo analize vedenjskih vzorcev, preferenc in odzivov javnosti UI omogoča bolj ciljno usmerjene in učinkovite komunikacijske pristope, kar povečuje zaupanje in sodelovanje javnosti v kriznih razmerah.

Kljub številnim prednostim pa uporaba umetne inteligence v kriznem komuniciranju prinaša tudi številne izzive in tveganja, kot so: varstvo zasebnosti (obdelava osebnih podatkov brez soglasja), pristranskost algoritmov, ki lahko vpliva na interpretacijo podatkov, pomanjkanje človeškega stika pri občutljivih vsebinah, možnost napačne interpretacije avtomatiziranih sporočil, tehnološka odvisnost in omejen nadzor nad procesi, pravna in etična vprašanja v zvezi z odgovornostjo za napačne odločitve. Za uspešno integracijo umetne inteligence v krizno upravljanje je zato ključnega pomena, da so sistemi transparentni, etično utemeljeni, preverjeni s strani strokovnjakov in vedno podprti s človeškim nadzorom.

Zaključek

Izredne razmere, ki zahtevajo krizno upravljanje na področju jedrske in radiološke varnosti, lahko glede na njihov izvor razdelimo v tri temeljne skupine. Mednje sodijo nenamerno povzročene razmere, kot so tehnične okvare, nesreče

ali incidenti pri ravnanju z jedrskimi in radiološkimi viri, namerno povzročene razmere, povezane z zlonamernimi dejanji, kot so sabotaže, kibernetiski napadi ali uporaba radioloških in jedrskih naprav v teroristične namene, in vojaške razmere, ki vključujejo uporabo ali grožnjo z uporabo jedrskega orožja in drugih sredstev z radiološkimi učinki. Razumevanje teh treh kategorij je ključno za vzpostavitev učinkovitih mehanizmov preprečevanja, pripravljenosti in odzivanja v primeru jedrskih in radioloških izrednih dogodkov.

Ionizirajoče sevanje lahko poškoduje biološka tkiva, povzroči genetske spremembe in poveča tveganje za nastanek rakavih obolenj. Zato je zaščita pred sevanjem temeljni del jedrske in radiološke varnosti, ki temelji na načelih časa, razdalje in zaščite. Učinkovit sistem vključuje stalni nadzor nad viri sevanja, usposabljanje osebja, spremljanje doz sevanja ter zakonodajne in tehnične ukrepe. Radioaktivnost pa ima poleg fizičnih tudi psihološke in družbene razsežnosti, saj jo javnost pogosto dojema kot vir strahu, potencialnih katastrofalnih posledic, grožnjo prihodnjim generacijam in kot tveganje, ki je slabo poznano in težko obvladljivo (Slovic, 2012). Prav zaradi teh značilnosti postaja radioaktivnost tudi orodje psihološkega in družbenega pritiska, ki ga posamezniki, skupine ali države lahko izkoriščajo za širjenje strahu, manipulacijo z javnim mnenjem ali kot obliko strateškega vpliva v kriznih razmerah. Zato imajo poleg fizičnih posledic tovrstni dogodki tudi pomembne družbene, psihološke in gospodarske razsežnosti, ki lahko dolgoročno zaznamujejo skupnosti in zaupanje javnosti v institucije (Kim idr., 2013; Visschers & Siegrist, 2013). Osnovni cilj priprav in odziva na jedrske in radiološke izredne razmere je preprečevanje ali zmanjševanje škodljivih učinkov sevanja na ljudi, okolje in premoženje ter zagotavljanje hitrega, strokovnega in usklajenega ukrepanja v vseh fazah izrednega dogodka. Posebna pozornost je namenjena zaščiti in podpori ekipam prvih posredovalcev, ki imajo ključno vlogo pri začetnem odzivu in stabilizaciji razmer (Maeda, 2017), pri čemer ne smejo biti izpostavljeni sevanju nad dovoljenim učinkovnim odmerkom. Učinkovito krizno upravljanje pa presega tehnične in radiološke ukrepe – temelji na vzpostavljanju zaupanja, obvladovanju negotovosti in zagotavljanju verodostojne ter pravočasne komunikacije.

V sodobnem okolju, zaznamovanem z množico komunikacijskih kanalov in hitrim širjenjem informacij, se krizno komuniciranje sooča z vse večjimi izzivi, kar zahteva premišljene, usklajene in strokovno podprte pristope. Razmah družbenih omrežij je povzročil izjemno hitro širjenje informacij, med katerimi so mnoge nepreverjene, napačne ali namerno zavajajoče. Takšno okolje otežuje razlikovanje med zanesljivimi in lažnimi viri, spodkopava zaupanje javnosti v uradne institucije in povečuje občutek negotovosti. V kombinaciji s kompleksnostjo radioloških tveganj, znanstvenimi nejasnostmi in čustvenimi odzivi prebivalstva to

predstavlja enega največjih izzivov sodobnega kriznega upravljanja – kako učinkovito, pravočasno in verodostojno komunicirati v svetu, v katerem se negotovost in informacijski kaos prepletata.

Viri in literatura

- Allcott, H., & Gentzkow, M. (2017). Social Media and Fake News in the 2016 Election. *The Journal of Economic Perspectives*, 31(2), 211–235. <http://www.jstor.org/stable/44235006>
- Altay, S., Berriche, M., & Acerbi, A. (2023). Misinformation on Misinformation: Conceptual and Methodological Challenges. *Social Media + Society*, 9(1). <https://doi.org/10.1177/20563051221150412>
- Arms Control Association. (2025, July). Israel and U.S. strike Iran's nuclear program. *Arms Control Today*. Retrieved from <https://www.armscontrol.org/act/2025-07/news/israel-and-us-strike-irans-nuclear-program>
- Bostrom, A., Atman, C. J., Fischhoff, B., & Morgan, M. G. (1994). Evaluating risk communications: completing and correcting mental models of hazardous processes, Part II. *Risk Anal*, 14(5), 789–798.
- Dubreuil, G. H., Lochard, J., Girard, P., Guyonnet, J. F., Le Cardinal, G., Lepicard, S., Livolsi, P., Monroy, M., Ollagnon, H., Pena-Vega, A., Pupin, V., Rigby, J., Rolevitch, I., & Schneider, T. (1999). Chernobyl post-accident management: The ETHOS project [Article]. *Health Physics*, 77(4), 361–372.
- Ecker, U.K.H., Lewandowsky, S., Cook, J. et al. The psychological drivers of misinformation belief and its resistance to correction. *Nat Rev Psychol* 1, 13–29 (2022). <https://doi.org/10.1038/s44159-021-00006-y>
- EC. (2017). Science for disaster risk management 2017: Knowing better and losing less. EC, DG for JRC.
- Fischhoff, B., & Davis, L. (2014). Communicating scientific uncertainty. National Academy of Sciences of the United States of America
- Friedman, S. M. (2011). Three Mile Island, Chernobyl, and Fukushima: An Analysis of Traditional and New Media Coverage of Nuclear Accidents and Radiation [Article]. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 67(5), 55–65. <https://doi.org/10.1177/0096340211421587>
- Havenaar, J. M., de Wilde, E. J., van den Bout, J., Drottz-Sjöberg, B. M., & van den Brink, W. (2003). Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. *Social Science & Medicine*, 56(3), 569–572.
- Hoti, F., Perko, T., Tafili, V., Sala, R., Zeleznik, N., Tomkiv, Y., Turcanu, C., Thijssen, P., & Renn, O. (2021). Knowing the unknowns: Uncertainties during radiological emergencies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 59, 102240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102240>

- Hoti, F., Perko, T., Thijssen, P., & Renn, O. (2020). Radiation risks and uncertainties: a scoping review to support communication and informed decision-making. *J Radiol Prot*, 40(2), 612–632. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab885f>
- Health Protection Agency. (2007). Polonium-210 poisoning in London: Public health report. London: HPA.
- HERCA, European Nuclear Safety Regulators Group. (2012). Stress tests performed on European nuclear power plants in response to the Fukushima accident: Peer review report. Brussels: European Commission.
- IAEA. (1988). The radiological accident in Goiania.
- IAEA. (1994). Guidelines for Agricultural Countermeasures Following an Accidental Release of Radionuclides. In Technical report series No. 363. Vienna: IAEA.
- IAEA. (2002). Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. In GS-R-2, Safety standards. Vienna, Austria: IAEA.
- IAEA. (2006). INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Fundamental Safety Principles, Vienna, Austria. IAEA Safety Standards, SF-1.
- IAEA. (2007). Safety Glossary; Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection.
- IAEA. (2011). Final Report of the International Mission on Remediation of Large Contaminated Areas Off-site the Fukushima Dai-ichi NPP (NE/NEFW, Issue.
- IAEA. (2012). Lessons Learned from the Response to Radiation Emergencies (1945-2010): Emergency Preparedness and Response (EPR-Lessons Learned 2012, Issue.
- IAEA. (2014). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources (International Basic Safety Standards, Issue.
- IAEA. (2015). Method for Developing a Communication Strategy and Plan for a Nuclear or Radiological Emergency (Emergency Preparedness and Response, EPR Public Communication Plan, Issue.
- IEA. (2006). Manual for first Responders to a Radiological Emergency. Vienna
- IAEA (2017): Enhancing nuclear security culture in organizations (IAEA Nuclear Security Series No. 7). Vienna: IAEA.
- International Atomic Energy Agency. (1998). Radiological conditions at the Semipalatinsk test site, Kazakhstan: Preliminary assessment and recommendations for further study. Vienna: IAEA.
- International Atomic Energy Agency. (2006). Combating illicit trafficking in nuclear and other radioactive material. Vienna: IAEA.
- International Atomic Energy Agency. (2006). IAEA supports UK authorities in investigation of polonium-210 incident. Vienna: IAEA.;
- International Atomic Energy Agency. (2009). Safety framework for nuclear power sources in outer space. Vienna: IAEA.)
- International Atomic Energy Agency. (2015). Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency (IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7). Vienna: IAEA)

- International Atomic Energy Agency. (2015). The Fukushima Daiichi accident: Report by the Director General. Vienna: International Atomic Energy Agency. ISBN 978-92-0-107015-9;
- International Atomic Energy Agency. (2016). Computer Security at Nuclear Facilities: Reference Manual. IAEA Nuclear Security Series No. 17. Vienna: IAEA.;
- International Atomic Energy Agency. (2020). Lessons learned from transport safety events involving radioactive material: IAEA Safety Reports Series No. 112. Vienna: IAEA.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine and Zaporizhzhya Nuclear Power Plant. Vienna: IAEA.
- ICRC International Committee of the Red Cross (ICRC). (1977). Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I), Article 56: Protection of works and installations containing dangerous forces. Geneva: ICRC.
- Itziar Reguero Sanz (2022): Terrorismo y miedo en el País Vasco: el chantaje de la central nuclear de Lemóniz en la prensa española (1981–1982). *Diacronie. Studi di Storia Contemporanea*, (40), Article 3. <https://doi.org/10.4000/diacronie.12309>
- Joyner, D. H. (2009). *International Law and the Proliferation of Weapons of Mass Destruction*. Oxford: Oxford University Press.
- Kim. Younghwan, Kim. Minki, & Kim. Wonjoon. (2013). Effect of the Fukushima nuclear disaster on global public acceptance of nuclear energy. *Energy policy*, 62, 822–828.
- Latré, E., Thijssen, P., & Perko, T. (2019). The party politics of nuclear energy: Party cues and public opinion regarding nuclear energy in Belgium. *Energy Research & Social Science*, 47, 192–201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.09.003>
- Latré, E. (2022). *Public opinion and the politics of nuclear energy* [Doctoral dissertation, University of Antwerp]. University of Antwerp Institutional Repository.
- Maeda, M. (2017). Mental Health Consequences and Social Issues After the Fukushima Disaster. *Asia Pacific Journal of Public Health*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1010539516689695>
- Malesic, M., Prezelj, I., Juvan, J., Polic, M., & Uhan, M. (2015). Evacuation in the event of a nuclear disaster : planned activity or improvisation? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, 102–111. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420914001241>.)
- Martell M, Perko T, Zeleznik N, Molyneux-Hodgson S. Lessons being learned from the Covid-19 pandemic for radiological emergencies and vice versa: report from expert discussions. *J Radiol Prot*. 2022 Jan 18;42(1). doi: 10.1088/1361-6498/abd841.
- McGuire, W. J. (1961). Resistance to persuasion conferred by active and passive prior refutation of the same and alternative counterarguments. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 63(2), 326–332. <https://doi.org/10.1037/h0048344>
- Nagy A, Perko T, Müller T, Raskob W, Benighaus L. 2020. Uncertainty visualization using maps for nuclear and radiological emergencies. *Radioprotection* 55(HS1): S197–S203.

- OECD Nuclear Energy Agency. (2017). Security of nuclear installations and insider threats. Paris: OECD/NEA.
- Ogie, R. I., Rho, J. C., & Clarke, R. J. (2018, 4–7 Dec. 2018). Artificial Intelligence in Disaster Risk Communication: A Systematic Literature Review. 2018 5th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM),
- Oughton, D., & al., E. (2018). Recommendations and procedures for preparedness and health surveillance of populations affected by a radiation accident (SHAMISEN project, Issue.
- Pascual-Presa, N., & Garcia-Orosa, B. (2024). Impact and use of Artificial Intelligence in risk communication: Challenges and new opportunities. *Review of Communication Research*, 12, 203–219. <https://doi.org/10.52152/RCR.V12.13>
- Perko, T. (2012). Modelling Risk Perception and Risk Communication in Nuclear Emergency Management: An Interdisciplinary Approach University of Antwerp]. Antwerp, Belgium.
- Perko, T. (2014). Radiation risk perception: A discrepancy between the experts and the general population. *Journal of Environmental Radioactivity*, 133, 86–91.
- Perko, T. (2015). How to Communicate about Radiological Risks? A European Perspective. Fukushima Global Communication Programme Working Paper Series, 19, 1–13. <https://doi.org/https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/news/12850/FGC-WP-19-FINAL.pdf>
- Perko, T. (2016). Risk Communication in the Case of the Fukushima Accident: Impact of Communication and Lessons to Be Learned. *Integr Environ Assess Manag.*, 12(4), 683–686. <https://doi.org/10.1002/ieam.1832>
- Perko, T., Benighaus, L., Tomkiv, Y., & Wolf, H. V. (2020). Guidance on communicating about uncertainties in nuclear emergency management. *Radioprotection*, 55, S169–S174.
- Perko, T., & Martell, M. (2020). Communicating nuclear and radiological emergencies to the public: how and to what extent are European countries prepared? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101722>
- Perko, T., Martell, M., & Turcanu, C. (2020). Transparency and stakeholder engagement in nuclear or radiological emergency management. *Radioprotection* 55, S243 – S248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/radiopro/2020040>
- Perko, T., Thijssen, P., Turcanu, C., & Van Gorp, B. (2014). Insights into the reception and acceptance of risk messages: nuclear emergency communication. *Journal of Risk Research*, 17(9), 1207–1232. <https://doi.org/10.1080/13669877.2013.875933>
- Perko, T., Zeleznik, N., Turcanu, C., & Thijssen, P. (2012). Is knowledge important? Empirical research on nuclear risk communication in two countries. *Health Phys*, 102(6), 614–625. <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e31823fb5a5>
- Peters, P. H. (1992). The Credibility of Information Sources in West Germany after the Chernobyl Disaster. *Public Understanding of Science*, 1(3), 325–343

- Prezelj, I., Perko, T., Cantone, M. C., Gallego, E., Tomkiv, Y., & Oughton, D. H. (2016). The limits of public communication coordination in a nuclear emergency: lessons from media reporting on the Fukushima case. *Journal of Radiological Protection*, 36, 45–63.
- Reuters, 2025: Russia tested new nuclear-powered Burevestnik cruise missile, <https://www.reuters.com/world/china/russia-tested-new-nuclear-powered-cruise-missile-top-general-says-2025-10-26>.
- Rojas-Palma, C., Liland, A., Jerstad, A. N., Etherington, G., Perez, M. R., Rahola, T., & Smith, K. (2009). TMT Handbook; Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following malevolent act. Lobo Media AS.
- Rudski, J. M., Osei, W., Jacobson, A. R., & Lynch, C. R. (2011). Would you rather be injured by lightning or a downed power line? Preference for natural hazards. *Judgment and Decision Making*, 6, 314–322. <https://doi.org/10.1017/S1930297500001923>
- Slovic, P. (2012). The perception gap: Radiation and risk. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 68(3), 67–75. <https://doi.org/10.1177/0096340212444870>
- Sjöberg, L., & Drott, B. M. (1987). Psychological Reactions to Cancer Risks after the Chernobyl Accident [Article]. *Medical Oncology and Tumor Pharmacotherapy*, 4(3–4), 259–271.
- Stiles, D. (2006): A Fusion Bomb over Andalucía: *Journal of Cold War Studies*, Vol. 8, No. 1, 49–67
- Turcanu, C., Sala, R., Perko, T., Abelshausen, B., Oltra, C., Tomkiv, Y., Oughton, D., Liland, A., & Zeleznik, N. (2020). How would citizens react to official advice in a nuclear emergency? Insights from research in three European countries. *Journal of Contingency and Crisis Management*. <https://doi.org/10.1111/1468-5973.12327>
- United Nations. (2022). UN Secretary-General calls for demilitarization of Zaporizhzhia Nuclear Plant. New York: United Nations News.)
- United Nations Environment Programme, (2003): Depleted uranium in Kosovo. Post-conflict environmental assessment. UNEP scientific mission to Kosovo, 5–19 November 2000. Geneva (Switzerland).
- United Nations Office on Drugs and Crime. (2008). Handbook on the prevention and control of radioactive material theft and sabotage. Vienna: UNODC.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations.
- Van der Meer, K., Lebacqz, A. L., Boogers, E., Boden, S., Verstrepen, G., Vanhavere, F., Schröder, J., Camps, J., Rojas Palma, C., Sweeck, L., Perko, T., Majkowski, I., Turcanu, C., & Carlé, B. (2010). Thyroid measurement campaign after an accidental release of 50 GBq ¹³¹I in Fleurus, Belgium Third European IRPA Congress on Radiation Protection, Helsinki.
- van Deventer, E., del Rosario Perez, E., Tritscher, A., Kazuko, F., & Carr, Z. (2012). WHO's public health agenda in response to the Fukushima Daiichi nuclear accident. *Journal of Radiological Protection*, 32(N119). <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/0952-4746/32/1/N119>

- Vischers, V. H. M., & Siegrist, M. (2013). How a Nuclear Power Plant Accident Influences Acceptance of Nuclear Power: Results of a Longitudinal Study Before and After the Fukushima Disaster [Article]. *Risk Analysis*, 33(2), 333–347. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01861.x>
- Vosoughi S, Roy D, Aral S. The spread of true and false news online. *Science*. 2018 Mar 9;359(6380):1146-1151. doi: 10.1126/science.aap9559. PMID: 29590045.
- Vyncke, B., Perko, T., & Van Gorp, B. (2017). Information Sources as Explanatory Variables for the Belgian Health-Related Risk Perception of the Fukushima Nuclear Accident. *Risk Analysis*, 37, 570–582. <https://doi.org/10.1111/risa.12618>
- Wardle, C. (2018). The Need for Smarter Definitions and Practical, Timely Empirical Research on Information Disorder. *Digital Journalism*, 6(8), 951–963. <https://doi.org/10.1080/21670811.2018.1502047>
- Wardle, C. (2023). Misunderstanding Misinformation. *Issues in Science and Technology*, 39(3), 37–40. <https://www.jstor.org/stable/27379544>
- WNISR (2025): World Nuclear Industry Status Report 2025, <https://www.worldnuclearreport.org/World-Nuclear-Industry-Status-Report-2025>
- Yang, C., Jaekuk, L., & Jinzhe, Q. (2024). Crisis Communication in the Age of AI. In T. Coombs (Ed.), *Media and Crisis Communication* (pp. 23). Routledge.
- Zetter, K. (2014). *Countdown to Zero Day: Stuxnet and the Launch of the World's First Digital Weapon*. New York, NY: Crown Publishers. ISBN 978-0-7704-3619-4.)