



MESTNA OBČINA KOPER
COMUNE CITTA DI CAPODISTRIA

OCENA OGROŽENOSTI OB JEDRSKI ALI RADIOLOŠKI NESREČI

Verzija 1.0

	ORGAN	DATUM	PODPIS ODGOVORNE OSEBE
<i>IZDELAL / SKRBNIK</i>	<i>Medobčinska služba za zaščito, reševanje in varstvo okolja</i>	09.05.2022	Igor Rakar
<i>ODOBRIL / SPREJEL</i>	<i>Poveljnik Civilne zaščite / Župan</i>	09.05.2022	Aleš Bržan

Številka: 842-1/2022

Datum: 09.05.2022

Koper, maj 2022

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	5
2	JEDRSKI OBJEKTI	7
2.1	Viri nevarnosti	7
2.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	7
2.3	Verjetnost pojavljanja nesreče	8
2.3.1	Metode za oceno verjetnosti pojavljanja nesreče in oceno njihovih posledic oz. ocena tveganja.....	8
2.3.2	Osnovne značilnosti metode.....	8
2.3.3	Tipični redi velikosti rezultatov	9
2.3.4	Uporaba VVA pri načrtovanju ukrepov	9
2.4	Vrste, oblike in stopnja ogroženosti	10
2.5	Potek in možen obseg nesreče	10
2.5.1	NE Krško.....	10
2.5.2	Reaktor TRIGA	11
2.5.3	Skladišče CSRAO na Brinju	11
2.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	12
2.7	Verjetne posledice nesreče	12
2.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče.....	13
2.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	13
2.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	13
2.10.1	Stopnje nevarnosti izrednega dogodka v NEK	13
2.10.2	Območja načrtovanja za jedrsko nesrečo v NEK in zaščitni ukrepi	14
3	UPORABA RADIOAKTIVNIH SNOVI.....	15
3.1	Viri nevarnosti	15
3.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	15
3.3	Verjetnost pojavljanja nesreče	15
3.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	16
3.5	Potek in možni obseg nesreče.....	16
3.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	16
3.7	Verjetne posledice nesreče	16
3.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	16
3.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	17
3.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	17
4	KRIMINALNO DEJANJE.....	18
4.1	Viri nevarnosti	18
4.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	18
4.3	Verjetnost pojavljanja nesreče.....	18
4.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	18
4.5	Potek in možni obseg nesreče.....	18
4.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	19

4.7	Verjetne posledice nesreče	19
4.8	Verjetnost nastanka verižne reakcije	20
4.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	20
4.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	20
5	NENADZOROVANI VIRI TVEGANJA	21
5.1	Viri nevarnosti	21
5.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	21
5.3	Verjetnost pojavljanja nesreče.....	21
5.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	22
5.5	Potek in možni obseg nesreče.....	22
5.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	22
5.7	Verjetne posledice nesreče	22
5.8	Verjetnost nastanka verižne reakcije	22
5.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	22
5.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	22
6	PREVOZ RADIOAKTIVNIH SNOVI	23
6.1	Viri nevarnosti	23
6.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	23
6.3	Verjetnost pojavljanja nesreče.....	23
6.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	23
6.5	Potek in možni obseg nesreče.....	24
6.5.1	Prevoz svežega goriva.....	24
6.5.2	Prevoz izrabljenega goriva	24
6.5.3	Prevoz radioaktivnih snovi za potrebe medicine, industrije, raziskav in drugih dejavnosti	25
6.5.4	Tranzit radioaktivnih snovi	25
6.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	25
6.7	Verjetne posledice nesreče	25
6.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče.....	26
6.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	26
6.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	26
7	PADEC SATELITA Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI.....	27
7.1	Viri nevarnosti	27
7.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	27
7.3	Verjetnost pojavljanja nesreče.....	27
7.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	27
7.5	Potek in možni obseg nesreče.....	27
7.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	28
7.7	Verjetne posledice nesreče	28
7.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče.....	28
7.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	28
7.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	28
8	JEDRSKA NESREČA V TUJINI	29
8.1	Viri nevarnosti	29

8.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	29
8.3	Verjetnost pojavljanja nesreče.....	29
8.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	29
8.5	Potek in možni obseg nesreče.....	29
8.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina.....	29
8.7	Verjetne posledice nesreče	29
8.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče.....	30
8.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	30
8.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	30
9	KRITERIJI ZA RAZVRŠANJE OBČIN IN REGIJE V RAZREDE OGROŽENOSTI OB JEDRSKI NESREČI V NE KRŠKO	31
9.1	Ogroženost občin zaradi drugih jedrskih ali radioloških nesreč	33
10	ZAKLJUČEK.....	36

1 UVOD

Oceno ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči je izdelala Medobčinska služba za zaščito, reševanje in varstvo okolja, Medobčinska uprava Istre na podlagi Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06- UPB1, 95/07 - ZSPJS in 97/10), Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 76/17, 26/19), Navodila o izdelavi ocene ogroženosti (Uradni list RS, št. 39/95), Uredbe o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni list RS, št. 24/12, 78/16, 26/19) in drugimi izvedbenimi predpisi s področja jedrske in sevalne varnosti.

Ocena ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči v Mestni občini Koper je izdelana skladno z Oceno ogroženosti ob jedrski in radiološki nesreči v Republiki Sloveniji št. 8420-1/2017-3-DGZR (verzija 2.2), z dne 17.1.2019 in Oceno ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči v Obalni regiji št. 8421-12/2021-1-DGZR, z dne 19.5.2021 (verzija 2.0).

Četrti člen Uredbe o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni list RS, št. 24/12) določa, da URSZR izdela in zagotovi ocene ogroženosti, iz katerih je razvidna možnost nastanka nesreče, za katero se izdelujejo državni, regijski in občinski načrti zaščite in reševanja. Iz ocene mora biti razvidno tudi katere občine in v kakšnem obsegu so ogrožene zaradi posamezne vrste nesreče, zato je URSZR dodala Kriterije za razvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK in kriterije za razvrstitev občin v razrede ogroženosti ob drugih jedrskih ali radioloških nesrečah.

Ionizirajoče sevanje

Ionizirajoče sevanje je sevanje z dovolj energije, da ionizira snov (povzroči par ion-elektron). Viri ionizirajočega sevanja so naravni in umetni. Vir ionizirajočega sevanja je lahko radioaktivna snov, ki seva zaradi nestabilnih atomov in tudi naprava (npr. rentgen). Zaradi radioaktivnih snovi v okolju (zemlja, zrak, voda in tudi hrana) je človek neprestano izpostavljen ionizirajočemu sevanju. Gre za zunanje in notranje obsevanje. V zvezi s tem govorimo o dozi sevanja, ki jo prejme telo.

Do zunanjega obsevanja pride, če je vir prodornega sevanja, npr. rentgenskega, v človekovi okolici. Izpostavitve sevanju in škoda, ki jo človek ob tem utrpi, narašča s časom zadrževanja v območju sevanja (dalj časa več škode - sorazmerno) in z razdaljo do vira sevanja (bližje več škode - s kvadratom razdalje).

Do notranjega obsevanja pride zaradi vnosa radioaktivnih snovi v telo, z vdihavanjem kontaminiranega zraka (inhalacija), uživanjem kontaminirane hrane in pijače (ingestija) ter tudi zaradi vnosa skozi kožo, zlasti če je poškodovana. Notranje obsevanje je lahko nevarno predvsem pri vnosu radioaktivne snovi, ki seva sicer malo prodorna sevanja v obliki delcev - alfa (α) in beta (β), ker lahko povzroči velike poškodbe organov in drugih tkiv. Izpostavitve sevanju in škoda, ki jo človek ob tem utrpi, je v tem primeru odvisna od časa zadrževanja snovi v telesu, kar je zelo različno in odvisno tudi od lastnosti radioaktivne snovi.

V tkivu lahko zaradi ionizacije pride do okvar biološko pomembnih molekul, kar lahko privede do poškodbe ali smrti celice. Ob uničenju velikega števila celic organa ali tkiva so posledice za organizem lahko zelo resne, celo smrtne, in se pokažejo relativno hitro po obsevanju. Te učinke imenujemo deterministične in je zanje značilno, da imajo prag - ne opažamo jih pod dozo sevanja, ki je nižja od neke mejne vrednosti. Nad pragom pa se posledice večajo s prejetjo dozo.

Sevanje pa lahko v celici povzroči spremembe, ki lahko predstavljajo enega od prvih dogodkov pri spremembi celice v rakasto obliko. Kancerogenost sevanja je učinek, katerega verjetnost z večanjem doze narašča, pokažejo pa se po daljšem času. To je stohastični učinek oziroma učinek zaradi statistično ugotovljenih okvar celic. Če pa sevanje okvari spolne celice, se posledice pokažejo šele na potomcih (dedni ali hereditarni učinki). (Ocena ogroženosti ob izrednem dogodku v jedrskih objektih in zaradi radioaktivnih snovi 2019, dostopna na <http://www.sos112.si/db/file/OcenaOgrozenostiJedrska.pdf>)

2 JEDRSKI OBJEKTI

2.1 Viri nevarnosti

Vsakršna dejavnost, povezana z ionizirajočim sevanjem (sevalna dejavnost) predstavlja določeno nevarnost. Viri nevarnosti so vsi objekti, naprave, stroji in postroji, ki vsebujejo jedrske ali radioaktivne snovi, ki v primeru izrednega dogodka povzročijo povečano sevanje.

Jedrski objekt je objekt za predelavo in obogatitev jedrskih snovi ali izdelavo jedrskega goriva, jedrski reaktor v kritični ali podkritični sestavi, raziskovalni reaktor, jedrska elektrarna, objekt za skladiščenje, predelavo, obdelavo ali odlaganje jedrskega goriva ali visoko radioaktivnih odpadkov. Jedrski objekt lahko sestoji tudi iz več jedrskih objektov, če so funkcionalno povezani na istem geografsko zaokroženem območju in jih upravlja ena oseba.

V Sloveniji imamo v skladu s kategorizacijo naslednje jedrske objekte:

- NEK (I. kategorija),
- Raziskovalni reaktor TRIGA Mark II v Podgorici (III. kategorija) in
- Centralno skladišče radioaktivnih odpadkov Brinje (III. kategorija).

2.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Nesreča v tej oceni ogroženosti pomeni dogodek, pri katerem je prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi, ali pa obstaja potencialna nevarnost, da bo prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi v takšnem obsegu, da so oziroma bodo znatno presežene omejitve, ki so predpisane z Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti oziroma s pravilniki, ki jih predpisuje ta zakon.

V obratujočem reaktorju jedrske elektrarne poteka verižna reakcija, ki sprošča toploto, potrebno za proizvodnjo elektrike. Radioaktivne snovi v reaktorju (sredica) so pod visokim tlakom in pri visokih temperaturah. Zaradi narave radioaktivnih snovi se toplota sprošča tudi, ko reaktor ne obratuje, torej, ko je verižna reakcija ustavljena. Te toplote je bistveno manj kot med obratovanjem, vendar jo je tudi potrebno odvajati. Sredico reaktorja je tako potrebno hladiti med obratovanjem in tudi dalj časa po obratovanju. Če hlajenje zaradi kakeršnega koli razloga ni možno, se sredica lahko segreje do te mere, da se stali (poškodba sredice). To bi pomenilo težko nesrečo, pri kateri bi lahko prišlo do radioaktivnih izpustov v okolje in jedrske nesreče.

Za jedrske objekte so izdelane študije, ki razvrščajo vzroke za nesrečo na skupine po začetnih dogodkih. Vzroki za nesrečo lahko izvirajo iz okvare tehnoloških sistemov oziroma komponent ali pa zaradi človeške napake. Tako so npr. za NEK posamezni scenariji – sekvence dogodkov, ki lahko vodijo do nesreče s taljenjem sredice razdeljeni na več skupin, ki se začnejo s karakterističnim začetnim dogodkom. Takšni začetni dogodki so:

- izguba reaktorskega hladila skozi veliko odprtino,
- izguba reaktorskega hladila skozi srednjo odprtino,
- izguba reaktorskega hladila skozi majhno odprtino,
- zlom cevi v uparjalniku,
- odpoved reaktorske posode,
- puščanje reaktorskega hladila skozi različne sisteme,
- prehodni pojav brez delujočega sistema glavne napajalne vode,
- prehodni pojav z delujočim sistemom glavne napajalne vode,
- zlom glavnega parovoda,

- izguba vsega zunanjega napajanja,
- izguba vsega izmeničnega napajanja,
- prehodni pojav brez ustavitve reaktorja,
- izguba bistvene napajalne vode,
- izguba sistema za hlajenje komponent,
- izguba enosmernega napajanja in
- izguba instrumentacijskega zraka.

Samo ena okvara ne vodi do nesreče, ker so bistveni sistemi podvojeni oziroma je potrebno več okvar in napak, da bi prišlo do zaporedja dogodkov, ki vodijo k poškodbi sredice reaktorja. Zgoraj naštetih t.i. notranjih začetnih dogodkov, obstajajo pa tudi zunanji začetni dogodki, kot so požar, poplava, potres, padec letala, ki lahko tudi vodijo do nesreče.

Pri obravnavanju nesreče seveda ne moremo mimo človeških napak, ki se lahko pojavijo v vsaki fazi nesreče, in so lahko vzrok za začetek nesreče ali za poslabšanje situacije med potekom nesreče. Med začetne dogodke, ki lahko vodijo do poškodbe sredice, pa lahko vključimo tudi diverzijo ali sabotažo.

2.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

2.3.1 Metode za oceno verjetnosti pojavljanja nesreče in oceno njihovih posledic oz. ocena tveganja

Verjetnost nastanka in poteka nesreče v jedrski elektrarni ocenjujemo z metodologijo verjetnostnih varnostnih analiz (VVA). VVA je postopek za pridobitev numerične ocene tveganja, ki so mu izpostavljeni okolica in prebivalstvo zaradi obratovanja različnih tehnoloških objektov, oziroma prisotnosti različnih dejavnosti in procesov. VVA temelji na identifikaciji možnih začetnih dogodkov ter na določanju zaporedij dogodkov, ki jih vsak začetni dogodek lahko sproži, skupaj s posledicami. VVA so sestavljene iz treh nivojev:

Nivo 1 - izračunana je verjetnost poškodbe sredice zaradi notranjih dogodkov (izguba vsega izmeničnega napajanja, zlom cevi primarnega sistema...) in zunanjih dogodkov (požar, potres, poplava...).

Nivo 2 - izračunana je verjetnost in količina radioaktivnih izpustov, časovni razvoj poteka dogodkov v zadrževalnem hramu za različne oblike in količine izpustov radioaktivnih snovi v okolje zaradi odpovedi pregrad in sistemov zadrževalnega hrama.

Nivo 3 - izračunane so pričakovane posledice za prebivalstvo in okolje zaradi radioaktivnih izpustov, določenih v nivoju 2. Upoštevana je tudi meteorološka, topografska in demografska značilnost lokacije.

2.3.2 Osnovne značilnosti metode

Glavni rezultati

Glavni rezultat VVA je verjetnost za poškodbo sredice ter verjetnost, količina in časovni potek radioaktivnih izpustov zaradi odpovedi zadrževalnega hrama.

Glavne kategorije vhodnih podatkov

Jedrska nesreča se prične z začetnim dogodkom, ki sproži različne odzive elektrarne in s tem potek nesreče. Pomembno je stanje elektrarne v trenutku nesreče, razpoložljivost komponent, zanesljivost komponent in človeške napake. Vse to vpliva na potek nesreče. VVA kažejo, da med množico možnih scenarijev obstaja skupina prevladujočih scenarijev poteka nesreče. Vsota verjetnosti vseh možnih potekov nesreče nam da celotno verjetnost za nastanek poškodbe sredice.

Negotovost rezultatov

Zaradi negotovosti vhodnih podatkov ne smemo obravnavati rezultatov analize kot absolutnih vrednosti za možnost nesreče. Analiza nam pokaže najverjetnejše scenarije, katere komponente in človeške akcije so najpomembnejše za potek nezgode ter stopnjo njihove pomembnosti.

Omejitve

V predpostavkah in poenostavitvah analize so običajno upoštevane nekatere omejitve. Obravnavajo se le potencialni radioaktivni izpusti iz sredice.

2.3.3 Tipični redi velikosti rezultatov

Pričakovana verjetnost poškodbe sredice za NEK je $4,26 \cdot 10^{-5}$, kar je primerljivo z elektrarnami podobnega tipa in starosti drugje. Ta vrednost vključuje notranje začetne dogodke, dogodke zaradi požarov, poplav, potresov in ostale zunanje dogodke, kamor spadajo padci letal, zunanje poplave, vremenske ujme ipd. Zadrževalni hram zmanjša verjetnost izpustov radioaktivnih snovi v okolje v primeru jedrske nesreče za 10 do 50-krat. Prav tako se podaljša čas, po katerem pride do potencialnega izpusta. To omogoča učinkovitejše ukrepanje po nesreči.

Negotovost rezultatov in razlike pri verjetnostih za poškodbo rezultatov so odvisne od metodologije VVA, zato skoraj nikoli direktno ne primerjamo končnih rezultatov za verjetnost taljenja sredice med posameznimi reaktorji, ne da bi pred tem upoštevali vrsto metodologije. Pri primerjavi rezultatov za verjetnost taljenja sredice za različne reaktorje je potrebno upoštevati le velikostne rede, ne pa podrobnih rezultatov. Glavni namen VVA je odkriti šibke točke tako, da se s čim manjšimi posegi doseže čim večji učinek - čim večje zmanjšanje verjetnosti taljenja sredice.

2.3.4 Uporaba VVA pri načrtovanju ukrepov

Začetni dogodek in sekvence razvoja nesreče

Pri načrtovanju ukrepov nam VVA omogoča, da glede na začetni dogodek predvidimo možno zaporedje poteka nesreče.

Prevladujoče najkrajše poti odpovedi in prevladujoča zaporedja razvoja nesreče

Predvidimo lahko kombinacije odpovedi, ki najbolj vplivajo na odziv elektrarne glede na poznavanje stanja sistemov in komponent v času nesreče.

Izpusti za posamezne skupine nezgodnih stanj elektrarne

Predvidimo lahko količino in časovni potek izpustov radioaktivnih snovi v okolje.

2.4 Vrste, oblike in stopnja ogroženosti

Pri jedrski nesreči se sprostijo radioaktivne snovi (radioaktivni plini in radioaktivni delci) pretežno v ozračje in se razširjajo v obliki radioaktivnega oblaka v širše okolje. Stopnja ogroženosti zaradi radioaktivne kontaminacije okolja je odvisna od vrste in količine izpuščene aktivnosti posameznih skupin radionuklidov (žlahtni plini, radioizotopi joda, delci z dolgoživimi cepljivimi in aktivacijskimi produkti) in od vsakokratnih meteoroloških razmer. Izpuščene radioaktivne snovi se iz kraja nesreče gibljejo v prevladujoči smeri vetrov. Razširjanje je odvisno od vremenskih razmer in tudi lokalne topografije. Radioaktivni delci se med zračnim transportom usedajo na površino tal (suha depozicija oz. suhi used) ali pa z izpiranjem s padavinami (mokra depozicija oz. mokri used).

Škodljivo ionizirajoče sevanje zaradi radioaktivnega onesnaženja ob jedrski nesreči prihaja do človeka po naslednjih prenosnih poteh:

- inhalacija radioaktivnih zračnih delcev,
- zaužitje kontaminirane hrane, mleka in pitne vode,
- neposredno zunanje obsevanje iz radioaktivnega oblaka in iz kontaminiranih tal,
- kontaminacija kože in oblačil,
- nenamerno zaužitje (prehranjevanje s kontaminiranimi rokami, kajenje, igranje otrok na kontaminiranih tleh) in
- v primeru poškodb, ko lahko radioaktivne snovi vstopajo v telo tudi preko odprtih ran.

Stopnja ogroženosti se s časom spreminja. Prebivalstvo v bližini kraja nesreče bo v prvih urah po izpustu najprej izpostavljeno zunanjemu sevanju iz radioaktivnega oblaka žlahtnih plinov, nato pa vdihavanju radioaktivnih delcev, še posebej izotopov radioaktivnega joda, ki se kopičijo v žlezi ščitnici. Srednjeročno (nekaj dni po nesreči) pa prihaja do obsevnih obremenitev kratkoživih izotopov zaradi zaužitja kontaminirane hrane, mleka in pitne vode (še posebej v krajih, kjer uporabljajo za pitje deževnico) ter zaradi zunanjega sevanja iz kontaminiranih tal. Med dolgoročno obsevanost prebivalcev štejemo dozo zaradi vnosa radioaktivnih snovi z dolgoživimi radionuklidi (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr) s hrano vzdolž celotne prehranske verige.

V primeru jedrske nesreče v NE Krško je stopnja ogroženosti največja v bližnjih območjih (to je od nekaj km do nekaj 10 km). V večji oddaljenosti pa je ogroženost območij odvisna od smeri zračnih tokov. V primeru nesreče v oddaljenih jedrskih objektih lahko pričakujemo enakomernejšo kontaminacijo po vsem ozemlju Mestne občine Koper. Ob preteklih jedrskih nesrečah se je pokazalo, da je ogroženost zaradi sevanja precej večja v krajih s pričakovano večjo količino padavin. Padavine namreč izperejo iz radioaktivnega oblaka radioaktivne snovi v obliki t.i. "mokega useda".

2.5 Potek in možen obseg nesreče

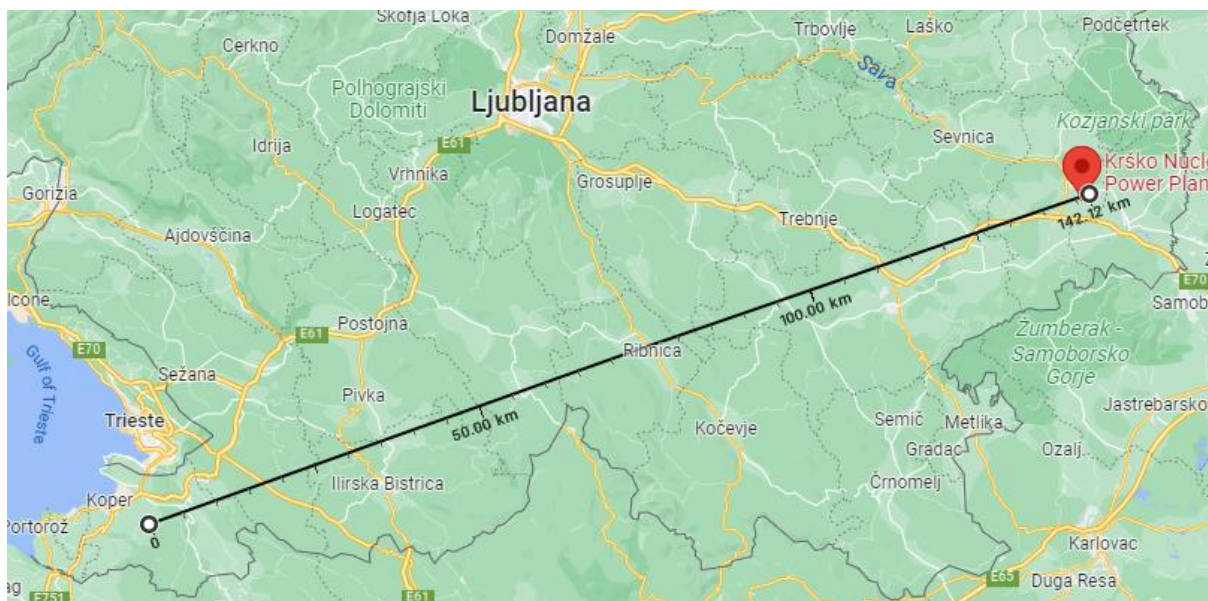
2.5.1 NE Krško

Za nesrečo v jedrski elektrarni Krško je potek nesreče izdelan v "Oceni ogroženosti NE Krško". Različni poteki projektnih nesreč in ter scenariji z verjetnostjo za taljenje sredice za NE Krško so obdelani v "Končnem varnostnem poročilu za NE Krško" in v "Verjetnostni varnostni analizi NE Krško".

Med nesreče v jedrskih elektrarnah, ki imajo vpliv na prebivalstvo, spadajo nesreče s poškodbo sredice. Jedrske elektrarne z zadrževalnim hramom zadržijo večino radioaktivnih snovi, tako da zaščitni ukrepi za prebivalstvo niso potrebni ali pa so minimalni. V primeru, da pride do odpovedi zadrževalnega hrama, se lahko v okolje sprostí znatna količina radioaktivnih snovi in zaščitni ukrepi za prebivalstvo so potrebni.

Kakšen bo izpust radioaktivnih snovi, je odvisno od mnogih faktorjev: obsega poškodbe sredice, hitrosti puščanja zadrževalnega hrama, ali gre za suh ali za moker izpust itd. Na koncentracijo in pot radioaktivnih snovi v zraku vpliva tudi vreme. Širjenje radioaktivnih snovi si lahko predstavljamo kot širjenje oblaka.

Oddaljenost NEK (zračna linija) od Mestne občine Koper je približno 142 km.



Slika 1: Oddaljenost NE Krško od Mestne občine Koper

2.5.2 Reaktor TRIGA

Končna varnostna ocena za raziskovalni reaktor TRIGA Mark II v Podgorici ne predvideva, da bi lahko prišlo do nesreče z radioaktivnim izpustom v okolico, ki bi imel posledice za prebivalstvo.

Nesreča z “največjim” vplivom na prebivalstvo bi bila poškodba srajčke gorivnega elementa pri premeščanju goriva, kar bi povzročilo dozo nekaj mikro Sv na oddaljenosti 100 m od reaktorja TRIGA.

2.5.3 Skladišče CSRAO na Brinju

Končno varnostno poročilo za CSRAO predvideva, da bi lahko v primeru požara v skladišču prišlo do kontaminacije okolice z dolgoživimi radionuklidi, ki so skladiščeni. Nadaljnja možnost izrednega dogodka v skladišču je lahko tudi teroristična diverzantska akcija z namenom, da bodisi izzove požar na lokaciji ali pa da odtuji radioaktivne odpadke in posledično namerno povzroči radioaktivno kontaminacijo.

2.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Ob upoštevanjem verjetnosti posameznih začetnih dogodkov in nedavno vgrajenih filtrov je najbolj ogroženo območje nekaj kilometrov od elektrarne. V primeru izpusta skozi filtre je to območje manj kot 10 km. V primerih, ko bi izpust šel mimo filtrov, kar predstavlja zgolj 1,27 % skupne verjetnosti izpustov, bi bilo ogroženo večje območje.

Radioaktivni izpusti med težko nesrečo zelo verjetno ne bi bili usmerjeni v določeno smer, tako da je potrebno načrtovati izvajanje zaščitnih ukrepov v vseh smereh istočasno.

Tudi pri staljeni sredici še ne bi bili potrebni takojšnji zaščitni ukrepi v okolju, če zadrževalni hram zdrži (ohrani svojo projektirano tesnost) in ni močnih vetrov. Toda, ker se odpovedi zadrževalnega hrama ne da napovedati, je potrebno izvajati preventivne zaščitne ukrepe, npr. evakuacijo bližnjega območja ob razglasitvi splošne nevarnosti.

2.7 Verjetne posledice nesreče

Izpostavljenost ionizirajočemu sevanju vpliva na zdravje ljudi. Učinke sevanja delimo na dve kategoriji:

➤ takojšnji (akutni):

- velike doze, prejete v kratkem časovnem obdobju, kratkoročno in dolgoročno ogrožajo zdravje izpostavljenih posameznikov. Če so doze dovolj velike, poškodujejo izpostavljene organe, kar povzroči sevalno bolezen ali smrt v nekaj dneh ali mesecih. Sevalna bolezen obsega bruhanje, diarejo, izgubo las, slabost v želodcu, črevesne težave, visoko temperaturo, izgubo teka in splošno slabost. Smrt lahko povzročijo poškodbe pljuč, tankega črevesa in kostnega mozga. Če ne gre za smrtni primer, traja okrevanje zaradi sevalne bolezni od nekaj tednov do enega leta. Po ozdravljeni sevalni bolezni so posamezniki še vedno lahko prizadeti zaradi zakasnelih učinkov sevanja.
- majhne doze v glavnem ne poškodujejo organov v takšni meri, da bi odpovedali, vendar pa obstaja dozni prag, pri katerem se pričnejo pojavljati poškodbe organov in tkiv. Ko je ta prag presežen, se začnejo poškodbe organov hitro pojavljati pri večini prebivalstva. Doza, pri kateri je določen zdravstveni učinek dosežen pri 50 % prebivalstva, označimo z D50, pri efektivnih dozah od 0,5 do 1 Sv se pričnejo pojavljati poškodbe organov. Pri efektivnih dozah nad 2,5 Sv pa prvi smrtni primeri. LD50 (lethal dose - smrtna doza) je oznaka za dozo, pri kateri 50 % ljudi, ki je prejelo takšno dozo, umre v 60 dneh. LD50 znaša od 3 Sv do 4,5 Sv, odvisno od medicinske oskrbe.
- če je efektivna doza okoli 1 Sv podeljena v zelo kratkem času, imamo tudi že pri povprečnem prebivalstvu primere s smrtnim izidom, ki se pojavijo po približno 2 mesecih. Za zdravega odraslega človeka in daljša obdobja obsevanja pa so vrednosti za LD50 premaknjene k 2,5 Sv.

➤ zakasneli (latentni):

- izpostavljenost majhnim dozam, ki jih oseba prejme v daljšem časovnem obdobju, lahko povzroči raka, ki se pojavi po daljšem času in ga ni možno opaziti takoj po obsevanju. Tveganje za raka naj bi bilo sorazmerno z dozo, ne glede na to, kako majhna je ta doza. Nekateri viri navajajo podatek, da kolektivna efektivna doza 20 čl-Sv (človek Sievert) povzroči en primer raka ne glede na to, koliko ljudi je bilo obsevanih. Potrebno je dodati, da večina ocen ne upošteva verjetnosti rakov, ki so ozdravljivi (rak ščitnice, kožni rak).

Pri posledicah jedrske nesreče je poleg zdravstvenih posledic potrebno upoštevati tudi gospodarske in psihosocialne posledice, ki izvirajo iz zaščitnih ukrepov (npr. zaradi zaklanjanja, evakuacije, zaužitja jodovih tablet, omejitev uporabe hrane itd.). Predmete, ki jih ni možno dekontaminirati, je potrebno vzeti iz uporabe in odložiti na predpisano mesto. Vpliv takšne nesreče bi bil na industrijsko proizvodnjo, trgovanje, turizem, pridelovanje hrane, šolstvo in šport.

2.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni predvideno, da bi jedrska nesreča sprožila druge nesreče. Morebiti bi lahko spontana evakuacija povzročila porast prometnih nesreč, vendar takšen scenarij ni bil analiziran. Druge nesreče, ki bi lahko morebiti vodile do jedrske nesreče, so zunanji vzroki, ki bi lahko povzročili taljenje sredice. Ta verjetnost je bila ocenjena v okviru verjetnostne varnostne analize za zunanje dogodke in znaša okoli 4×10^{-6} na leto za vse zunanje dogodke (požar, poplava, vihar itd.) razen za potres, ki sam prispeva okoli 1×10^{-5} na leto k verjetnosti za taljenje sredice.

2.9 Možnost predvidevanja nesreče

Nastanka jedrske nesreče se ne da napovedati, predvidimo lahko le verjetnost. Obstajajo ocene o pričakovani verjetnosti nesreč ter ocene o najbolj verjetnih scenarijih razvoja nesreče. Vse nesreče se ne zaključijo z radioaktivnimi izpusti v okolje. Izpusti so različni po sestavi in količini. Lahko se določijo najbolj vplivni faktorji na verjetnost nesreče, radioaktivni izpusti (izvorni člen) in morebitni vpliv na njih.

2.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

2.10.1 Stopnje nevarnosti izrednega dogodka v NEK

Za zagotavljanje pravočasnega in ustreznega ukrepanja zaščite in reševanja se izredne dogodke v NEK razvršča v stopnje nevarnosti:

- **Stopnja 0 - nenormalni dogodek** (*unusual event*) se razglasi ob nastanku dogodkov, ki bi lahko ob nepravilnem ukrepanju ali razvoju stanja, ki ga osebje v izmeni jedrske elektrarne ne bi imelo več pod nadzorom, vplivali na varnost elektrarne in bi vodili v višjo stopnjo nevarnosti;
- **Stopnja 1 - začetna nevarnost** (*alert*) se razglasi pri nastanku ali razvoju dogodkov, ki imajo ali bi lahko imeli za posledico zmanjšanje varnosti v jedrski elektrarni. Možen je manjši izpust radioaktivnih snovi, ni pa pričakovati večjega tveganja za okolje;
- **Stopnja 2 - objektna nevarnost** (*site emergency*) se razglasi pri nastanku ali razvoju dogodkov, ki imajo ali bi lahko imeli za posledico večjo odpoved varnostnih funkcij elektrarne in posledično ogroženost osebja jedrske elektrarne in okoliškega prebivalstva. Obstaja možnost ali pa je že prišlo do izpusta radioaktivnih snovi v takem obsegu, ki zahteva zaščitne ukrepe v jedrski elektrarni, vključno z evakuacijo območja jedrske elektrarne in območja, ki je pod neposrednim nadzorom jedrske elektrarne in
- **Stopnja 3 - splošna nevarnost** (*general emergency*) se razglasi, ko grozi oziroma je prišlo do poškodbe ali taljenja sredice z možnostjo poškodovanja zadrževalnega hrama. Obstaja možnost ali pa je prišlo do izpusta radioaktivnih snovi v okolje v tolikšnem obsegu, ki zahteva zaščitne ukrepe na območju izven jedrske elektrarne.

Izredni dogodek v NEK se lahko začne s stopnjo 0, ki se potem postopoma slabša in razvije v težko jedrsko nesrečo. Temu primerno bi bile razglašene stopnje nevarnosti vse do stopnje 3. Vendar to ni nujno. Izredni dogodek se lahko začne takoj s katero koli stopnjo, tudi s stopnjo 3, kar je sicer zelo malo verjetno.

2.10.2 Območja načrtovanja za jedrsko nesrečo v NEK in zaščitni ukrepi

Za zagotavljanje pravočasnega izvajanja zaščitnih ukrepov se vnaprej določi območja izvajanja zaščitnih ukrepov:

- **Območje preventivnih ukrepov (OPU)** - območje s polmerom 3 km okrog NEK po mejah krajevnih skupnosti
- **Območje takojšnjih ukrepov (OTU)** - območje s polmerom 10 km okrog NEK po mejah krajevnih skupnosti
- **Razširjeno območje ukrepanja (ROU)** - območje s polmerom 25 km okrog NEK po mejah krajevnih skupnosti; območje je zaradi lažjega izvajanja ukrepov razdeljeno na 16 sektorjev po 22,5°
- **Območje splošne pripravljenosti (OSP)** - območje celotne Slovenije

Celotno območje Mestne občine Koper se nahaja izven območja načrtovanja takojšnjih zaščitnih ukrepov (OTU, 10 km) kot tudi izven območja načrtovanja dolgoročnih zaščitnih ukrepov (ODU, radius 25 km). Mestna občina Koper sodi v območje splošne pripravljenosti (vsa Slovenija), kjer se zaščitni ukrepi izvajajo na podlagi meritev.

3 UPORABA RADIOAKTIVNIH SNOVI

3.1 Viri nevarnosti

To so stacionarni objekti, kjer uporabljajo radioaktivne snovi (npr. raziskovalni inštituti in bolnišnice). V industriji pa se lahko radioaktivne snovi uporabljajo na določenem mestu (npr. za merjenje debeline pločevine, nivojev v posodah), lahko pa so premični (npr. radiografski viri, sonde za merjenje vlažnosti in gostote cestišča, kalibracijski viri, itd.).

3.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Vzrok za nastanek nesreče z radioaktivnimi snovmi je predvsem človeška napaka, ker so radioaktivne snovi pasivne naprave.

Vzroke lahko razdelimo na:

- **nepravilno uporabo**, vključno z vzdrževanjem, hrambo ali izgubo radioaktivne snovi zaradi malomarnosti, nevednosti, neznanja ali neupoštevanja predpisov varstva pred sevanji,
- **konstrukcijsko napako** pri vgradnji vira sevanja (npr. slaba izdelava ščita, neustrezno izdelano orodje za rokovanje z virom) in
- **namerna povzročitev** nesreče zaradi osebnih motivov ali organiziranega subverzivnega delovanja.

3.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Glede na izkušnje v Sloveniji z dosedanjimi primeri izrednih dogodkov pri uporabi radioaktivnih snovi:

- dogodek z razsuto vsebino igle z 10 mg ^{226}Ra , ki je povzročila kontaminacijo prostorov na Onkološkem inštitutu v letu 1961,
- stalitev ^{137}Cs v železarni Štore leta 1983,
- iskanje in najdba pogrešanega ^{137}Cs na območju podjetja Metalne v Mariboru leta 1995,
- poškodovanje merilne sonde podjetja Igmata d. d. za merjenje vlažnosti in debeline cestišča leta 1998,
- stalitev ^{60}Co v železarni Acroni d. d. na Jesenicah leta 2001,
- odkritje kontaminacije, kot posledice nestrokovnega ravnanja z ionizacijskimi javljalniki požara v podjetjih Iskra Prins d.d. in Zarja Elektronika d. o. o. leta 2004 oziroma 2011,
- izguba dveh strelovodov s ^{60}Co v Gorišnici leta 2005,
- obsevanost dveh delavcev Q Techna d.o.o pri izvajanju industrijske radiografije leta 2013
- idr.

lahko predpostavljamo, da ob sedanjem številu virov sevanja v Sloveniji pričakujemo dogodek ali nesrečo z nenamerno kontaminacijo s pogostostjo manj kot enkrat letno in več kot enkrat na 10 let.

Le manjše število virov sevanja v Sloveniji ima takšno aktivnost, da bi lahko z njimi povzročili radiološko nesrečo takšnega obsega, da bi bilo zaradi prejetih doz ogroženo življenje večjega števila ljudi. Po drugi strani pa lahko skoraj vsak vir sevanja povzroči kontaminacijo okolja in s tem povezano ekonomsko škodo. V Sloveniji ni bila do sedaj ugotovljena nobena namerno povzročena nesreča z virom sevanja.

3.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Za razliko od jedrskega objekta gre pri uporabi radioaktivnih snovi v glavnem za naslednji groženosti:

- nenamerno zunanje obsevanje osebja, ki dela z radioaktivnimi snovmi ali drugih oseb, ki pridejo v njihovo bližino,
- kontaminacijo delovnega okolja z radionuklidi, kot so npr. dolgoživi ^{241}Am ali s srednje dolgoživima ^{137}Cs , ^{60}Co , kratkoživim ^{131}I , in podobno.

Pri delu z odprtimi radionuklidi gre praviloma za raztros ali razlitje virov nižje aktivnosti, ki prizadenejo predvsem delovno osebje in okolje, splošno prebivalstvo pa praviloma ni ogroženo. Običajno gre za kratkožive izotope, tako da ogroženost ni niti trajnega niti akutnega značaja.

3.5 Potek in možni obseg nesreče

Nesreča se zgodi zaradi nevednosti ali površnosti. Ljudje so v takih primerih obsevani zaradi najdbe neoznačenega in nezaščenega vira sevanja ali pa zaradi njegove izgube, pri čemer pa ne vedo, da so v njegovem območju sevanja. Pri delu z viri sevanja pa lahko pride do izpada kapsule z radioaktivno snovjo iz naprave ali do okvare mehanizma, ki opravlja zaščitno funkcijo - vrne vir v zaščitni vsebnik, ali zapre pot med uporabnikom in virom z zaščitnim zaslonom ali steno.

Pri delu z odprtimi viri lahko pride do kontaminacije delovnih pripomočkov ali prostora. Če pripomočkov ali prostora ne dekontaminiramo oziroma ne omejimo dostopa do njih, se lahko kontaminacija raznese po objektu ali širši okolici. Obseg nesreče je praviloma lokalne razsežnosti, saj zaradi kontroliranega delovnega okolja ni pričakovati kontaminacije ali povišane hitrosti doze na širšem območju. Izjema so primeri, ko pride do taljenja visoko radioaktivnega in disperznega vira sevanja v železarni, pri čemer lahko pride do kontaminacije zaradi zračnega transporta tudi na večje razdalje.

3.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

V običajnih primerih nesreč, ko gre za delovno nesrečo pri uporabi vira sevanja, bi bilo ogroženih le nekaj ljudi, ki so v neposrednem stiku z radioaktivnimi snovmi oziroma s kontaminacijo. V primeru namernega obsevanja in/ali kontaminacije zaradi teroristične akcije bi lahko bila prizadeta večja območja in večje število prebivalstva. Smrtnih žrtev zaradi prekomernega obsevanja ali pomembnejših vplivov na zdravje ljudi skoraj ni pričakovati. Zaradi radioaktivne kontaminacije bi lahko bili določeni predmeti izločeni oziroma trajno neuporabni. Zaradi psiholoških razlogov bi lahko zamrle nekatere ekonomske in družbene dejavnosti, kar bi povzročilo začasen padec cen nepremičnin.

3.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 2.7.

3.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno

3.9 Možnost predvidevanja nesreče

Nesreče pri uporabi virov ni možno neposredno predvideti. Kljub temu lahko inšpekcijski nadzor ugotovi pomanjkljivo vzdrževanje, izobraževanje, pogoste napake, neupoštevanje predpisov, pomanjkljive postopke, slabo varnostno kulturo ipd., kar so že lahko možni vzroki nesreče in jih je zato potrebno popraviti.

3.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Prvi ukrep v primeru radiološke nesreče je zavarovanje območja zato, da se omeji sevanje in kontaminacijo. Z zavarovanjem območja se onemogoči dostop ljudem in živalim ter s tem prepreči nezgodno obsevanost in širjenje morebitne kontaminacije. Potrebno je fizično zavarovati ustrezno veliko območje okrog vira sevanja oz. lokacije nesreče. Velikost območja je odvisna od doznega polja (hitrosti doze), zato je potrebno čim prej opraviti meritve, na začetku pa se glede na vrsto dogodka določi konservativno večje območje.

4 KRIMINALNO DEJANJE

4.1 Viri nevarnosti

Kazenski zakonik opredeljuje kot terorizem tudi uporabo ali grožnjo uporabe jedrskih ali radioaktivnih snovi. Ena od povzročitev splošne nevarnosti je tudi povzročanje nevarnosti za življenje ljudi ali premoženje velike vrednosti z ionizirajočim sevanjem.

Dokument MAAE [30] nakaže več možnosti tovrstnih radioloških dogodkov, med drugim:

- sum na ali dejanska "umazana bomba" (eksploziv in radioaktivna snov),
- verjetne grožnje ali sporočila s tovrstno grožnjo,
- naprave, ki nakazujejo na to, da so namenjene razpršitvi kontaminacije,
- znaki možne namenske kontaminacije (npr. razlitje),
- visoke hitrosti doze gama sevanja ali prisotnost nevtronskega sevanja,
- nevarni viri sevanja, ki so ukradeni ali vključeni v teroristično dejanje ali eksplozijo.

4.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Gre za storitev kaznivega dejanja z naklepom ali iz malomarnosti. Posamezniki ali skupine, ki bi storile taka dejanja, bi lahko imele različne motive, npr. ideološke, politične, psihološke, osebne ("ego") ali ekonomske. Lahko bi bili tudi prisiljeni z izsiljevanjem, da storijo kaznivo dejanje ali pripomorejo k njegovi izvedbi.

Pri notranjih storilcih (zaposlenih, "insajderjih") gre pogosto za maščevanje nezadovoljnih posameznikov, nenaklonjenost organizaciji, ki je vpeta v določeno okolje, ali vpliv poslabšanja gospodarske situacije.

4.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Glede na dogodke po svetu, ki so znani, oziroma so strokovno odmevali v zadnjih desetletjih in vsebujejo kriminalno komponento, gre za referenčne primere z različnimi radionuklidi. Ob konzervativni predpostavki (zanesljivost je srednja) se lahko zaradi globalnih političnih razmer poda ocena, da bi do takega dogodka lahko prišlo enkrat v 25 letih (ali redkeje), pri čemer so vključeni tudi dogodki – kriminalna dejanja, ki ne bi imela resnejših radioloških posledic.

V tej točki ni posebej omenjeno teroristično dejanje z uporabo ukradenega jedrskega orožja ali improvizirane atomske bombe, ker ocenjujemo tovrstne dogodke na območju Mestne občine Koper za skrajno malo verjetne.

4.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Gre za ogroženost posameznikov ali določenega števila ljudi zaradi zlonamerne izpostavljenosti sevanju, bodisi zaradi radioaktivnega vira, kontaminacije okolja, hrane, pitne vode ali razpršitve radioaktivnih snovi z "umazano bombo".

4.5 Potek in možni obseg nesreče

Do nesreče lahko pride zaradi kraje, sabotaže ali izsiljevanja - tu so možni različni poteki, od nenamernega obsevanja zaradi nepoznavanja, da gre za radioaktivno snov, do namernega obsevanja ali zaužitja radioaktivne snovi, ki lahko pripelje do znatnih zdravstvenih posledic oziroma kontaminacije okolja.

Za prve reševalce je pomembno, da je treba pri terorističnih oziroma kriminalnih dejanjih privzeti možnost, da so storilci lahko med opazovalci v javnosti.

Razstrelitev radioaktivne "umazane bombe" s ^{137}Cs oziroma s ^{90}Sr , ^{241}Am , ^{226}Ra ali drugimi radionuklidi ali razpršitev takih snovi na drugačen način kot teroristično dejanje bi lahko imela zdravstvene posledice za ljudi.

Vplivno območje dogodka je odvisno predvsem od aktivnosti in razpršljivosti uporabljenega vira sevanja. Učinki takšnega dejanja bi imeli velik psihološki vpliv in ekonomske posledice ter bi vzbudili tudi večjo pozornost mednarodne javnosti. Najbolj problematična bi bila dekontaminacija v gosto naseljenih urbanih centrih, npr. glavni trg z bogato kulturno dediščino v večjem mestu z 20.000 prebivalci in več, kontaminacija vodovodnih sistemov ipd.

4.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Največjo grožnjo, ki je sicer najmanj verjetna, bi predstavljala "umazana bomba" ali druga razpršitev razpršljivih radioaktivnih snovi z visoko radioaktivnostjo oziroma visoko radiotoksičnostjo. Takih dogodkov do sedaj po svetu ni bilo. Eden od ukrepov za okoliške prebivalce (npr. v razdalji 1 km) bi bil, da se do preklica ne je in ne pije ničesar, kar bi bilo lahko kontaminirano, npr. zunaj rastoča zelenjava ali deževnica. Omeniti velja še izogibanje igranja otrok v območju razpršitve in izogibanju prašnih površin ali dejavnosti, ki bi povzročale prašenje, s čimer se prepreči nenamerni vnos radioaktivnih snovi v telo.

4.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 2.7.

Teroristično dejanje z jedrskimi ali radioaktivnimi snovmi bi imelo močan političen vpliv tako v domovini kot v tujini. Znaten bi bil lahko tudi gospodarski vpliv nesreče. Odvisen bi bil predvsem od siceršnjega pomena tega območja (urbano, ruralno, kritična infrastruktura, narodni parki ali zaščitena območja, prireditve z večjim številom udeležencev in gledalcev, kulturna dediščina ...). Posledice "umazane bombe" bi lahko vplivale na več sto ljudi (zakasneli učinki ionizirajočega sevanja, evakuacija, dekontaminacija in ravnanje z nastalimi radioaktivnimi odpadki ter psihološko-socialni vidiki).

Pri drugih kriminalnih dejanjih bi bile lahko posledice zelo različne ali bi za njih izvedeli celo po daljšem časovnem obdobju. V tem sklopu velja omeniti namensko obsevanje (RED – radiation exposure device), ki bi lahko povzročila takojšnje ali zakasnele učinke. Na srečo bi bil njen gospodarski vpliv časovno omejen, prav tako psiho-sociološki vplivi na prebivalce. Zanimanje medijev bi bilo veliko, a vseeno manjše kot pri terorističnem dejanju.

Omeniti velja še razpršitev oziroma dajanje radioaktivnih snovi v hrano, pijačo oziroma kontaminacijo pitnih virov. Tudi v teh primerih, ki so si po učinkih lahko precej različni, bi lahko šlo za takojšnje ali zakasnele učinke. Kriminalna in predvsem teroristična dejanja bi bila najverjetneje povezana z globalnimi političnimi izzivi, njihove posledice pa bi lahko povzročile okrnjeno delovanje državnih organov in ovirale normalno življenje večjega dela prebivalstva.

4.8 Verjetnost nastanka verižne reakcije

Ni za pričakovati, da bi kriminalno dejanje sprožilo druge nesreče. Pri "umazani bombi" bi, če bi eksplodirala tam, kjer bi se nahajali ljudje, bile posledice detonacije eksplozije tiste, ki bi povzročale takojšnji učinek. Verjetnost, da bi hkrati odjeknilo več eksplozij "umazanih bomb" ali da bi šlo hkrati za več ločenih obsevanj ali da bi se npr. hkrati uporabilo še druge nevarne snovi (kemikalije, biološki agensi), je majhna.

4.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvidevanje kriminalnega dejanja z uporabo jedrskih ali radioaktivnih snovi ni možno. Vendar je ravno stopenjski pristop, ki velja za uporabo, vključno s prevozom, tisti, ki zagotavlja strožja pravila uporabe, vključno s fizičnim varovanjem oziroma ukrepi varovanja, za tiste snovi, ki predstavljajo višje tveganje v smislu kraje, sabotaže ter drugih ravnanj (npr. namenskega obsevanja). Spremlja se tuje dogodke, ki se jih ustrezno ovrednoti v smislu ocene ogroženosti in na druge načine. V zadnjem obdobju se daje večji poudarek tudi na notranje grožnje.

4.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

V primeru "umazane bombe" bi morali biti zaradi varovanja zdravja ljudi zaščitni ukrepi hitri in hkrati dobro premišljeni. Dekontaminacija v urbanem okolju bi bila zahtevna in draga.

V smislu namenske izpostavljenosti v urbanem okolju in v cestnem prometu imajo določene službe (npr. carina/FURS, policija) detekcijsko opremo, vključno s tisto, ki se uporablja v vozilih ali se jo nosi na sebi. Oprema bi bila pomembna zlasti v primerih, ko bi obstajala grožnja in bi bilo treba poiskati, kje bi se lahko nahajale jedrske ali radioaktivne snovi. Pri tem bi bili pomembni tudi obveščevalni podatki.

Podatki o jedrskih snoveh in visoko radioaktivnih virih sevanja niso javni. Ustrezno varovanje teh podatkov in informacij je eden od pomembnih preventivnih ukrepov.

Eden od možnih ukrepov je tudi evakuacija. Preselitev bi prišla v poštev le v skrajno malo verjetnem dogodku. V primeru kontaminacije hrane, vode ali prevoznih sredstev (npr. avtobusov) je ključna dejavnost skrb za omejitev možnosti izpostavljenosti prebivalstva. Gospodarski vpliv nesreče bi nastal zaradi omejene uporabnosti območja zaradi kriminalnega ali terorističnega napada.

5 NENADZOROVANI VIRI TVEGANJA

5.1 Viri nevarnosti

So predvsem viri sevanja nad katerimi je bil izgubljen nadzor (t.i. "orphan sources" oziroma izgubljeni viri). To so lahko viri, na katere se lahko preprosto "pozabi" zaradi pomanjkljivega nadzora upravljavca oziroma zaradi pomanjkljivega upravnega in inšpekcijskega nadzora ali pa sploh nikoli niso bili pod nadzorom. Takšni viri sevanja se pogosto pomešajo med sekundarne kovinske surovine.

Glede na pretekle izkušnje v tujini lahko predstavljajo izgubljeni viri sevanja veliko nevarnost, še posebej tisti, ki so nezaščiteni in imajo veliko aktivnost ter povzročajo visoke hitrosti doze, ali pa tisti, ki so nehote staljeni pri predelavi odpadnih kovin in gredo v plinaste izpuste (^{137}Cs). Vzpostavljeni nadzor nad viri sevanja (načelo "od zibelke do groba") in nad vnosom virov sevanja v državo, vključno z nadzorom nad odpadnimi kovinami, bistveno zmanjšujeta verjetnost takšnih dogodkov in posledic v Obalni regiji ter s tem tudi na območju Mestne občine Koper.

Ker je odkritje nenadzorovanega vira sevanja povezano z merjenjem sevanja, jih je možno odkriti tam, kjer se to sistematično meri. To so lokacije odpadov, kjer se zbira, obdeluje in predeluje odpadne kovine, predvsem železo. Tovrstne lokacije so tudi mednarodni mejni prehodi, kjer so portalni ali drugi stacionarni merilniki sevanja oz. se uporablja prenosna detekcijska oprema. Na območju Mestne občine Koper se merilniki sevanja nahajajo na vstopu oziroma izstopu v/iz območja Luke Koper. Nenadzorovane vire je možno odkriti tudi na vstopu v talilnice, kjer ravno tako izvajajo nadzor nad vsebnostjo radioaktivnih snovi v vhodnem materialu.

5.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Vzroki za tovrstne nesreče so praviloma malomarnost upravljavca (oz. lastnika) in pomanjkljiv upravni nadzor. Ker se lahko izgubljeni vir nahaja kjerkoli, predstavlja do ponovnega "odkritja" potencialno nevarnost. Ne da bi se zavedali nevarnosti lahko ljudje takšen vir vtaknejo žep, ali pa ga prinesejo v bivalne prostore, nestrokovno razstavljajo naprave z radioaktivnimi snovmi oziroma poškodujejo embalažo ter se obsevajo. Pri virih, ki se nahajajo v odpadnih kovinah, je velika možnost, da končajo v talilnici železarne ali jeklarne oziroma druge livarne.

5.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost za tak dogodek – nastanek nesreče z nenadzorovanim visokoaktivnim virom sevanja – je v Mestni občini Koper ocenjena na enkrat na dvajset do petindvajset let.

Doslej se največje nesreče, ki so terjale življenje ali pustile hujše zdravstvene posledice posameznikom, dogajajo v svetovnem merilu približno enkrat na pet do deset let. Podobnega reda velikosti bi bila tudi svetovna verjetnost stalitve visoko radioaktivnega vira (ali drugega vira sevanja, ki bi kontaminiral okolje) pri predelavi kovin. Te nesreče doslej niso terjale življenj ali povzročile trajnih posledic za zdravje ljudi. Povzročile so le občutno ekonomsko škodo.

V Sloveniji smo beležili pri predelavi kovin stalitev vira sevanja manjše aktivnosti približno enkrat na deset let.

5.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Vrsta, oblika in stopnje ogroženosti je podobna kot je opisana v 3.4, medtem ko gre pri taljenju vira v peči železarne ali jeklarne za radioaktivno kontaminacijo produkta (običajno ^{60}Co) ali za izpust hlapljivih radioaktivnih snovi v ozračje (običajno ^{137}Cs). Dodati je treba, da je izpust v ozračje praviloma zelo razredčen, tako da znatnih doz, ki bi terjale evakuacijo prebivalstva ni pričakovati.

5.5 Potek in možni obseg nesreče

Potek in možni obseg nesreče je enak kot v poglavju 3.5.

5.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

V običajnih primerih nesreč gre za ogroženost nekaj ljudi, ki pridejo v neposredni stik z radioaktivnim izvorom. Zaradi radioaktivne kontaminacije bi lahko bili določeni predmeti izločeni oziroma trajno neuporabni.

5.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 2.7.

5.8 Verjetnost nastanka verižne reakcije

Ni možno.

5.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvidevanje nesreče ni možno, vendar se iz dosedanjih izkušenj doma in v tujini predvideti verjetnost in posledice takšne nesreče.

5.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Glej poglavje 3.10.

6 PREVOZ RADIOAKTIVNIH SNOVI

6.1 Viri nevarnosti

Pri prevozu radioaktivnih in jedrskih snovi se lahko zgodi prometna nesreča. Verjetnost za radiološko nesrečo (ko bi prišlo do znatnih ravni sevanja, puščanja in kontaminacije vozila, okolice) je malo verjetna. Podatki o virih sevanja so razvidni iz prevozne listine oziroma v primerih, ko je potrebno dovoljenje, tudi iz dovoljenja za prevoz radioaktivne snovi, ki ga izdaja bodisi Uprava RS za varstvo pred sevanji bodisi Uprava RS za jedrsko varnost.

MAAE INES lestvica navaja npr. nepravilno pakiranje visoko radioaktivnega vira kot nezgodo stopnje 2, v primeru kraje visoko radioaktivnega vira ali njegove napačne dobave brez ustreznih postopkov za rokovanje z njim pa celo stopnjo 3 (resna nezgoda).

Ožje območje Mestne občine Koper dodatno ogrožajo občasni prevozi jedrskega goriva iz Luke Koper v NE Krško.

6.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Pri prevozu radioaktivnih snovi so lahko vzroki prometna nesreča, kraja vozila in/ali radioaktivnih snovi, padec tovorka z radioaktivnimi snovmi iz vozila oziroma teroristična akcija. Možen vzrok je lahko tudi nesreča med pretovarjanjem radioaktivnih snovi (nakladanje oziroma razkladanje ali padec težkega predmeta pri čakanju na prevoz).

6.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Točnih evidenc o številu opravljenih prevozov radioaktivnih snovi in številu prevoženih kilometrov v Sloveniji in Obalni regiji ter Mestni občini Koper ni (cesta, železnica, po morju, v zračnem prometu). Na podlagi tujih statistik sklepamo, da je v Sloveniji in Obalni regiji v prevozu nekaj tisoč tovorkov z radioaktivnimi snovmi letno. Na podlagi analize nesreč pri prevozu drugih nevarnih snovi ocenjujemo, da gre za verjetnost enega dogodka v obdobju več kot deset let.

Do sedaj v Mestni občini Koper ni bilo uradno evidentiranih nesreč pri prevozu radioaktivnih snovi. Verjetnost, da pri prevozu radioaktivnih snovi po cesti pride do nesreče, obstaja, vendar je zelo majhna.

Pri prevozu izrabljenega jedrskega goriva je verjetnost, da bi prišlo do raztrosa jedrskih in radioaktivnih snovi, zanemarljiva, saj so kontejnerji projektirani tako, da zdržijo celo trk z lokomotivo. Lahko tudi ocenimo, kje je večja verjetnost, da bo prišlo do nesreče pri prevozu radioaktivnih snovi. Radioaktivne snovi potujejo znotraj države od meje, ker so dobavitelji v tujini, ali pa z mednarodnega letališča Brnik, do končnih uporabnikov. Pri tem se razen pri lokalnem prevozu na končni naslov uporabljajo ceste, ki sestavljajo slovenski avtocestni križ. Tu je povečana verjetnost nesreče zaradi števila prevozov in zaradi gostote prometa.

6.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Podobno kot v poglavju 3.4. velja, da lahko pri nesreči z radiografskim ali obsevalnim virom sevanja nastanejo sevalna polja z visoko dozno hitrostjo. Glede na tehnologijo izdelave vira sevanja z visoko radioaktivnostjo, načinom ščitenja vira sevanja in zasnove tovorka ter glede

na zahtevano usposobljenost osebja, ki prevaža takšne radioaktivne snovi, je zelo majhna verjetnost, da bi udeleženci prejeli visoke doze sevanja.

Pri odprtih virih sevanja zaradi majhnega volumna prav tako ni pričakovati radioaktivnega onesnaženja širšega okolja, četudi bi prišlo do nesreče. Malo verjetna je tudi ogroženost zaradi kontaminacije površinskih vodotokov ali podtalnice, ker sta volumen in aktivnost tekočinskih radioaktivnih virov glede na volumen podtalnice majhna (ob pogoju, da se kontaminirana zemlja in materiali hitro odstranijo s prizadete površine). Razlitje ali raztros sta tudi malo verjetna, ker so praviloma tovrstni viri za prevoz ustrezno zapakirani in zaščiteni. Ob nesreči pri prevozu je možna kontaminacija embalaže, vozila ter oseb iz spremstva, udeleženih v nesreči. Le v primeru požara pri nesreči lahko pride do termične poškodbe vira in v zvezi s tem tudi do morebitne kontaminacije oseb in okolja.

6.5 Potek in možni obseg nesreče

Zaradi prometne nesreče lahko pride do poškodbe embalaže z radioaktivno snovjo in razsutja radioaktivnih ali jedrskih snovi na mestu nesreče. Obseg nesreče bi bil večji, če bi pri tem prišlo do požara ali eksplozije.

6.5.1 Prevoz svežega goriva

NE Krško uvozi enkrat na 18 mesecev od 50 do 60 gorivnih elementov (maksimalna obogatitev z ^{235}U je 5 %). Sveže gorivo se prevaža predvsem po morju in po cesti. Sveže gorivo pride običajno z namensko ladjo po morju do Luke Koper, nato pa s tovornimi vozili po cesti do NE Krško. Prevozi svežega goriva za potrebe raziskovalnega reaktorja TRIGA so redki, zadnji je bil povezan z izvozom 10 svežih gorivnih elementov v Francijo leta 2007.

Morebitna nesreča povzroči znatno gospodarsko škodo zaradi morebitne fizične poškodbe goriva. Kontaminacija je malo verjetna, ker je sveže gorivo zaprto v posebnih vsebnikih za prevoz goriva. Samo gorivo je v keramični obliki, zato ni topno v vodi. Obsevanje zaradi svežega goriva je zanemarljivo, saj je svež gorivo malo radioaktivno.

6.5.2 Prevoz izrabljenega goriva

NE KRŠKO

Trenutno se vse gorivo iz NE Krško hrani na lokaciji. Na lokaciji se bo zgradilo suho skladišče izrabljenega goriva. V bližnji prihodnosti se izrabljeno gorivo ne bo prevažalo iz lokacije NE Krško.

TRIGA

Raziskovalni reaktor TRIGA uporablja za svoje obratovanje jedrsko gorivo, ki je bilo kupljeno v ZDA. V skladu z dogovorom med vladama RS in ZDA je bil večji del izrabljenega goriva leta 1999 vrnjen v ZDA. Izdelano je bilo ustrezno varnostno poročilo in pridobljena vsa dovoljenja. Ta prevoz je minil brez posebnosti.

Tranziti izrabljenega goriva

V zadnjih letih je bilo preko Slovenije in posledično območja Mestne občine Koper opravljenih več tranzitov izrabljenega goriva (nazadnje iz Romunije, Madžarske, Srbije in Avstrije). V bližnji prihodnosti takšni tranziti niso predvideni.

Tranzit je bodisi cestni bodisi železniški (na relaciji Dolga vas – Luka Koper). Običajno gre za gorivo iz raziskovalnih reaktorjev, ki se vrača v državo, ki ga je izdelala (Rusija oz. ZDA). V Luki Koper se zabojniki - tovorki vrste B(U) preložijo na namensko ladjo, na kateri se včasih nahaja že gorivo, ki je bilo naloženo v drugih pristaniščih. Organizator prevoza skupaj z varnostno službo in s policijo poskrbi za ustrezno fizično varovanje. Za varstvo pred sevanji je ustrezno poskrbljeno.

6.5.3 Prevoz radioaktivnih snovi za potrebe medicine, industrije, raziskav in drugih dejavnosti

Pošiljke radioaktivnih snovi potekajo bodisi zaradi dobave organizacijam, ki jih uporabljajo, bodisi zaradi prevoza prenosnih virov na mesto uporabe. V prvem primeru gre predvsem za uporabo virov sevanja v medicini (^{125}I , ^{131}I , ^{18}F in $^{99\text{m}}\text{Tc}$) in za dobavo stacionarnih virov industriji (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{85}Kr , ^{55}Fe , ^{90}Sr in ^{241}Am). V drugem primeru pa gre za prevoze virov sevanja, ki se uporabljajo pri kontroli zvarov ali gradbenih del na terenu. Najpogostejši radionuklidi so ^{192}Ir v tovorkih B(U) oziroma ^{75}Se , ^{137}Cs , $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ v tovorkih A. Pogosto se prevažajo še viri sevanja nizke aktivnosti, ki so vgrajeni v prenosne merilne instrumente (^{63}Ni , ^{133}Ba , ^{137}Cs v izvzetih tovorkih).

Prevozniki morajo v skladu z Zakonom o prevozu nevarnega blaga imeti navodila, kako ukrepati v primeru nezgode. V skladu s Pravilnikom o uporabi virov sevanja in sevalni dejavnosti morajo imeti prevozniki visokoaktivnih virov sevanja tudi pisna navodila, kako ukrepati oz. preprečevati nedovoljen dostop, izgubo vira sevanja, krajo ali poškodbo vira sevanja v požaru.

Posledice morebitne nesreče pri prevozu radioaktivnih snovi – če že pride do radiološkega dogodka – so prostorsko omejene, praviloma na neposredno okolico prometne nesreče ali izjemoma na bližnje območje. V primeru radionuklidov s kratkimi razpolovnimi dobami (^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ali ^{18}F) je vpliv nesreče razmeroma kratkotrajen (nekaj dni ali tednov), zato je dekontaminacija praviloma manj zahtevna. Pri nesreči z viri sevanja, ki imajo razpolovno dobo daljšo od enega leta pa je potrebno predvideti prepakiranje oziroma dekontaminacijo in način ravnanja z nastalimi radioaktivnimi odpadki. Obstaja tudi možnost kontaminacije oseb, udeleženih v nesreči, ki bi jih bilo potrebno ustrezno oskrbeti in dekontaminirati.

6.5.4 Tranzit radioaktivnih snovi

Veljajo enaki ukrepi in podatki kot pri prevozu v domačem prometu. Posebej pa je potrebno izpostaviti tranzite virov sevanja s pomembno aktivnostjo - t.j. tistih, katerih aktivnosti dosegajo kategoriji I in II (MAAE kategorizacija). Tovrstni tranziti se dogajajo vsakih nekaj let.

6.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Zaradi tovrstne nesreče bi bilo ogroženih nekaj ljudi oziroma bi potencialno za daljši čas morali omejiti dostop na območje, če ga ne bi bilo mogoče dekontaminirati. Površina takšnega področja bi znašala nekaj sto kvadratnih metrov, v najbolj konservativnem primeru nekaj tisoč kvadratnih metrov.

6.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 2.7.

6.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

6.9 Možnost predvidevanja nesreče

Ni možno.

6.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Glej poglavje 3.10.

7 PADEC SATELITA Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI

7.1 Viri nevarnosti

Padec satelita, ki nosi na krovu radioaktivne snovi, na naše ozemlje oziroma v bližino naših meja, je potrebno predvideti v načrtovanju zaščite in reševanja.

7.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Vzrok za padec satelita je odpoved motorja, ki dvigne satelit na višjo orbito, ali okvara navigacijskih naprav oziroma komunikacijskih povezav z zemeljskim nadzorom leta. Odpoved motorja je lahko zaradi tehnične okvare ali pa, ker je zmanjkalo goriva. Satelit pri vstopu v zračne plasti običajno zgori in lahko razpade na veliko število manjših delov.

7.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost padca satelita na ozemlje Mestne občine Koper je težko oceniti, saj ni dovolj podatkov o satelitih in o snoveh, ki jih določen satelit nosi na krovu, saj gre v precej primerih za satelite, ki so v zvezi z vojaško ali vohunsko uporabo. Prav tako je nemogoče oceniti, kam točno bo satelit padel, da bi lahko ukrepali, preden satelit pade na Zemljo. Ob predpostavki, da vsakih deset let padeta dva satelita z radioaktivnimi snovmi na krovu na Zemljo, pomeni, da je verjetnost, da bi padel satelit na ozemlje Mestne občine Koper, manj kot 10^{-6} na leto.

7.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Razlikujemo vrsto vira sevanja na satelitu: izvor visoke alfa aktivnosti (izotopi plutonija) ali pa reaktorski vir. V prvem primeru gre za možno kontaminacijo z zelo toksičnim sevalcem alfa. V drugem primeru pomeni padec satelita kontaminacijo s fisijskimi produkti, vendar se ta kontaminacija razlikuje od tiste, ki je posledica jedrske eksplozije. Predvsem ostaja radioaktivnost večinoma vezana na delce z visokimi specifičnimi aktivnostmi in je zanjo značilno, da ne vsebuje ne jodovih in ne cezijevih izotopov. Ogroženost za ljudi izvira pretežno zaradi inhalacije radioaktivnih delcev, ki v posamezniku lahko povzročijo visoke doze, in ne od zunanjega sevanja. Območja kontaminacije so trakaste oblike s širino nekaj 10 km in v dolžini nekaj 100 km (referenca npr. padec sovjetskega satelita Kosmos na kanadsko ozemlje). Zaradi neposredne kontaminacije z radioaktivnimi delci so ogroženi nekateri prehrambeni pridelki (sveža zelenjava, sadje), medtem ko mleko, meso in gomoljasti plodovi niso kontaminirani. Ocenjene doze zaradi sevanja gama iz tal so znotraj mejnih vrednosti za prebivalstvo.

Sateliti lahko nosijo na krovu tudi manjše količine radioaktivnih snovi v instrumentih in napravah (npr. ^{63}Ni , ^{137}Cs , ^3H , ^{85}Kr ...), ki bi ob nesreči povzročili le neznatno (dodatno) kontaminacijo oziroma obsevanje.

7.5 Potek in možni obseg nesreče

Nesreča se zgodi v trenutku, ko satelit pade na Zemljo. Prejšnjega dogajanja ni moč z gotovostjo napovedati oziroma kontrolirati. Nadzor nad gibanjem satelita (če je satelit še možno krmariti) imajo samo države, ki so lastnice satelita.

Področje, ki ga je potrebno preiskati po padcu satelita, da bi ugotovili morebitno kontaminacijo zemljišča, znaša okoli 100.000 km², kar predstavlja približno petkratno velikost Slovenije. Lahko bi bilo prizadeto celotno območje Mestne občine Koper.

7.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Ogroženi so tisti prebivalci in živali, ki se nahajajo na območju kontaminacije. V najslabšem primeru so to lahko vsi prebivalci Mestne občine Koper.

7.7 Verjetne posledice nesreče

Posledice nesreče izvirajo iz visokih doz, ki bi jih posameznik prejel, če bi v pljuča vdihnil vroče delce. To so drobni delci, ki imajo veliko specifično aktivnost in jih bodisi vdihnemo direktno ali ob resuspenziji s tal (ko se ponovno dvignejo v zrak). Takšne delce bi lahko človek vnesel v telo tudi z uživanjem neumitega sadja in zelenjave. Posledice vnosa "vročih delcev v telo" za prebivalstvo so lahko v obliki zakasnelih učinkov sevanja, ne zaradi akutnega obseva.

7.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

7.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvideti je možno čas padca satelita, ki ga objavi lastnik satelita oziroma države, ki imajo možnost opazovanja in spremljanja satelitov ter morebitno izotopsko sestavo radioaktivnih snovi na krovu, če so na razpolago vsaj kakšni podatki o satelitu. Ni pa možno z gotovostjo napovedati, kam bo satelit padel.

7.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

V primeru padca satelita je potrebno predvideti predvsem ukrepe v prehranski verigi (nadzor kontaminiranosti hrane), lociranje vročih točk in dekontaminacijo.

8 JEDRSKA NESREČA V TUJINI

8.1 Viri nevarnosti

Potrebno je načrtovati ukrepe tudi za primer izrednega dogodka v jedrskih elektrarnah v tujini (radij 1.000 km). Za ostale jedrske objekte v tujini načrtovanje zaščitnih ukrepov za primer izrednega dogodka ni predvideno, ker:

- so raziskovalni reaktorji dovolj oddaljeni, oziroma so prešibke moči,
- se bazeni z izrabljenim gorivom nahajajo v okviru jedrskih elektrarn (ni samostojnih bazenov z izrabljenim gorivom); podobno velja za suha skladišča izrabljenega goriva in ker
- so ostali jedrski objekti dovolj daleč.

8.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Možni vzroki nastanka nesreče so enaki kot v 2.2.

8.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost za nesrečo v jedrski elektrarni v tujini ocenimo z verjetnostjo za taljenje sredice na približno $1,0 \cdot 10^{-4}$ na leto (enkrat na deset tisoč let). Zadrževalni hram zmanjša verjetnost izpustov radioaktivnih snovi v okolje v primeru jedrske nesreče za 10 do 50-krat. Prav tako se podaljša čas, po katerem pride do potencialnega izpusta. To verjetnost pomnožimo s številom elektrarn (npr. v Evropi) in dobimo verjetnost približno enkrat na tisoč let ali še manj.

8.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Vrsta, oblika in stopnje ogroženosti je podobna kot je opisana v poglavju 2.4, vendar ob predpostavki, da je zračna razdalja vsaj 400 km, kar bistveno zmanjša posledice, ki načeloma padajo s kvadratom razdalje. Npr. posledice v Sloveniji so tisočkrat ali večkrat manjše kot tiste, ki so v okolici prizadetega objekta (npr. na razdalji 10 km).

8.5 Potek in možni obseg nesreče

Ne glede na vremensko situacijo bi nesreča v tuji jedrski elektrarni lahko imela posledice v Mestni občini Koper samo, če bi prišlo do taljenja sredice ob hkratni odpovedi zadrževalnega hrama. Glavne značilnosti poteka nesreče so že opisane v poglavju 2.5. Jedrski reaktorji tipa VVER-440, pri katerih so fizikalni principi delovanja enaki kot pri tlačnovodnih reaktorjih - PWR, v glavnem nimajo zadrževalnega hrama, kot ga imajo jedrske elektrarne v zahodnoevropskih državah.

8.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Lahko zaključimo, da bi bil pri jedrski nesreči v tujini ogrožen del Mestne občine Koper ali pa kar celotna Mestna občina Koper in sicer zaradi mokrega useda.

8.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 2.7.

8.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

8.9 Možnost predvidevanja nesreče

Nastanka jedrske nesreče se ne da napovedati, predvidimo lahko le verjetnost. Delno lahko nastanek nesreče predvidevamo ob predpostavki postopnega razvoja nesreče iz predhodnih dogodkov (prekurzorjev).

8.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

V primeru jedrske nesreče v tujini je potrebno predvideti predvsem ukrepe v prehranski verigi (nadzor kontaminiranosti hrane) ter ukrepe, ki se nanašajo na potovanja oseb z oziroma na ogroženo področje v tujini (omejitev potovanja, trgovine, stikov ipd. s prizadetim območjem).

V primeru zelo hude jedrske nesreče v bližini (npr. jedrska elektrarna Paks) bi bilo lahko potrebno izvajati jedno profilakso.

9 KRITERIJI ZA RAZVRŠANJE OBČIN IN REGIJE V RAZREDE OGROŽENOSTI OB JEDRSKI NESREČI V NE KRŠKO

Kriteriji za razvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti so izdelani na osnovi območij načrtovanja zaščitnih ukrepov, ki so določene na osnovi oddaljenosti od NEK.

Definicije območij načrtovanja zaščitnih ukrepov okoli NEK izhajajo iz Kriterijev za ukrepanje ob jedrski ali radiološki nesreči, ki jih je sprejela strokovna komisija za jedrsko varnost leta 1998, mednarodnih priporočil in praks v svetu.

Območja načrtovanja zaščitnih ukrepov so naslednja:

- območje preventivnih zaščitnih ukrepov - OPU, območje oddaljeno 3 km od NEK,
- območje takojšnjih zaščitnih ukrepov - OTU, območje oddaljeno 10 km od NEK,
- razširjeno območje ukrepanja - ROU, območje oddaljeno 25 km od NEK in
- območje splošne pripravljenosti - OSP, območje celotne RS.

Območje načrtovanja zaščitnih ukrepov /km od NEK	Število prebivalcev v RS
OPU (0 – 3)	11.489
OTU (3 – 10)	29.978
ROU (10 – 25)	57.856
Skupaj (0 – 25)	99.323
Ostalo v RS	1.963.551
Skupaj	2.062.874

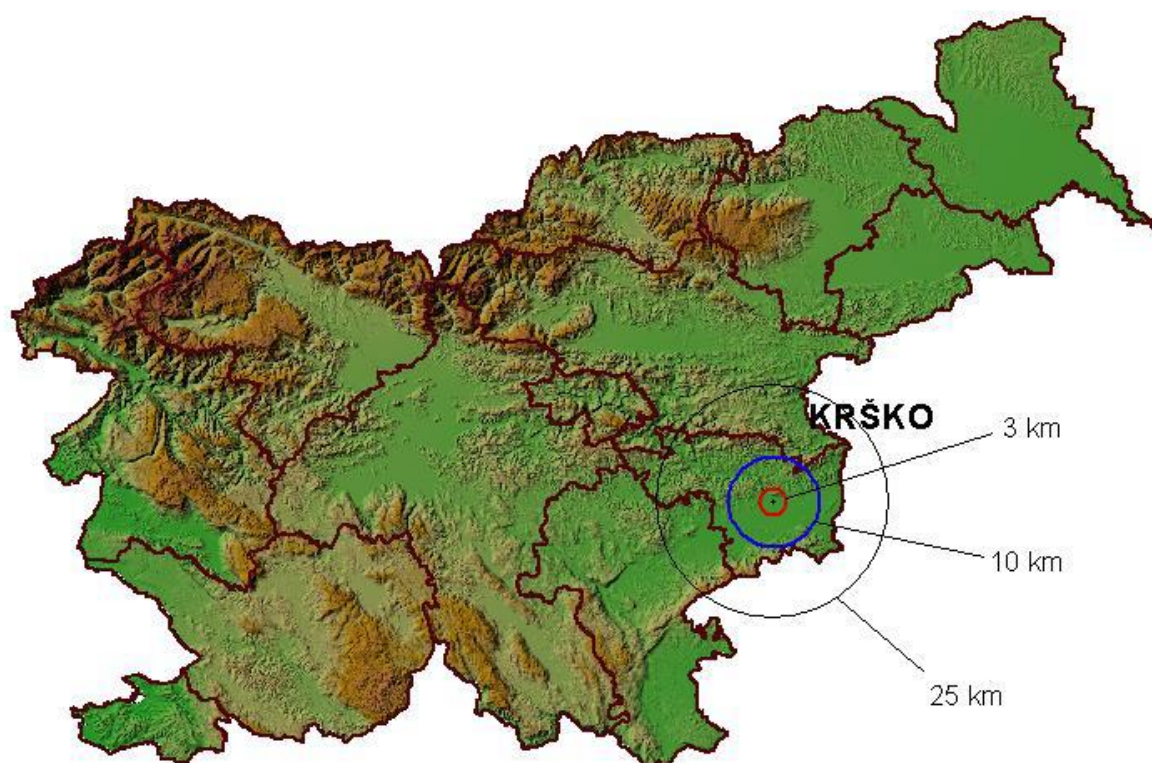
Preglednica 1: Podatki o številu prebivalcev v območjih načrtovanja zaščitnih ukrepov (vir: GIS-UJME, URSZR, 2015)

Občina	Število prebivalcev
Ankaran	3.224
Koper	52.630
Izola	16.486
Piran	17.676
Skupaj	90.016

Preglednica 2: Podatki o številu prebivalcev v Obalni regiji (vir: statistični urad RS, 2020)

Posamezna območja načrtovanja zaščitnih ukrepov ne predstavljajo geometrijskih likov – krogov, ampak so prilagojena izvajanju zaščitnih ukrepov.

Zaščitni ukrepi, ki se izvajajo na posameznem območju načrtovanja zaščitnih ukrepov ob nesreči v NEK, so razčlenjeni v Občinskem načrtu zaščite in reševanja za izvajanje dolgoročnih ukrepov (ODU) ob nesreči v NEK ter ukrepi ob nesreči v tujini, verzija 1.0.



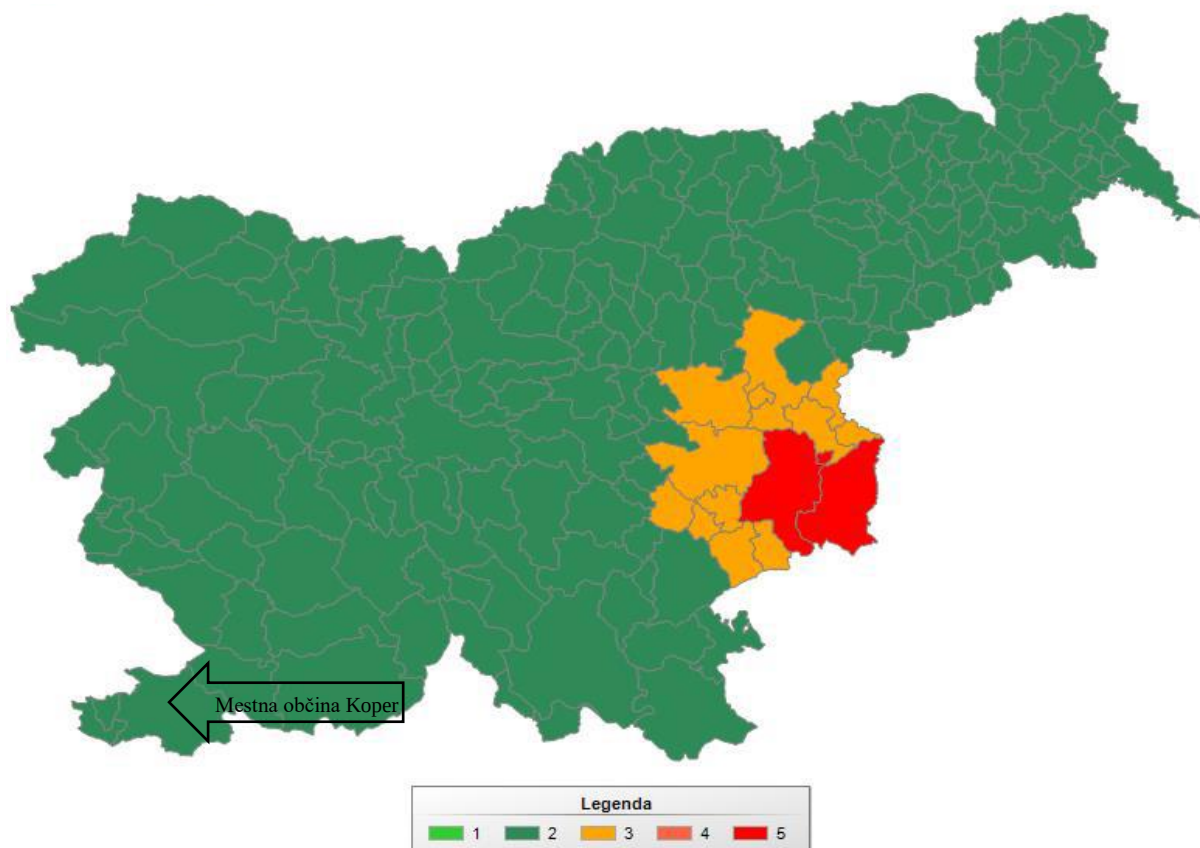
Slika 2: Območja načrtovanja zaščitnih ukrepov ob jedrski nesreči v NEK

Območje Mestne občine Koper je v tej oceni razvrščeno v drugi od petih možnih razredov ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK.

1. razred ogroženosti	2. razred ogroženosti	3. razred ogroženosti	4. razred ogroženosti	5. razred ogroženosti
	Območje oddaljenosti več kot 25 km od NEK	Območje oddaljenosti 10-25 km od NEK	Območje oddaljenosti 3-10 km od NEK	Območje oddaljenosti 0-3 km od NEK

Preglednica 3: Kriteriji za uvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK

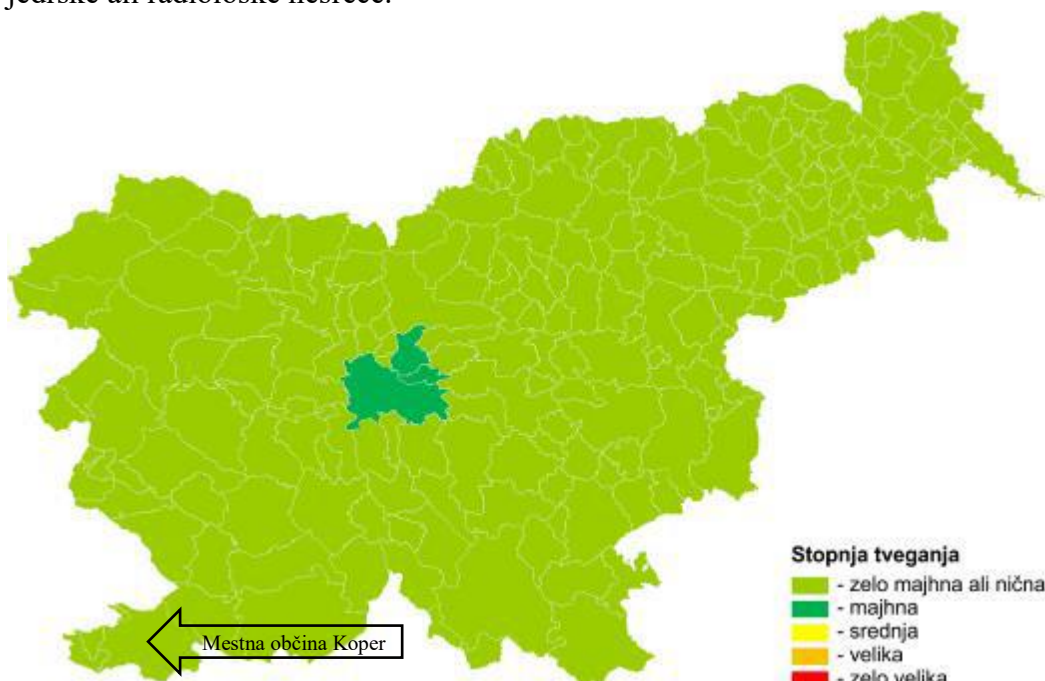
Območje Mestne občine Koper leži v celoti v območju splošne pripravljenosti, kjer se zaščitni ukrepi izvajajo na podlagi meritev. NEK leži približno 150 km od Kopra.



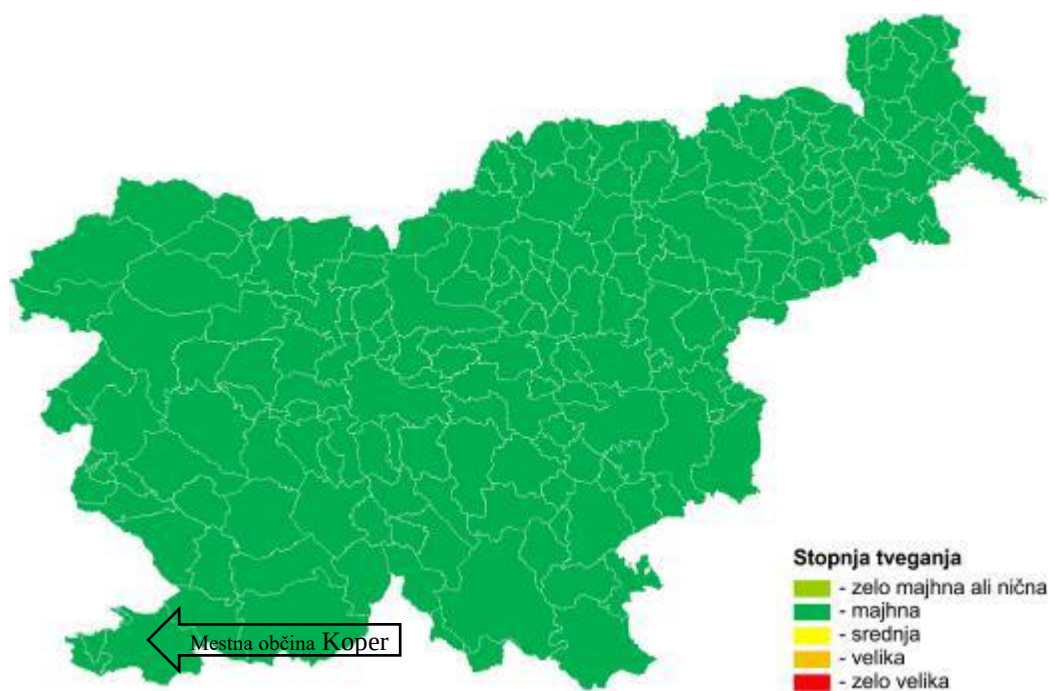
Slika 3: Ogroženost Mestne občine Koper zaradi jedrske nesreče v NEK

9.1 Ogroženost občin zaradi drugih jedrskih ali radioloških nesreč

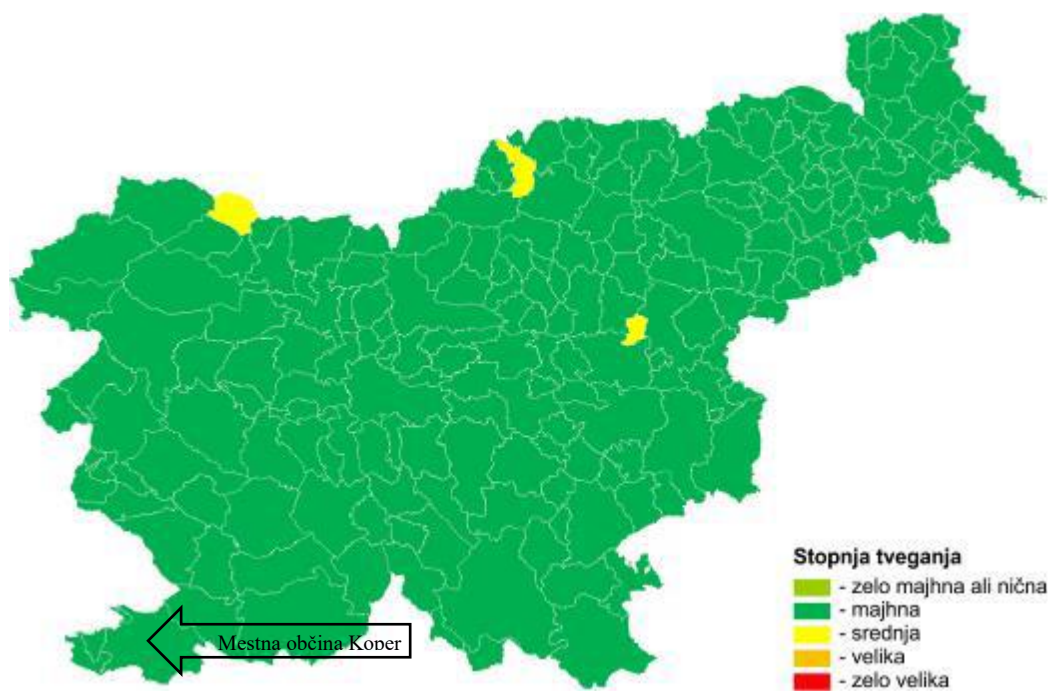
V skladu z regijskim načrtom zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči se obveznosti občin ne razlikujejo, kajti vse občine morajo v delih načrta zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči razdelati zaščitne ukrepe in naloge ob drugih izrednih dogodkih – druge jedrske ali radiološke nesreče.



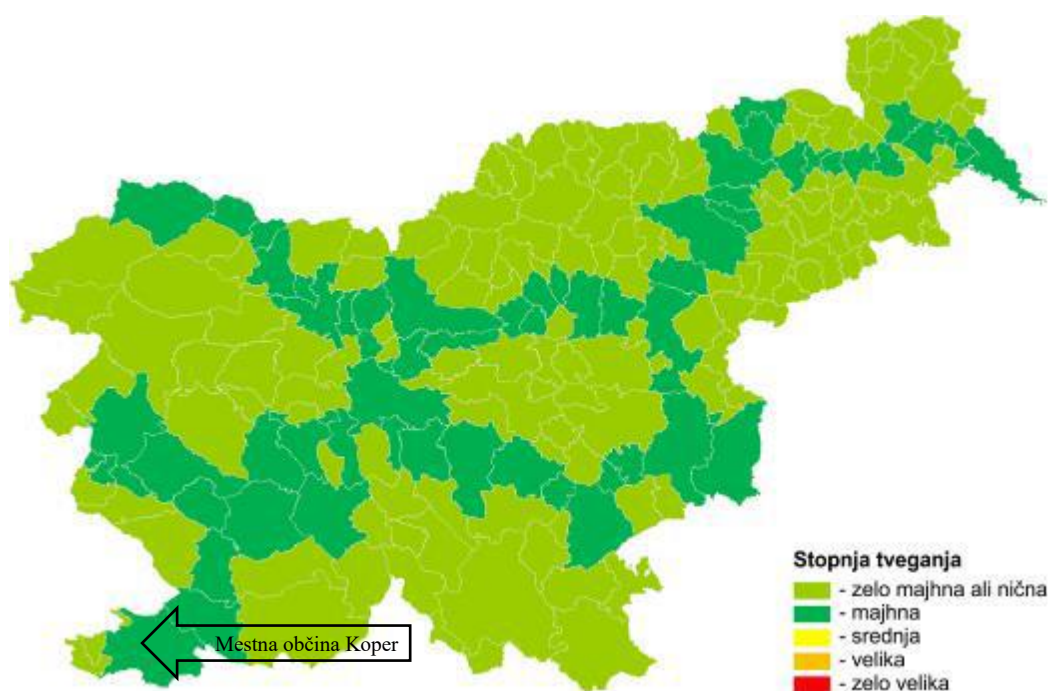
Slika 4: Notranja kategorizacija tveganja za nesrečo na reaktorju TRIGA



Slika 5: Notranja kategorizacija tveganja za nesrečo pri uporabi virov



Slika 6: Notranja kategorizacija tveganja za nenadzorovane vire sevanja



Slika 7: Notranja kategorizacija tveganja za prevoz radioaktivnih in jedrskih snovi

10 ZAKLJUČEK

Mestno občino Koper lahko prizadenejo naslednje jedrske ali radiološke nesreče:

- **Nesreča v jedrskih objektih: NEK (I. kategorija), Raziskovalni center TRIGA Mark II v Podgorici (III. kategorija) in Centralno skladišče radioaktivnih odpadkov Brinje (III. kategorija)** – Jedrska nesreča širše razsežnosti (z vplivom na prebivalce in okolje) v NEK je zelo malo verjetna, saj ima elektrarna vgrajeno visoko stopnjo aktivne in pasivne varnosti. Celotno območje Mestne občine Koper leži na območju splošne pripravljenosti (vsa Slovenija – več kot 25 km oddaljenosti od NEK), kjer se zaščitni ukrepi izvajajo na podlagi meritev.
- **Uporaba radioaktivnih snovi** – Radiološke nesreče so malo verjetne, vendar imajo lahko resne posledice za posameznike.
- **Kriminalno dejanje** – Gre za ogroženost posameznikov ali določenega števila ljudi zaradi zlonamerne izpostavljenosti sevanju, bodisi zaradi radioaktivnega vira, kontaminacije okolja, hrane, pitne vode ali razpršitve radioaktivnih snovi z umazano bombo. V zadnjem obdobju se možnosti za kriminalno dejanje, predvsem terorizem večajo in predstavljajo čedalje večjo grožnjo.
- **Nenadzorovani viri tveganja** – So predvsem viri sevanja nad katerimi je bil izgubljen nadzor. Verjetnost za nastanek nesreče z nenadzorovanim visoko aktivnim virom sevanja je v Sloveniji oziroma v Mestni občini Koper ocenjena na enkrat na dvajset do petindvajset let.
- **Prevoz radioaktivnih in jedrskih snovi** – Za območje Mestne občine Koper bi grožnjo predstavljala nesreča na območju Luke Koper, pri cestnem ali na železniškem transportu.
- **Padec satelita z radioaktivnimi snovmi** – Verjetnost padca satelita na ozemlje Mestne občine Koper je težko oceniti, saj ni dovolj podatkov o satelitih in o snoveh, ki jih določen satelit nosi na krovu, saj gre predvsem za satelite za vojaško in vohunsko uporabo. Prav tako je nemogoče oceniti območje padca satelita, da bi lahko ukrepali pred padcem satelita na Zemljo. Ob predpostavki, da vsakih deset let padeta dva satelita z radioaktivnimi snovmi na krovu na Zemljo, pomeni, da je verjetnost, da bi padel satelit na ozemlje Mestne občine Koper, manj kot 10^{-6} na leto.
- **Jedrska nesreča v tujini** – Mestno občino Koper lahko prizadene jedrska nesreča v jedrskem objektu v tujini. Območje Mestne občine Koper je dovolj oddaljeno od vseh jedrskih elektrarn, zato ni ogroženo zaradi neposrednega sevanja iz samih elektrarn. Obstaja pa možnost onesnaženosti zaradi radioaktivnega oblaka, ki bi se od elektrarne širil v okolje. Ob neugodnih vremenskih razmerah (smer vetra, padavine) lahko pričakujemo kontaminacijo celotnega območja Mestne občine Koper kar pomeni, da bi za vse prebivalce občine veljali enaki zaščitni ukrepi.

Mestna občina Koper je po Kriterijih za uvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči uvrščena v 2. razred ogroženosti, saj je od NEK oddaljena več kot 25 km in mora zato izdelati Načrt zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči.

V primeru jedrske ali radiološke nesreče se izvajajo sledeči zaščitni ukrepi, ki so v pristojnosti Mestne občine Koper in ostalih javnih služb skladno z Načrtom zaščite in reševanja za izvajanje dolgoročnih ukrepov (ODU) ob nesreči v NEK ter ukrepi ob nesreči v tujini št. 840-5/2008, z dne 9. 9. 2009. Zaščitni ukrepi glede na hitrost ukrepanja so **takojšnji, prehrambeni** (prepoved uporabe kontaminirane hrane in krme, prepoved uporabe (pitne) vode in prepoved ali omejitev uživanja določenih živil, predvsem poljščin, sadja in zelenjave ter mleka in mlečnih izdelkov, zaščita živali in krme, omejitev nabiranja in uporabe poljskih pridelkov in gozdnih sadežev, omejitev oziroma prepoved uporabe mesa uplenjene divjadi, zaščita virov pitne vode in zagotavljanje neoporečne hrane, vode in krme) in **dolgoročni** (začasna preselitev prebivalstva, trajna preselitev prebivalstva in dekontaminacija okolja).

Takojšnji zaščitni ukrepi so:

- zaklanjanje,
- evakuacija,
- sprejem in oskrba prebivalcev in
- ukrepi radiacijske zaščite.

Poleg takojšnjih zaščitnih ukrepov, ki so v pristojnosti Mestne občine Koper se pričakuje tudi uvedbo naslednjih ukrepov:

- omejitev sevanja in kontaminacije (zavarovanje območja),
- uporaba osebnih zaščitnih sredstev,
- nadzor območja,
- oskrba poškodovanih in obsevanih oseb in
- dekontaminacija ljudi, živali in opreme.

Pri vseh izvedenih ukrepih je potrebna radiološka zaščita intervencijskega in drugega osebja.

Naloge zaščite, reševanja in pomoči v primeru jedrske ali radiološke nesreče so:

- prva medicinska pomoč,
- pomoč ogroženim in prizadetim prebivalcem,
- prva veterinarska pomoč in
- zagotavljanje osnovnih pogojev za življenje.

Pri obvladovanju nesreče in izvajanju ukrepov je pomembno pravočasno seznaniti prebivalstvo z navodili o zaščitnih ukrepih. Pomembno je tudi pravočasno, natančno in sprotno obveščanje prebivalstva, ki ima za posledico hitro in pravilno odzivanje. V primeru radioaktivnih padavin onesnaženje tal traja dalj časa, zato je potrebno stalno spremljati stanje radioaktivnosti rastlin, živali in vodnih virov. O tem in o potrebnih ukrepih ter omejitvah pa sproti obveščati ogroženo prebivalstvo ter splošno javnost.