

IZVEDENI INTERVENCIJSKI NIVOJI POMOČ PRI HITREM IN UČINKOVITEM UKREPANJU OB RADIOLOŠKI NESREČI

Rafael Martinčič* Bogdan Pucelj**

Članek obravnava problematiko določanja intervencijskih nivojev doz in izvedenih intervencijskih nivojev, podrobneje opisuje metodologijo izračuna izvedenih intervencijskih nivojev za radioaktivno kontaminiranost hrane ter podaja pristop ustreznih mednarodnih organizacij za obdobje pred černobilsko nesrečo in po njej.

Izpostavitve človeka ionizirajočemu sevanju lahko povzroči škodljive zdravstvene posledice, ki so v največji meri odvisne od enakovredne doze. Pri visokih prejetih dozah se pokažejo akutni učinki, pri nizkih pa se povečuje možnost kasnejših posledic.

Da bi pri določeni normalni dejavnosti z virom ionizirajočega sevanja zmanjšali možnosti dolgoročnih zdravstvenih posledic tako pri posamezniku kot pri širši populaciji, moramo dejavnost načrtovati in nadzirati tako, da izpostavitve sevanju nikakor ne preseže določene mejne efektivne enakovredne doze v enem letu (s tem preprečimo tudi vse akutne posledice sevanja). Ker načeloma izhajamo iz predpostavke, da vsako povečanje prejetih doz povečuje verjetnost nastopa rakastih obolenj in dednih posledic, morajo biti dejansko prejete doze ob upoštevanju vseh faktorjev (ekonomskih, socialnih itd.) čim nižje – »tako nizke, kot je še smiselno dosegljivo«. Pristop je poznan kot princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable) in sodi med osnovna načela in standarde radiološke zaščite, ki jih je predlagala Mednarodna komisija za radiološko zaščito (ICRP, 1, 6, 10), privzele pa so jih zakonodaje v večini držav, vključno z našo.

Bolj zapletene so razmere ob izrednih dogodkih, na primer ob nezgodnem izpuštu radioaktivnih snovi v okolje. Tedaj vir sevanja ni več pod nadzorom ali pa je ta nadzor le delen, nepopoln. S posebnimi zaščitnimi ukrepi, kot so evakuacija, zaklanjanje, prepoved uporabe kontaminirane hrane, vode itd., preprečujemo akutne učinke in zmanjšujemo verjetnost za dolgoročne posledice na sprejemljivo vrednost. V taki situaciji postavitev ene same mejne vrednosti doze ni več smiselna, saj je razpon možnih zaščitnih ukrepov izjemno širok. Tako preostala meja lahko povzroči več ekonomske škode kot zdravstvene koristi, medtem ko si preblage meje ne moremo privoščiti zaradi možnosti pojava akutnih učinkov pa tudi zaradi nesprejemljivo povečane možnosti pojava dolgoročnih posledic. Zato so v različnih mednarodnih telesih uvedli po-

jem *intervencijskih nivojev doz*.

* Ob jedrski nesreči je prebivalstvo lahko izpostavljeno:

- sevanju iz radioaktivnega oblaka,
- vdihavanju onesnaženega zraka
- sevanju s kontaminiranih tal,
- uživanju kontaminirane hrane in vode.

Prve tri poti so v glavnem časovno, predvsem pa prostorsko omejene. Le uživanje kontaminirane hrane lahko povzroči izpostavljenost večjega dela prebivalstva sevanju na velikih razdaljah od kraja nesreče.

Intervencijski nivoji doz

Intervencijski nivoji doz predstavljajo referenčne vrednosti, pri katerih se odločamo za določene zaščitne ukrepe. Glede na širok razpon možnih zaščitnih ukrepov, njihov ekonomski, sociološki in zdravstveni vpliv morajo biti intervencijski nivoji prilagodljivi danim razmeram. Zato ni mogoče postaviti enega samega nivoja, nad katerim bi bili zaščitni ukrepi vedno potrebni, pod njim pa ne. Običajno sta določeni dve meji: spodnja in zgornja (sl. 1). Če so pričakovane doze pod spodnjim intervencijskim nivojem doze, uvajanje zaščitnih ukrepov ni upravičeno, če pa presegajo zgornji nivo, je uvedba skoraj zanesljivo potrebna. Vmesno območje pričakovanih doz je tisto, v katerem je treba pripraviti sprotne, razmeram primerne intervencijske nivoje doz.

Določitev intervencijskih nivojev doz in pripadajočih ukrepov je po mednarodni praksi prepuščeno pristojnim upravnim organom. Za JE Krško jih je bil predpisal Republiški komite za zdravstveno in socialno varstvo, pri čemer je upošteval priporočila Mednarodne agencije za atomsko energijo. Njihova izvedljivost v naših družbenih razmerah je bila preverjena, vsaj za najpomembnejše ukrepe, ob pripravi in izvedbi vaje civilne zaščite »Posavje 82«.

V praksi je intervencijske nivoje doz za hitre in neposredne odločitve težko uporabljati, saj običajno razpolagamo z drugačnimi merskimi podatki (npr. s koncentracijo radioaktivnih snovi v zraku, vodi,

hrani, s podatki o hitrosti gama doze ali površinski kontaminaciji). Zato je treba vnaprej pripraviti tudi *izvedene intervencijske nivoje*. To so tiste referenčne vrednosti, npr. vsebnosti radioaktivnih izotopov v zraku, vodi ali hrani, pri katerih bomo uvedli posamezne zaščitne ukrepe.

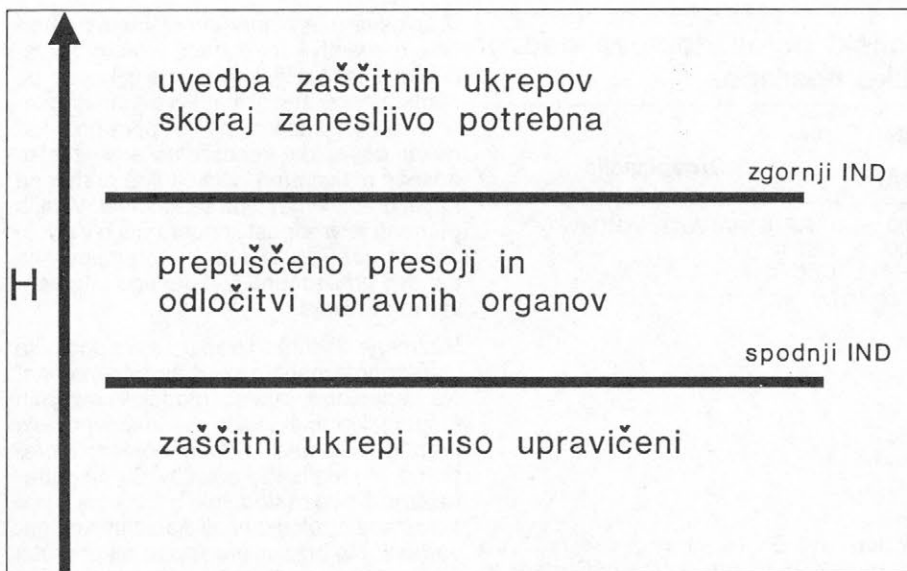
Ta pristop je bil izdelan za primer nezgode v jedrskem objektu ob pričakovanju, da ga bo treba izvajati predvsem na ožjem kontaminiranem območju v okolici objekta (do nekaj 10 km)*; čeprav je načeloma uporaben za poljubno veliko območje, vendar z znatnimi dodatnimi problemi. Po černobilski nesreči je praksa v številnih državah pokazala, da za kontaminiranost hrane skoraj nikjer niso prevzeli izdelanih izvedenih intervencijskih nivojev. Posebno so bili do njih zadržani v zelo oddaljenih območjih, ki niso bila neposredno kontaminirana, ampak je obstojala le možnost uvoza kontaminirane hrane. Zato poteka v raznih mednarodnih strokovnih telesih intenziven študij in mednarodno usklajevanje intervencijskih nivojev. Nedvomno mora naša država spremljati ta dogajanja in vsaj kar se tiče mednarodne trgovine s hrano prevzeti mednarodno sprejete norme. Vendar pa nas to ne bo rešilo neodložljive obveznosti, da vzpostavimo svoj sistem intervencijskih nivojev, ki mora biti interdisciplinarno in medrepubliško usklajen, da bo zagotovil vsaj osnovne pogoje za enotno ukrepanje.

Metodologija določanja izvedenih intervencijskih nivojev

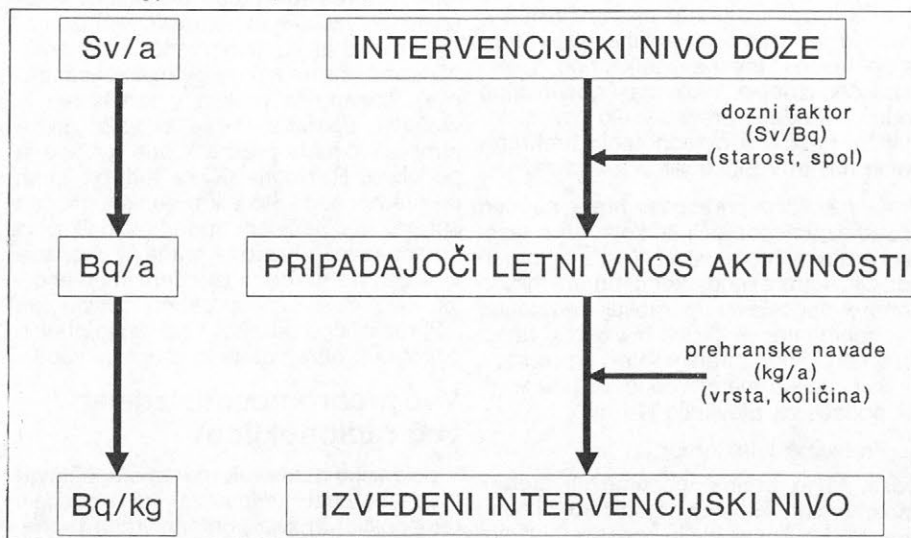
Izvedene intervencijske nivoje lahko načeloma določimo za vse možne zaščitne ukrepe in za vse poti razširjanja radioaktivnega onesnaženja. Dejansko pa se lahko omejimo le na tiste količine, ki so s stališča praktičnosti, enostavnosti merjenja in prispevka k dozi najpomembnejše. Za ukrep evakuacije se lahko na primer odločamo na osnovi takih merskih podatkov, kot so hitrost zunanje gama doze

* Dr., Institut Jožef Stefan, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, Republiški štab za civilno zaščito Republike Slovenije.

** Mag., Institut Jožef Stefan, Univerza E. Kardelja v Ljubljani.



Slika 1. Strategija intervencijskih nivojev doz.



Slika 2. Metodologija določitve izvedenih intervencijskih nivojev.

(Sv/s), časovni integral koncentracije radionuklida v zraku ($Bq \cdot s/m^3$) ali talni used (Bq/m^2), za omejitve pri uporabi hrane pa na osnovi koncentracij radionuklidov v prehrabnih izdelkih (Bq/kg). Ker le uživanje kontaminirane hrane lahko povzroči izpostavljenost večjega dela prebivalstva sevanju na velikih razdaljah do kraja nesreče, se bomo v nadaljevanju tega prispevka omejili na problematiko določanja izvedenih intervencijskih nivojev za hrano.

Metodologija določanja izvedenih intervencijskih nivojev za hrano poteka v več korakih, od katerih vsak terja določene odločitve, vhodne podatke in poenostavitve. Potek je shematsko prikazan na sliki 2.

Prvi korak predstavlja odločitev o tem, pri kateri vrednosti doze (pri hrani običajno letne) bomo izvajali določen zaščitni ukrep, na primer prepoved uživanja kontaminirane hrane. Ta odločitev temelji na poznavanju odvisnosti bioloških učinkov sevanja od doze. S stališča nestohastičnih učinkov sevanja mora biti intervencijski nivo doze vedno pod pragom za pojav teh učinkov. Težja je določitev vrednosti s stališča stohastičnih učinkov, saj dose-

daj še ni dokazov o neškodljivosti nizkih doz sevanja. Zato je pri določitvi intervencijskega nivoja doze potrebna optimizacija med preprečenimi posledicami in škodo zaradi posega samega. Tipične vrednosti intervencijskih nivojev doz, ki jih priporočajo mednarodna telesa, so v tabeli 1.

Naslednji korak predstavlja določitev letnega vnosa določenega radioaktivnega izotopa v telo. Do tega pridemo, če poznamo tako imenovane dozne pretvorbene faktorje. Ti so odvisni od fizikalnih lastnosti izotopa (razpolovni čas, vrsta in energija razpada), kemijskih lastnosti elementa ali spojine (položaj v periodnem sistemu, topnost spojin) in od njegovega metaboličnega obnašanja v telesu (stopnja absorpcije iz hrane, prenosna pota v telesu, kopičenje v organih, izločanje in ustrezne odvisnosti od starosti, spola, individualne razlike). Izračun dozne faktorja je zelo zapleten, zahteva pa tudi mnogo prej omenjenih podatkov, ki morda niso vsi na razpolago ali pa so premalo znani. Kljub naštetim težavam najdemo v literaturi dozne faktorje za vse pomembne izotope. Ti so običajno povprečni za oba spola, glede starosti pa posebej obravna-

vajo nekaj tipičnih starostnih skupin (1 137 leto, 10 let, odrasli).

Zadnji korak je določitev izvedenih intervencijskih nivojev. Te dobimo iz letnega vnosa z upoštevanjem porabe hrane. Zaradi raznolikosti običajno obravnavamo prehrano po skupinah, ki predstavljajo glavne deleže v prehrani, na primer mleko in mlečni izdelki, meso, sadje in zelenjava, žita. Najpogostejše razpolagamo s povprečnimi vrednostmi za neko območje ali državo, zato je treba biti še posebno pozoren na skupine prebivalcev, kot so na primer dojenčki, otroci itd. (kritične skupine), za katere je morda značilen poseben prehranski vzorec, ki znatno odstopa od povprečja.

Nadzor nad obsevanostjo človeka zaradi kontaminirane hrane je torej lahko zelo zapleten. Praktična kontrola nad prejetimi dozami pri posamezniku sploh ni mogoča. Prizadevamo si lahko le za nadziranje in omejevanje vnosa radioaktivnih snovi v organizem pri prebivalstvu kot celoti. Osnovo pri nadzoru pa vedno predstavljajo povprečne vrednosti vhodnih podatkov za celotno prebivalstvo ali za kritično skupino.

Izvedene intervencijske nivoje lahko v principu določimo za veliko število prehrabnih izdelkov. Vendar večinoma zadostuje, da se omejimo:

- a) na tiste prehrabne izdelke, ki bi potencialno največ prispevali k pričakovani enakovredni dozi, in
- b) na tiste radionuklide, ki predstavljajo v prehrabni verigi glavni vir obsevanja.

Običajno bodo hkrati ogrožene vse starostne skupine prebivalstva, zato za vsako od njih posebej izračunamo izveden intervencijski nivo (dojenčki, otroci, odrasli). Kot končno vrednost izberemo najkonservativnejšo (najostrejšo, najnižjo) vrednost.

Vnaprej ni mogoče vedeti, kateri prehrabni proizvodi in radionuklidi bodo v dani nezgodni situaciji največ prispevali k pričakovani enakovredni dozi, zato najprej izračunamo izvedene intervencijske nivoje za primere onesnaženosti ene same vrste hrane z enim samim radionuklidom. Te rezultate nato uporabimo za določitev danim razmeram prilagojenih izvedenih intervencijskih nivojev, kjer upoštevamo, da je lahko več vrst hrane onesnaženo hkrati z več radionuklidi.

En prehrabni izdelek – en radionuklid

V primeru, da je ena sama vrsta hrane onesnažena z enim samim radionuklidom, izvedeni intervencijski nivo izračunamo po obrazcu:

$$IIN = \frac{IND_h \cdot f}{I_g \cdot D_{ing} \cdot G_g}$$

Z IIN smo označili izvedeni intervencijski nivo, torej tisto koncentracijo radionuklida v hrani g , pri kateri bomo začeli izvajati določen zaščitni ukrep (Bq/kg ali Bq/l); IND_h intervencijski nivo enakovredne do-

Tabela 1. Priporočeni intervencijski nivoji doze za nadzor hrane v obdobju pred černobilsko nesrečo.

Celo telo ali EDE		Posamezen organ		Organizacija
SIND	ZIND	SIND	ZIND	
5	50	50	500	ICRP (I2), IAEA (I3), WHO (W2) CEC (C1) ¹ CEC (C1) ²
5	50	50	500	
1	10	—	—	

¹ prvo leto
² naslednja leta

Oznake:

- CEC – Commission of the European Communities
- EDE – efektivni dozni ekvivalent
- IAEA – International Atomic Energy Agency
- ICRP – International Commission on Radiological Protection
- SIND – spodnji intervencijski nivo doze
- WHO – World Health Organization
- ZIND – zgornji intervencijski nivo doze

ze, pri katerem bomo izvajali določen zaščitni ukrep, na primer prepoved uživanja določenega prehrabnega izdelka (Sv); z I_g povprečno letno porabo prehrabnega izdelka g na prebivalca (kg/leto); z D_{ing} pretvorbeni faktor, ki napove pričakovano enakovredno dozo zaradi zaužitja 1 Bq aktivnosti določenega radionuklida (Sv/Bq); f razmerje koncentracij radionuklida v hrani pred pripravo ali obdelavo in v hrani, ki je pripravljena za konzumacijo, in končno z G_g razmerje integralne letne koncentracije radionuklida v hrani g s koncentracijo v tej hrani v določenem izbranem trenutku (Bq · leto/kg)/(Bq/kg).

Izračun izvedenih intervencijskih nivojev je torej preprost, vsa kompleksnost določanja leži v izbiri vhodnih podatkov.

Izbira vhodnih podatkov za izračun IIN

1. Intervencijski nivoji doz IND

V tabeli 1 so zbrane vrednosti, ki jih priporočajo razne mednarodne organizacije. Tudi pri nas se bo moral ustrezni zvezni upravni organ čimprej odločiti in sprejeti intervencijske nivoje doz za nadzor hrane. V tem smislu bo treba ponovno pretehtati in dopolniti tudi specifične intervencijske nivoje doz, ki sedaj veljajo za okolico JE Krško, sprejeti pa so bili leta 1982.

2. Povprečna letna poraba hrane I_g

To je podatek, ki bi ga morali čimbolj poznati tako za Jugoslavijo kot celoto kot tudi za posamezne republike, pokrajine in regije. Šele na tej osnovi lahko določimo tipične skupine prehrabnih izdelkov in njihovo povprečno letno porabo na prebivalca. Podatki za Jugoslavijo kot celoto so zbrani v letnih statističnih pregledih (13). Prav nobenih podatkov pa nismo našli o prehrabnih navadah naših narodov in narodnosti oziroma dojenčkov in otrok. V preteklem letu pa je Oddelek za higieno prehrane Univerzitetnega zavoda za zdravstveno in socialno varstvo, Inštitut za higieno, epidemiologijo in laboratorijsko diagnostiko pripravil analizo prehrabnih navad prebivalstva v Sloveniji (14), in sicer povprečno porabo skupin živil na odraslega, na šoloobveznega

otroka od 7 do 14 let in otroka od 5 do 12 mesecev v kmečkem, mešanem in nekmečkem gospodinjstvu. Zajete skupine živil obsegajo žito in žitne izdelke, gomoljnice in korene rastline, zelenjavo, sadje, meso in mesne izdelke, ribe, mleko in mlečne izdelke, jajca, maščobe in pitno vodo. Ti podatki predstavljajo prvi sistematični pristop k ovrednotenju prehrabnih navad v Sloveniji.

Vrsta in količina porabljene hrane se med posameznimi področji lahko znatno razlikuje, zato se mora ustrezni upravni organ odločiti, katere podatke o porabi hrane bomo v Jugoslaviji uporabljali za izračun izvedenih intervencijskih nivojev. V tabeli 4 so kot primer zbrani podatki o prehrani, ki jih navajajo mednarodne organizacije, ter podatki za Slovenijo (14).

3. Pretvorbeni faktor D_{ing}

Doza, ki jo prejme posameznik zaradi vnosa radionuklidov v organizem, ni odvisna le od radionuklida in vnešene aktivnosti, temveč tudi od starosti, metabolizma, teže posameznika itd. Zlasti so pomembne razlike pri raznih starostnih skupinah, kar tudi upoštevajo z različnimi doznimi faktorji. Podatki za D_{ing} se v literaturi med seboj nekoliko razlikujejo, saj avtorji za izračun D_{ing} uporabljajo različne začetne predpostavke, metabolične modele in vhodne podatke, vendar so razlike nebitvene. V tabeli 5 (11) so kot primer navedene vrednosti D_{ing} za 5 radionuklidov, ki so ob morebitni jedrski nesreči potencialno najpomembnejši.

4. Faktor f – zmanjšanje koncentracije radionuklida ob pripravi hrane

Zmanjšanje koncentracije radionuklida v prehrabnem izdelku zaradi predelave in/ali priprave hrane je močno odvisno od vrste izdelka in samega postopka. Vrednosti variirajo od približno 1 (aktivnosti praktično ne odstranimo) do več kot 100 v primerih, ko z odstranjevanjem zunanjih listov ali lupljenjem lahko odstranimo večino kontaminacije, na primer pri solati, zelju, pomarančah itd. Nekaj primerov, ki smo jih izmerili na Inštitutu Jožefa Stefana po černobilski nesreči, je v tabeli 6 (15).

5. Razmerje časovnega integrala koncentracije radionuklida v hrani z začetno (maksimalno) koncentracijo G_g

V splošnem je najprimernejši čas primerjave merjenih koncentracij v hrani z izvedenim intervencijskim nivojem kmalu po kontaminaciji zemljišča. Pri nekaterih prehrabnih izdelkih pa je potrebno kar nekaj časa, da koncentracija v izdelku doseže maksimum; v mleku na primer po nekaj dneh, v mesu pa še kasneje. V takih primerih je vrednost koncentracije v doseženem vrhu tista, ki jo vzamemo za osnovo pri izračunu izvedenega intervencijskega nivoja.

Razmerje G_g lahko izračunamo s pomočjo ustreznega modela prehrabne verige. Na razpolago je več modelov različnih stopenj kompleksnosti, ki napovedujejo prehod radionuklidov iz atmosfere v prehrano. Pri realistični določitvi G_g pa potrebujemo še vrsto dodatnih informacij, ki so povezane z lokalnimi ali nacionalnimi navadami. Na primer predelava ali priprava prehrabnega izdelka pred zaužitjem, časovni presledek med trenutkom »proizvodnje« izdelka in dejansko konzumacijo, mešanje kontaminirane in nekontaminirane hrane (zmanjševanje koncentracije), navade in praksa v kmetijstvu in živilstvu, uporaba sveže ali kake druge krme ali lokalne prehrabne navade in podobno. Razmerje G_g se tudi pri istem prehrabnem izdelku lahko močno spreminja z načinom uporabe izdelka, na primer »sveže« zaužita hrana ali »konzervirana«, da pa bodo izvedeni intervencijski nivoji resnično uporabni, morajo čim bolj realistično odražati vsakdanjo prakso oziroma prehrabne in druge navade.

Več prehrabnih izdelkov – več radionuklidov

V dejanskih razmerah moramo upoštevati, da k dozi prispevajo vsi izpušeni radionuklidi in vsa kontaminirana hrana. To storimo tako, da seštejemo vse posamezne prispevke. Matematično to zapišemo v obliki:

$$\sum_g \sum_i \frac{C_{(i,g)}}{IIN_{(i,g)}} < 1$$

S $C_{(i,g)}$ smo označili dejansko (izmerjeno) koncentracijo radionuklida i v hrani g in z $IIN_{(i,g)}$ izvedeni intervencijski nivo izračunan na osnovi predpostavke, da je hrana g kontaminirana le z radionuklidom i .

Dokler je ta neenačba izpolnjena, pri posamezniku ne bo presežen dogovorjeni intervencijski nivo doze. V nasprotnem primeru moramo začeti izvajati ustrezne zaščitne ukrepe.

Ob določenih predpostavkah lahko neenačbo preoblikujemo tako, da iz nje izračunamo danim razmeram specifične izvedene intervencijske nivoje IIN^* :

$$IIN^* = \frac{R_{(i,g)}}{\sum_g \sum_i \frac{R_{(i,g)}}{IIN_{(i,g)}}}$$

$IIN^*_{(i,g)}$ predstavlja izvedeni intervencijski nivo za radionuklid i v hrani g ob upoštevanju, da so v hrani prisotni tudi drugi radionuklidi in da hrana g ni edina, ki je kontaminirana. $IIN_{(i,g)}$ je izvedeni intervencijski nivo za radionuklid i v hrani

g ob predpostavki, da je to edini radionuklid in hrana g edina, ki je kontaminirana, in $R_{(i, g)}$ funkcija, ki ponazarja dano (dejansko) kontaminacijo. Ker se funkcija $R_{(i, g)}$ pojavlja tako v števcu kot imenovalcu ulomka, jo lahko izrazimo v relativni obliki, tj. kot razmerje koncentracij radionuklida v različnih prehrabnih izdelkih ali kot razmerje koncentracij različnih radionuklidov.

Če koncentracija ne preseže IIN*, tudi dogovorjeni intervencijski nivo doze ne bo presežen.

Na koncu poudarjamo, da zaradi številnih nenatačnosti vhodnih podatkov izračunane vrednosti za IIN in IIN* vedno **zaokrožimo**, čeprav smo jih sicer računali natančneje.

Mednarodna vodila

Stanje pred černobilsko nesrečo

Osnovne principe za ukrepanje v primeru jedrske nesreče je razvila Mednarodna komisija za radiološko zaščito (ICRP; 7). Te principe lahko na kratko povzamemo v naslednjem:

- Resne nestohastične učinke je treba preprečiti z uvedbo zaščitnih ukrepov, ki doze posameznikov držijo pod pragom za te učinke.
- Tveganje zaradi stohastičnih učinkov je treba omejiti z zaščitnimi ukrepi, tako da dosežemo pozitivni neto učinek za posameznika.
- Z zmanjševanjem kolektivne doze je treba nižati splošno incidenco stohastičnih učinkov.

Te principe so priznale in povzele tudi druge mednarodne organizacije (1, 8, 11), kar se odraža v identičnih ali zelo podobnih vrednostih za oba intervencijska nivoja doze za nadzor hrane (Tabela 1).

Vendar pa je treba poudariti, da so bila obstoječa mednarodna priporočila prirejena v glavnem uvajanju in izvajanju zaščitnih ukrepov v zgodnji (ure, dnevi) in vmesni fazi (tedni) nesreče, in to zlasti v bližnji okolici objekta. Zaradi atmosferskega prenosa pa se radioaktivne snovi v razredčeni obliki prenesejo tudi na mnogo širše območje, vstopijo v prehransko verigo in se na ta način prek trgovine s hrano pojavijo tudi na območjih, ki sicer niso bila neposredno prizadeta. Taka situacija je nastopila tudi po černobilski nesreči. Tedaj je prihajalo do zmede in do uvajanja najrazličnejših zaščitnih ukrepov tudi na zelo oddaljenih območjih. Zlasti so močno varirali izvedeni intervencijski nivoji za hrano v različnih državah (tabela 2).

Stanje po černobilski nesreči

Da bi v prihodnosti preprečili tovrstne neenotnosti in nedoslednosti, so se razne mednarodne in medvladne organizacije v obdobju po nesreči lotile naslednjih vpra-

Tabela 2. Primerjava nekaterih mednarodno predlaganih izvedenih intervencijskih nivojev za nadzor hrane (Bq/kg ali Bq/l).

CEC (2)		
Hrana	Izotop	SIIN
mleko, izdelki	Sr, I	700 (500)
	alfa	80 (20)
	ostali	20 000 (4 000)
ostala hrana	Sr, I	7 000 (3 000)
	alfa	400 (80)
	ostali	30 000 (5 000)

FAO (5)		
Hrana	Izotop	SIIN
vsa	Sr-90	70 (20)
	I-131	400 (-)
	Cs-134	350 (50)
	Cs-137	500 (100)
	Pu-239	10 (2)

Opomba: Navedene vrednosti se nanašajo na prvo leto, vrednosti v oklepajih pa na naslednja leta.

WHO (11)		
Hrana	Odrasli	Dojenčki
žita	3 500 (35)	Sr-90 : 160
gomolji	5 000 (50)	I-131 : 1600
zelenjava	8 000 (80)	Cs-137 : 1800
sadje	7 000 (70)	Pu-239 : 7
meso	10 000 (100)	
mleko	4 500 (45)	
ribe	35 000 (350)	

Opomba: Izotopi so po radiotoksičnosti ločeni v dva razreda: razred I – izotopi z visokim doznim faktorjem 10^{-6} Sv/Bq (Pu-239 in ostali aktinidi), razred II – izotopi z nizkim doznim faktorjem 10^{-8} Sv/Bq (ostali izotopi).

Vrednosti SIIN za razred II so na prvem mestu, vrednosti za razred I so v oklepaju.

Tabela 3. Izvedeni intervencijski nivoji članic EGS za hrano za primer jedrske nesreče ali drugega izrednega radiološkega dogodka.

Izotop	Mleko, izdelki	Ostalo
Sr	125	750
I	500	2000
alfa	20	80
ostali $t_{1/2} > 10d$	1000	1250

Opombi:
– Za prehrano dojenčkov intervencijski nivoji še niso sprejeti.
– Te vrednosti ne veljajo za černobilsko kontaminacijo (4).

šanj: preveriti ustreznost obstoječih vodil o uvajanju intervencijskih nivojev, dopolniti ta vodila z numeričnimi vrednostmi, predvsem za hrano, ter iskati večjo mednarodno usklajenost v pristopu k uvajanju izvedenih intervencijskih nivojev, zlasti v luči mednarodne trgovine.

V nadaljevanju podajamo osnovne ugotovitve organizacij IAEA, WHO, FAO in CEC.

IAEA (International Atomic Energy Agency)

IAEA je tovrstno problematiko v preteklosti obravnavala v dveh priporočilih (8, 9). Skupina strokovnjakov je po černobilski nesreči ponovno pregledala in ugotovila, da so osnovna načela za zaščito prebivalstva sicer še vedno veljavna, vendar sta bili deli pisani predvsem v luči ukrepanja v okolici mesta nesreče in nista bili namenjeni velikim oddaljenostim, veliki populaciji in dolgoročnosti problema. Skupina je menila, da je treba podrobneje obdelati nekaj problemov, zlasti pa izdelati kriterije za usklajen mednarodni pristop pri trgovanju s hrano ob morebitni novi nesreči. Preliminarne ocene kažejo, da je za primer kontaminacije hrane optimalna vrednost doze za uvedbo zaščitnih ukrepov med 1 in 10 mSv na leto, kar je konsistentno s prejšnjo vrednostjo 5 mSv. IAEA bo s temi novimi spoznanji in izkušnjami dopolnila svoja priporočila.

WHO (World Health Organization)

WHO je po černobilski nesreči izdelala navodila za izračun izvedenih intervencijskih nivojev v hrani (11). Namenjena so predvsem tistim, ki so odgovorni za odločitve s področja javnega zdravstva, niso pa strokovnjaki s področja varstva pred sevanjem. Zlasti so ta navodila lahko v pomoč v državah, ki nimajo jedrskega programa in so zato brez tovrstnih izkušenj. Glavni rezultati pristopa WHO so v tabeli 2.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

Kakovost hrane in zaščita potrošnika je ena od glavnih nalog FAO. Organizacija je po černobilski nesreči po posvetovanju strokovnjakov razvila in priporočila izvedene intervencijske nivoje za hrano (5). Bazirajo na doznih omejitvah 5 mSv v prvem letu in 1 mSv v naslednjih letih. Rezultate navajamo v tabeli 2.

CEC (Commission of the European Communities)

Zgodaj po černobilski nesreči je EGS imenovala delovno skupino, ki naj bi svetovala pri izvedenih intervencijskih nivojih v hrani za primer nezgode, ki bi prizadela članice. Skupina se je zlasti posvetila problemom dolgoročnega širjenja hrane z omejenega kontaminiranega območja s posebnim poudarkom na pretoku hrane med članicami EGS in drugimi državami (2). Za spodnji intervencijski nivo je predlagala 5 mSv za prvo leto in 1 mSv za naslednje leto, za zgornji pa 10-krat višje vrednosti. Pri določanju ustreznih izvedenih vrednosti je skupina zaradi kompleks-

Tabela 4. Primerjava IAEA po- v kritični skupini (9) s podatki datkov za letno porabo hrane za Slovenijo (14).

Prehrambeni izdelek	Letna poraba hrane na prebivalca I _g kg/leto					
	Dojenček (1 leto)		Otrok (10 let)		Odrasel	
	IAEA	SRS	IAEA	SRS	IAEA	SRS
mleko	260	120	300	127	250	150
mlečni izdelek	16		30		40	
sadje in zelenjava	50	61	100	79	130	93
gomolji in koren	50	18	100	52	130	62
meso	40	13	150	54	200	63
žita	50	11	150	101	150	119
voda in pijača	260	165	350	467	600	550

Tabela 5. D_{ing} za različne starostne skupine in različne radionuklide (11).

Radionuklid	Pretvorbeni faktor D _{ing} (Sv/Bq)		
	Dojenček (1 leto)	Otrok (10 let)	Odrasel
Sr-90	1.1×10^{-7}	4.0×10^{-8}	3.6×10^{-8}
I-131*	3.6×10^{-6}	1.0×10^{-6}	4.4×10^{-7}
Cs-134	1.2×10^{-8}	1.2×10^{-8}	2.0×10^{-8}
Cs-137	1.0×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.3×10^{-8}
Pu-239	2.4×10^{-6}	1.4×10^{-6}	1.3×10^{-6}

Tabela 6. Učinkovitost pranja zelenjave in sadja.

Vrsta vzorca: zelena solata, radič	Kraj analize: IJS
Kraj vzorčevanja: radič, Ljubljana solata, Stična	Datum analize: radič 2. 5. 1986 solata 4. 5. 1986
Datum vzorčevanja: radič 2. 5. 1986 solata 3. 5. 1986	Metoda analize: VLG

Izotop	Solata		f	Radič		f
	A/m (Bq/kg)			A/m (Bq/kg)		
	neoprana	oprana*		neoprana	oprana*	
Mo-99	255	66	3,9	370	150	2,5
Ru-103	1880	396	4,7	3300	630	5,2
I-131	5245	1860	2,8	6810	2330	2,9
Te-132	5020	686	7,3	8900	1330	6,7
Cs-134	670	100	6,7	1550	185	8,4
Cs-136	270	37	7,3	500	70	7,1
Cs-137	1400	204	6,9	3170	360	8,8
Ba-140	920	142	6,5	925	107	8,6

$f = \frac{\text{specifična aktivnost pred pranjem}}{\text{specifična aktivnost po pranju}}$

nosti problema uvedla nekaj poenostavitve in predpostavk:

- Izvedene vrednosti so predlagali za nekaj glavnih prehranskih skupin (mlečni izdelki, meso, sadje in zelenjava, žita, pitna voda), medtem ko proizvodov, ki predstavljajo nepomemben delež v prehrani, ne obravnavajo posebej (npr. žabji kraki, kostanj).
- Vsako od teh skupin obravnavajo neodvisno od ostalih.
- Predpostavili so, da znaša vsebnost radioaktivnih snovi v določeni hrani povprečno le 10 % maksimalne, s spodnjim intervencijskim nivojem omejene vrednosti.
- Glede na različno radiotoksičnost so radioaktivne izotope razdelili v 3 sku-

pine (I, Sr; sevalci alfa; vsi ostali izotopi z razpolovnim časom > 10 dni kot npr. Cs-134 ali Cs-137) in za vsako skupino posebej ocenili spodnji izvedeni intervencijski nivo.

Primerjava tako dobljenih vrednosti pri raznih skupinah živil je pokazala, da je mogoča nadaljnja poenostavitev – hrano so zajeli v dve končni skupini: mleko z mlečnimi izdelki in ostala hrana. Rezultati so v tabeli 2.

Omenjenih izvedenih nivojev članice EGS niso sprejele. Dne 30. 12. 1987 (3) so za černobilsko kontaminacijo za 2 leti podaljšali že prej sprejete izvedene intervencijske nivoje (skupna vsebnost Cs-134 in Cs-137 v mleku in otroški hrani 370 Bq/kg,

v ostali hrani pa 600 Bq/kg). Istočasno so sprejeli izvedene intervencijske nivoje za hrano, ki bi stopili v veljavo ob novi jedrski nesreči ali ob drugem izrednem radiološkem dogodku. Vrednosti navajamo v tabeli 3.

Zaključki

- Problematika določitve izvedenih intervencijskih nivojev je zelo kompleksna. Po eni strani se začena z osnovno odločitvijo o nivoju tveganja, ki smo ga pripravljali sprejeti za posameznika in za populacijo. Po sprejemu te odločitve pa moramo razpolagati tako s splošnimi podatki (dozni pretvorbeni faktorji) kot s specifičnimi podatki za neko državo ali območje (zlasti prehranske navade).
- Pred kakršnokoli določitvijo izvedenih intervencijskih nivojev je bistveno, da sprejmemo točno definirano metodologijo izračuna in da imamo na voljo vse vhodne podatke.
- Od vseh podatkov, ki so potrebni za določitev izvedenih intervencijskih nivojev, so trenutno v Jugoslaviji najmanj poznane prehranske navade prebivalstva in morebitne posebnosti v prehrani. Zato je nujno čimprej priti do teh podatkov.
- Trenutno poteka v raznih mednarodnih strokovnih telesih intenziven študij in mednarodno usklajevanje intervencijskih nivojev. Nedvomno mora naša država spremljati ta dogajanja in vsaj kar se tiče mednarodne trgovine s hrano privzeti mednarodno sprejete norme.

- Commission of the European Communities, »Radiological Protection Criteria for Controlling Doses to the Public in the Event of Accidental Releases of Radioactive Material, A Guide on Emergency Reference levels of Dose from the Group of Experts convened under Article 31 of the Euratom Treaty«, CEC, Luxembourg, 1982.
- Commission of the European Communities, »Derived Emergency Levels in Widely Distributed Foodstuffs, A Report to the Group of Experts set up under Article 31 of the Euratom Treaty«, CEC, Brussels, 29th July 1986.
- Europäische Gemeinschaften, »VERORDNUNG (EWG) Nr. 3955/87 DES RATES vom 22. Dezember 1987 über die Einfuhrbedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Ursprung in Drittländern nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl«, AB1. Nr. L371 vom 30. 12. 1987 S. 14.
- Europäische Gemeinschaften, »VERORDNUNG (EURATOM) Nr. 3954/87 DES RATES vom 22. Dezember 1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation«, AB1, Nr. L 371 vom 30. 12. 1987 S. 11.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, »Report of the Expert Consultation on Recommended Limits for Radionuclide Contamination of Foods«, Rome 1–5 December 1986, ESN/MISC/87/1.
- International Commission on Radiological

* Velja za ščitnico.

* Oprano na običajen, gospodinjinski način.

Protection, »Recommendations of the International Commission on Radiological Protection«, Publication No. 26, Pergamon Press, Oxford and New York, 1977.

7. International Commission on Radiological Protection, »Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning«, Publication 40, Pergamon Press, Oxford and New York, 1984.
8. International Atomic Energy Agency, »Principles for Establishing Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident of Radiological Emergency«, Safety Series No. 72, IAEA, Vienna, 1985.
9. International Atomic Energy Agency, »Derived Intervention Levels for Application in Controlling Radiation Doses to the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency – Principles, Procedures and Data«, Safety Series No. 81, IAEA, Vienna, 1986.
10. International Commission on Radiological Protection, »Statement from the 1987 Como meeting of the International Commission on Radiological Protection«, Radiological Protection Bulletin 86 (suppl.), 1987.
11. World Health Organization, »Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food, Guidelines for application after widespread radioactive contamination resulting from a major radiation accident«, WHO, Geneva, 1988.
12. World Health Organization, »Nuclear Power: Accidental Releases – Principles of Public Health Action«, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1984.
13. Statistički godišnjak Jugoslavije 1986, YU ISSN 0585-1920, Beograd 1986.
14. M. Adamič, »Analiza prehrambenih navad v Sloveniji«, Univerzitetni zavod za zdravstvo in socialno varnost, Institut za higieno, epidemiologijo in laboratorijsko diagnostiko, Ljubljana, nov. 1989.
15. R. Martinčič: »Poročilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jedrski katastrofi v Černobilu, SSSR«, IJS delovno poročilo DP-4343, Ljubljana, oktober 1986.

PRIPRAVLJENOST NA UKREPANJE OB NESREČAH Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI

Rafael Martinčič*, Bogdan Pucelj**

Članek govori o pripravljenosti Republike Slovenije za ukrepanje ob morebitni jedrski ali drugi radiološki nesreči. Najprej so obravnavani osnovni parametri celovitega sistema varstva in zaščite ter programi radiološkega nadzora, podani so elementi radiološke opremljenosti. Osrednji del članka obravnava prve ukrepe ob nesrečah z radioaktivnimi snovmi: podana so tako splošna načela ukrepanja kot tudi praktični napotki za gasilce, milico, reševalce in zdravnike. V zaključku so povzete naše dosedanje izkušnje in predlogi za še učinkovitejšo pripravljenost.

Sodobna industrijska družba si je z vse večjo proizvodnjo, predelavo, prevozom in uporabo nevarnih snovi, ki so sicer koristne tako v gospodarstvu, zdravstvu, raziskavah kakor tudi v vsakdanjem življenju, naprtila breme potencialno škodljivih snovi, ki lahko ob neustrezni uporabi ali zaradi tehnoloških nesreč ogrozijo človekovo delovno in bivalno okolje pa tudi njegovo zdravje in življenje. Mednje sodijo tudi radioaktivne snovi. Z vojaško in civilno uporabo jedrske energije so se količine teh snovi izredno povečale tako v pridobivanju, predelavi in uporabi kot tudi v odpadkih.

S sodobno tehnologijo odstranjevanja in čiščenja odpadnih snovi lahko med rednim obratovanjem zmanjšamo izpuščanje nevarnih snovi v okolje na družbeno sprejemljivo stopnjo. Za primer nesreče na velikih objektih, kot so velike kemijske tovarne ali jedrske elektrarne, pa načrtujemo in izvajamo ukrepe civilne zaščite, da bi lahko tudi ob nesrečah zmanjšali posledice na raven, ki jo z razpoložljivimi sredstvi lahko dosežemo. Vse dosedanje izkušnje jasno kažejo, da so bili ukrepi v primerih nesreč bolj uspešni, če so bili načrtovani, organi, enote in drugi nosilci ukrepov zaščite in reševanja pa čim bolj usposobljeni.

Iz širokega obsega vprašanj, ki jih odpira varstvo človekovega delovnega in bivalnega okolja, se v članku omejujemo predvsem na probleme samozaščite v primerih nesreč z radioaktivnimi snovmi.

Vprašanja varnosti in nadzora

Vprašanjem varnosti delovanja jedrskih naprav ter varnega ravnanja z radioaktiv-

nimi snovmi posvečamo pri nas posebno pozornost.

Že pri graditvi jedrskih naprav oziroma načrtovanju uporabe radioaktivnih snovi morajo biti zagotovljeni osnovni pogoji za varno obratovanje oziroma ravnanje. Z načrtnim usposabljanjem kadrov za varno vodenje tehnoloških procesov in tehnično vzdrževanje ter za varno ravnanje z radioaktivnimi snovmi pa je zgrajen celovit sistem varstva in zaščite. Razdelimo ga lahko v tri velike podsklope:

1. sistem zakonske in druge pravne regulative,
2. izvajanje varstva in zaščite med rednim obratovanjem jedrskega objekta oziroma pri rednem delu z radioaktivnimi snovmi ter
3. priprave na zaščito in reševanje ob morebitni jedrski in radiološki nesreči.

Zakonska in druga pravna regulativa

Sočasno z graditvijo jedrske elektrarne v Krškem je pri nas nastajala obsežna zakonska in druga pravna regulativa, ki ureja varstvo in zaščito pred ionizirajočimi sevanji. Osnovo predstavlja zvezni Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in o posebnih varnostnih ukrepih pri uporabi jedrske energije (Uradni list SFRJ, št. 62/84). Na osnovi tega zakona je bilo sprejetih 14 spremljajočih zveznih pravilnikov. Z omenjenimi predpisi so dokaj natančno opredeljeni pogoji graditve in obratovanja jedrskega objekta (4 pravilniki) ter nosilci in njihove naloge pri izvajanju varstva pred ionizirajočimi sevanji (10 pravilnikov). Republike in pokrajini večinoma še niso uskladile predpisov, za katere so pristojne, z zvezno zakonodajo.

Na osnovi černobilskih izkušenj se sedaj pripravljajo dopolnitve in spremembe zakona in spremljajočih predpisov.

* Dr., Inštitut Jožefa Stefana, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, Jamova 3, Ljubljana

** Mag., Inštitut Jožefa Stefana, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, Jamova 3, Ljubljana

UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA

142 Za izvajanje varstva pred ionizirajočimi sevanji so neposredno zadolženi razni upravni organi ter znanstvene in strokovne organizacije tako na zveznem kot na republiških nivojih.

V letu 1987 je bila v Sloveniji ustanovljena Republiška uprava za jedrsko varnost (RUJV), ki opravlja zadeve, ki se nanašajo na varnost jedrskih objektov in na inšpekcijsko nadzorstvo. Pri RUJV deluje tudi Strokovna komisija za jedrsko varnost (SKJV), ki je skupno delovno telo republiških upravnih organov za energetiko, varstvo okolja in urejanje prostora, zdravstveno in socialno varstvo, notranje zadeve in ljudsko obrambo.

Varstvo in zaščita med rednim obratovanjem

Med rednim obratovanjem jedrskih naprav ter pri redni uporabi virov sevanja se varstvo pred ionizirajočimi sevanji izvaja zlasti:

- z zagotavljanjem tehnično-tehnološke varnosti,
- s stalnim radiološkim nadzorom,
- s stalnim spremljanjem zdravstvenega stanja delavcev,
- z usposabljanjem in strokovnim izpolnjevanjem delavcev,
- z radiološkim nadzorom okolja ter
- z ustrezno obdelavo, hrambo in dokončnim varnim odlaganjem radioaktivnih odpadnih snovi (še nerešen problem).

V Sloveniji imamo dva jedrska objekta: jedrsko elektrarno v Krškem ter raziskovalni reaktor TRIGA na Inštitutu Jožefa Stefana, rudnik urana na Žirovskem vrhu (ki po zakonu ni jedrski objekt) ter vrsto medicinskih in industrijskih virov radioaktivnih izotopov: v Sloveniji je npr. v širši uporabi prek 200 zaprtih virov z aktivnostmi od 100 MBq do 10 TBq (od 1 mCi do nekaj tisoč Ci).

Za **redni radiološki nadzor** naprav in ljudi v Sloveniji skrbijo:

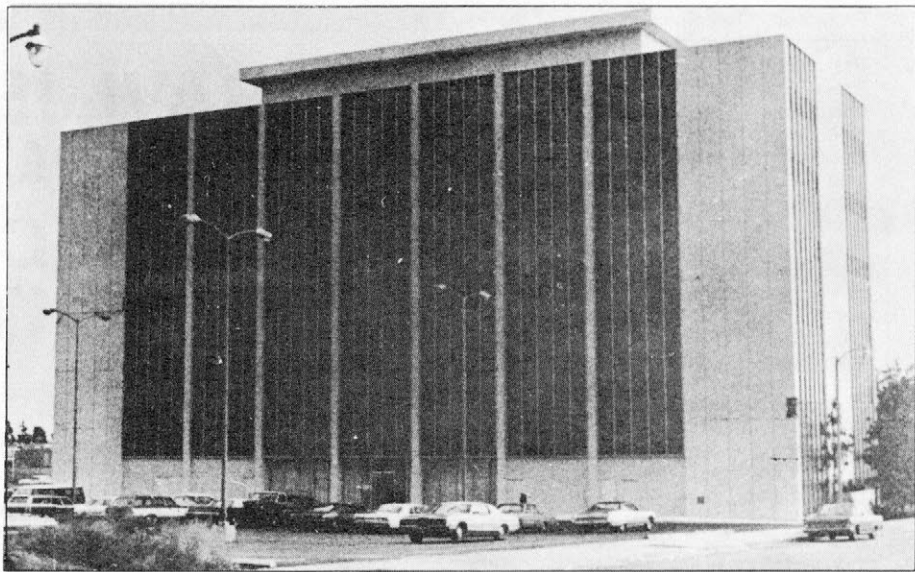
- Uprava za jedrsko varnost in
- Republiški komite za zdravstveno in socialno varstvo s svojimi inšpekcijskimi službami (Republiški sanitarni inšpektorat) kot upravni organi ter
 - Zvod RS za varstvo pri delu in
- Inštitut Jožefa Stefana

kot pooblaščen neodvisni strokovni organizaciji. Nadzor poteka po določbah zakona in pripadajočih pravilnikov.

Za jedrska objekta, rudnik urana in za posebne vire inonizirajočega sevanja, ki so v uporabi v nekaterih organizacijah (inštitut Jožefa Stefana, Klinični center v Ljubljani itd.), skrbijo še posebne službe za varstvo pred ionizirajočim sevanjem.

Radiološki nadzor okolja obsega:

- splošni republiški program spremljanja radiološke situacije v Sloveniji (vsakoletni program je narejen na osnovi Pravilnika o mestih, metodah in rokih za preiskave kontaminacije z radioaktivnimi snovmi, sprejme pa ga Republiški



Slika 1. Medicinski center Indian Hills po potresu v San Fernandu. (Vidne poškodbe desne strizne stene).

komite za zdravstveno in socialno varstvo) ter

- tri specifične programe spremljanja radiološke situacije v okolici obeh jedrskih objektov ter rudnika urana (vsakoletne programe sprejema SKJV na osnovi Pravilnika o načinu, obsegu in rokih sistematičnih preiskav kontaminacije z radioaktivnimi snovmi v okolici jedrskih objektov).

Kot primer si oglejmo najboljše program, to je program spremljanja radiološke situacije v okolici JE Krško.

Spremljanje radiološke situacije v okolici JE Krško je sestavljeno iz dveh med seboj povezanih delov:

1. programa rednega nadzora radioaktivnosti v okolici JE Krško in
2. programa spremljanja radiološke situacije ob jedrski nesreči v JE Krško.

Prvi del predstavlja poleg rednega spremljanja vplivov JE Krško na okolico tudi osnovo za učinkovito izvajanje drugega dela. Sestavljen je iz:

- A programa rednega nadzora –
 - A1 redni program (redne meritve ob normalnem obratovanju),
 - A2 dopolnilni program (izredne meritve po potrebi),
- B programa primerjalnih meritev in nadzornega programa ter
- C programa vzdrževanja pripravljenosti Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (Inštitut Jožefa Stefana in Zavod SRS za varstvo pri delu).

Program rednega nadzora (program A) je zasnovan tako, da je takoj uporaben tudi za spremljanje radiološke situacije ob jedrski nesreči, saj vzdržuje:

- mrežo fiksnih merilnih točk (zračne črpalke),
- sistem termoluminiscenčnih dozimetров (sistem TLD) v treh krogih okoli JE,
- mrežo avtomatskih meteoroloških postaj z vgrajenimi kontinuirnimi merilniki sevanja gama, ki predstavlja nov si-

stem nadzora sevanja gama z avtomatskimi alarmi.

Ti trije sistemi kontrole so v programu C dopolnjeni še s:

- sistemom akcidentalnih TLD,
- sistemom vazelinskih plošč (spremljanje talnega useda) ter
- mrežo dogovorjenih potencialnih merilnih točk.

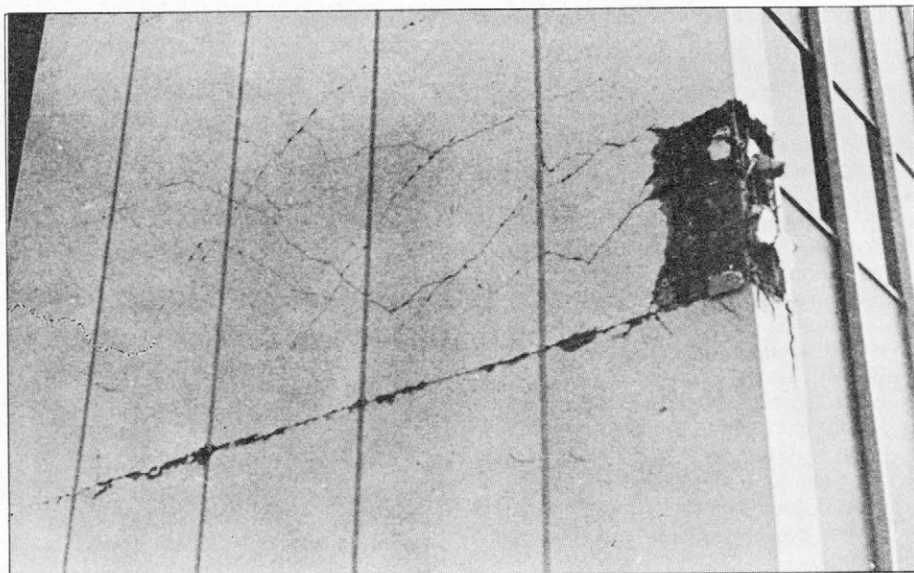
Program primerjalnih/nadzornih meritev (program B) vključuje:

- primerjalne rutinske meritve tekočih in plinastih izpustov radiološkega laboratorija JE Krško z meritvami neodvisnih merilnih sistemov in mostev,
- nadzorne specifične meritve elementov, ki jih JE Krško rutinsko ne opravlja,
- določanje povprečnih tekočih izpustov na podlagi analiz sestavljenih reprezentativnih mesečnih vzorcev ter
- meritve na izvoru plinastih ter tekočih iztek.

S programom C je zagotovljena pripravljenost republiške specializirane enote civilne zaščite za RKB izvidništvo – Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME), ki ima svoj operativni sedež na Inštitutu Jožefa Stefana. Namen tega dela programa je:

- primerjava rezultatov meritev ELME z meritvami, ki jih opravlja sama JE Krško,
- neposredno preverjanje delovanja celotnega mobilnega laboratorija in usposobljenost ekip,
- seznanjanje z okolico JE Krško, s prevoznimi potmi, merilnimi točkami in vrednostmi radioloških parametrov,
- dograjevanje karte spremljanja radiološke situacije ter operativnega načrta ukrepanja na osnovi izvedenih meritev in pridobljenih izkušenj.

Za pravilno, hitro in učinkovito ukrepanje ob morebitni nezgodi v JE Krško je program spremljanja radiološke situacije izjemnega pomena.



Slika 2. Pogled od blizu na desno strižno steno medicinskega centra Indian Hills.

Ocene ogroženosti

Priprave na zaščito in reševanje ob morebitni jedrski ali kaki drugi radiološki nesreči potekajo v skladu z zasnovo naše splošne ljudske obrambe in družbene samozaščite ter doktrino civilne zaščite, pri tem pa se upoštevajo znanstvena spoznanja ter domače in tuje izkušnje s področja varstva pred ionizirajočimi sevanji (priporočila Mednarodne agencije za atomsko energijo – IAEA, priporočila Mednarodne komisije za radiološko zaščito – ICRP itd.).

Podlago načrtovanju predstavlja kakovostna in stvarna **ocena ogroženosti**. Temelji na naslednjih delnih presojah, ki tvorijo osnovo za načrtovanje ukrepov in dejavnosti:

- ocene izpustov glede na vrsto in aktivnost posameznih skupin radionuklidov,
- transport in razpršitev radioaktivnih snovi po zračni poti ter njihovo usedanje in izpiranje,
- zunanje in notranje obsevanje zaradi vdihavanja radioaktivnih snovi, ki lebdi v zraku,
- onesnaženje tal, obdelovalnih površin, površinskih voda ter povrtnin in poljščin, predvsem sveže zelenjave, ki gre takoj v uporabo,
- onesnaženje pitne vode, predvsem kapnice, ter mleka in mesa,
- onesnaženje ostalih prehrabnih izdelkov.

Do grozeče ali dejanske kontaminacije delovnega in življenjskega okolja lahko pride ob različnih dejavnostih z radioaktivnimi snovmi: pri izdelavi ali predelavi, ob uporabi, pri skladiščenju ali ob transportu. Kontaminirajo se lahko zaprti prostori, kontaminant pa lahko prodre tudi v okolje. V tem primeru lahko pride tudi do onesnaženja širšega območja, vendar je to močno odvisno od količine radioaktivnih snovi in vremenskih razmer.

Največji potencialni vir radioaktivnosti, ki bi ob izrednem dogodku lahko kontaminiral širše območje, je jedrska elektrarna Krško. Možnost za manjšo kontaminacijo okolja predstavljata tudi raziskovalni reaktor TRIGA ter uporaba radioaktivnih virov (predvsem odprtih) v raziskovalne in medicinske namene. Pri nas so najbolj razširjeni zaprti radioaktivni izvori, ki se uporabljajo predvsem v medicinske namene, za nadzor industrijskih procesov (merjenje debeline, gostote, vlažnosti itd.), odpravljanje statičnega naboja, pregled materialov (radiografija) in strelovode. Izredni dogodek pri uporabi teh virov lahko povzroči le manjšo, popolnoma lokalno kontaminacijo.

Radioaktivni izotopi se uporabljajo tudi v nekaterih izdelkih splošne porabe, kot so: svetleče številnice (ure, kompasi itd.), dimni detektorji (javljalniki požara), mrežice plinskih svetilk, starterji fluorescenčnih žarnic. Zaradi nizkih aktivnosti uporaba teh izdelkov praktično ne predstavlja nevarnosti za kontaminacijo okolja.

Uvajanje zaščitnih ukrepov

Z zaščitnimi ukrepi moramo pri nesrečah z radioaktivnimi snovmi doseči dvoje: preprečiti moramo akutne posledice sevanja za zdravje in življenje ljudi ter zmanjšati možnosti dolgoročnih zdravstvenih posledic ob upoštevanju vseh družbenih dejavnikov.

Ker imajo vse akutne posledice sevanja bolj ali manj dobro definiran dozni prag, pod katerim ni pričakovati pojavov akutnega obolenja ali smrti, so odločitve o preprečevanju akutnih posledic na osnovi zanesljivih prognoz oziroma opravljenih meritev enostavne in nedvoumne. Z ukrepi je treba preprečiti, da bi ljudje prejeli večje doze sevanja, kot je prag akutnega obolenja. Pri načrtovanju in sprejemanju ukrepov za zmanjšanje dolgoročnih posledic pa so stvari precej bolj zapletene. Zanesljive podatke o pogosto-

sti rakastih obolenj kot posledice sevanj imamo samo za razmeroma velike doze in ocene faktorjev tveganja pri majhnih dozah so samo ekstrapolacija teh vrednosti. Ker pa načeloma izhajamo iz predpostavke, da vsako povečanje prejetih doz povečuje verjetnost nastopa rakastih obolenj v naslednjih letih in desetletjih, je nujno, da se odločimo za nivoje (intervencijski nivoji), pri katerih sprejemamo določene ukrepe zaščite prebivalstva za zmanjšanje dolgoročnih poledic. Določitev teh nivojev in pripadajočih ukrepov je po mednarodni praksi prepuščena pristojnim upravnim organom. Za JE Krško jih je že leta 1982 predpisal Republiški komite za zdravstveno in socialno varstvo, pri čemer je upošteval priporočila Mednarodne agencije za atomsko energijo. Osnova za vse ukrepe je radiološki nadzor oziroma spremljanje radiološke situacije. Ob izrednem dogodku ta nadzor poteka na treh ravneh: osnovni, specializirani in visokospecializirani. Osnovno ravnen predstavljajo enote RKB zaščite, specializirano službo za radiološko zaščito in druge specializirane enote, visokospecializirano pa Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME), ustrezne strokovne in znanstvenoraziskovalne ustanove ter ustrezne enote za ABKO v JLA.

Radiološka opremljenost

Strokovno in profesionalno se z merjenjem radioloških parametrov v Sloveniji ukvarjajo:

- Inštitut Jožefa Stefana,
- Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu,
- Jedrska elektrarna Krško,
- Rudnik urana Žirovski vrh ter
- Univerzitetni klinični center v Ljubljani.

Prvi dve inštituciji sta pooblašteni za merjenje radioaktivnosti v našem okolju.

Inštitucije so navedene v približnem vrstnem redu opremljenosti oziroma vpletenosti metod meritev, ki jih na splošno lahko razdelimo v:

- visokoločljivostno gama spektrometrijo (določanje vsebnosti gama sevalcev),
- spektrometrijo alfa (določanje vsebnosti sevalcev alfa),
- radiokemijske metode (določanje vsebnosti sevalcev beta),
- nespecifične metode (meritev hitrosti doze in površinske kontaminacije),
- dozimetrijo.

Edino inštitut Jožefa Stefana obvladuje vse našete metode.

Poleg navedenih inštitucij so z merilniki nekaterih radioloških parametrov opremljene tudi enote CZ za RBK zaščito (predvsem s TL dozimetri in merilniki hitrosti doze) ter nekatere OZD.

Napotki udeležencem nesreče z radioaktivnimi snovmi

Spolšna načela

Ob izrednem dogodku z grozečo ali dejansko kontaminacijo okolja z radioaktivnimi snovmi razdelimo časovni potek ukrepanja v tri faze:

- takojšnja,
- prehodno,
- dolgoročno.

Takojšnja faza

Ta faza obsega ukrepe, ki sledijo neposredno izrednemu dogodku in se izvajajo vsaj do prihoda posebne ekipe, ki z meritvami ugotovi stopnjo in vrsto kontaminacije. Ta faza traja nekaj ur. Glede na usposobljenost in pristojnost posamezne zaščitne ukrepe izvajajo:

- predstavniki organizacij, ki so neposredno vpletene v izredni dogodek, občani (do prihoda pristojnih služb),
- miličniki,
- reševalci,
- gasilci.

Bistveni ukrepi v tej fazi so:

- obvestilo milici o izrednem dogodku (udeleženci izrednega dogodka, občani),
- reševanje ponesrečencev z upoštevanjem možnosti, da so kontaminirani z radioaktivnimi snovmi (prvo pomoč nudijo prisotni, sicer pa reševalci),
- gašenje požara ob upoštevanju zaščitnih ukrepov za delo ob prisotnosti radioaktivnih snovi (gasilci),
- zavarovanje mesta dogodka s kontrolo vstopa in izstopa (milica, gasilci),
- zbiranje podatkov o radioaktivni snovi: vrsta, količina, oblika (milica in strokovne organizacije).

Izvajanje seveda lahko poteka tudi po drugačnem vrstnem redu, odvisno od situacije. V oklepaju so navedeni izvajalci ukrepa.

Prehodna faza

Ta faza obsega ukrepe, ki sledijo prihodu posebne ekipe za ugotavljanje kontaminacije. Če je potrebno, se v tej fazi nadaljujejo ukrepi iz prejšnje faze, sicer pa je glavno delo ugotavljanje kontaminacije in izvajanje dekontaminacije. Ukrepe izvajajo poleg posebne ekipe še vsi tisti prejšnji izvajalci, ki so potrebni glede na situacijo. Ta faza traja nekaj ur, lahko pa tudi več dni. Bistveni ukrepi so:

- nadaljevanje reševanja oseb (reševalci),
- nadaljevanje gašenja oziroma omejevanja požara (gasilci),
- ugotavljanje stopnje in vrste kontaminiranosti (ELME, enote CZ),

- določitev nadzorovanega območja (ELME, enote CZ),
- kontrola kontaminiranosti in dekontaminacija oseb, ki so bile vpletene v izredni dogodek, in tistih, ki so sodelovali v prvi fazi (ELME, enote CZ),
- določitev dekontaminacijskega postopka in sredstev za dekontaminacijo (ELME, enote CZ),
- določitev posebnih zaščitnih ukrepov za prebivalstvo (štabi CZ),
- izvajanje dekontaminacijskih ukrepov (enote CZ, gasilci),
- merjenje učinkovitosti dekontaminacije (ELME, enote CZ),
- ob zaključku dekontaminacije nadzor kontaminiranosti in dekontaminacija vseh sodelujočih (ELME, enote CZ),
- odstranitev in shranitev kontaminiranih predmetov (enote CZ ali posebne ekipe po posvetovanju s pristojnimi organi),
- določitev dolgoročnih ukrepov (štabi CZ, ustrezni upravni organi).

Dolgoročni zaščitni ukrepi

Ti ukrepi so potrebni, če dekontaminacije ni bilo mogoče izvesti v popolni meri. Do tega lahko pride predvsem pri kontaminaciji življenjskega okolja. V tem primeru so najpomembnejši naslednji ukrepi:

- spremljanje širjenja kontaminacije zaradi neodstranjenih kontaminantov (pooblaščenec organizacije),
- določitev morebitnih dodatnih zaščitnih ukrepov (štabi CZ oziroma ustrezni upravni organi).

Osební zaščitni ukrepi

Nevarnost zaradi radioaktivnosti je odvisna od vrste, količine in oblike radioaktivne snovi ter trajanja izpostavljenosti. Pri tem ločimo v osnovi tri vrste nevarnosti:

- nevarnost zunanjega obsevanja ob prisotnosti nezaščitene radioaktivne izvorov v človekovi bližini,
- nevarnost notranjega obsevanja zaradi vdihavanja plinov, par ali prahu radioaktivne snovi ali zaradi vnosa teh snovi v telo skozi rane in s hrano,
- nevarnost zunanje kontaminacije oblačil, obutev in izpostavljenih delov telesa.

V primeru tovrstnih nezgod je treba poznati nekaj preprostih dejstev in upoštevati nekaj enostavnih pravil.

Zunanje obsevanje

Ob delu na območju, kjer so zaprti izvori ionizirajočega sevanja, predstavlja glavno nevarnost zunanje obsevanje. Glavni zaščitni ukrepi so:

1. Skrajšanje časa izpostavljenosti. Prejeta doza je sorazmerna s časom izpostavljanja zunanemu viru, zato se je treba v ogroženem območju zadrževati le, če je to nujno in še v tem primeru čim manj časa.
2. Večanje oddaljenosti od vira. Izpostavljenost sevanju pada z oddaljenostjo od vira, zato v nevarnem območju delamo v čim večji oddaljenosti od vira.

3. Zaščitni materiali.

Žarki alfa in elektroni so neprodorni; prve zadrži že list papirja, druge pa tanka pločevina. Žarki gama in rentgenski žarki so prodornejši in jih npr. absorbira v znatnejši meri šele nekaj deset centimetrov betona. Ob delu na območju z zaprtimi sevalci žarkov gama skušamo izkoristiti zaščito, ki se tam nahaja (stene, večji predmeti itd.).

Notranja kontaminacija

Ob delu na območju, ki je kontaminirano z radioaktivnimi snovmi, predstavlja glavno nevarnost notranja kontaminacija, to je vnos radioaktivnih snovi v telo, z vdihavanjem, uživanjem kontaminirane hrane, vode, skozi kožo in rane. Zato je treba pri delu na kontaminiranem območju upoštevati naslednje zaščitne ukrepe, ki preprečujejo vnos izotopov v telo:

- nositi zaščitno obleko, obuvala in rokavice, kar preprečuje zunanjo kontaminacijo telesa,
- nositi zaščitno masko ali uporabljati avtonomne dihalne aparate, kar preprečuje vdihavanje radioaktivnih snovi,
- prepovedano je uživanje hrane, pitje vode in kajenje.

Ob nudenju prve pomoči

Če pri nudenju pomoči osebam, ki so bile obsevane ali so kontaminirane z radioaktivnimi snovmi, upoštevamo nekaj osnovnih pravil, delo ne predstavlja nobene neposredne nevarnosti za reševalce ali okolico.

V nezgodi z radioaktivnimi snovmi lahko naletimo na 4 vrste poškodovancev:

1. Oseba je bila obsevana delno ali po celem telesu. Taka oseba za reševalce ali okolico ne predstavlja nobene nevarnosti, tako kot npr. ne predstavlja nobene nevarnosti za okolico oseba, ki je bila na rentgenskem pregledu.
2. Oseba z notranjo kontaminacijo. Tudi tak poškodovanec ne predstavlja nevarnosti za reševalce ali okolico, tako kot ne predstavlja nobene nevarnosti za okolico oseba, ki se je zastrupila s kemičnimi snovmi. Zbrati in shraniti pa moramo telesne izločke (blato, urin), da bodo lahko strokovnjaki na podlagi preiskav teh izločkov ugotovili količino radioaktivnih snovi v telesu, kar je bistveno za nadaljnje medicinsko ukrepanje.
3. Oseba z zunanjo kontaminacijo. Z radioaktivnimi tekočinami ali radioaktivnim prahom so kontaminirana oblačila in/ali posamezni deli telesa. V takem primeru moramo posvetiti posebno pozornost varnostnim ukrepom pri transportu osebe do kraja, kjer bo dekontaminirana pod strokovnim nadzorstvom. Če taki osebi ne pomagamo pravilno, lahko prenesemo kontaminacijo na reševalce ali okolico.
4. Zunanje kontaminirana oseba z odprtimi ranami. Paziti moramo, da pri nudenju prve pomoči kontaminacije ne prenesemo na rano ali z rane na nepoškodovane

dele. Reševalci, ki so izurjeni v prvi pomoči, lahko očistijo rano in kožo okrog rane, preden jo povijejo (pokrijejo). Po opravljenih meritvah vodi nadaljnjo terapijo zdravnik.

V nadaljevanju je zbranih nekaj praktičnih napotkov za gasilce, milico, reševalce in zdravnike.

Osnovna navodila gasilcem

Ker gasilci pogosto posredujejo ob izrednih dogodkih (tudi če ne gre za požar) in ker so često prvi na prizorišču nezgode, je pomembno, da vedo, kaj morajo storiti in čemu se morajo izogibati ob nezgodi, pri kateri so vpletene radioaktivne snovi.

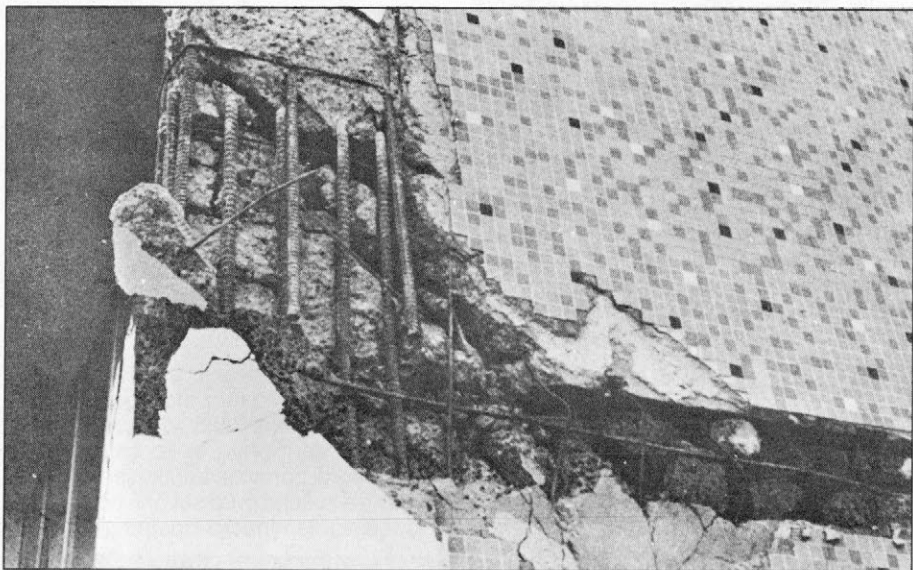
Gasilske enote morajo imeti med svojo opremo enostavne merilnike sevanja (monitorji gama in beta) oziroma morajo vedeti, kdo jih ima.

OB OBVESTILU, da gre za nezgodo z radioaktivnimi snovmi:

1. Preverite, če je o tem obveščena milica.
2. Prek RCO zahtevajte pomoč ELME.
3. Na kraju nezgode zberite imena in naslove oseb, ki so bile vpletene v nezgodo ali so bile po naključju v neposredni bližini; če tega niso storili že drugi.
4. Če so v nezgodi tudi poškodovanci, obvestite reševalce, da gre za možnost kontaminacije z radioaktivnimi snovmi.
5. Javnost na kraj nezgode nima dostopa. Ravnajte kot ob večjem požaru. Dostop imajo le pooblaščen osebe, ki neposredno pomagajo odstranjevati posledice nezgode.
6. Če obstaja le sum, da je kontejner z radioaktivno snovjo poškodovan, ravnajte tako, kot da so osebe, oprema, predmeti, vozila in okolje kontaminirani.
7. Če razpolagate z merilniki sevanja, ugotovite jakost in razširjenost sevanja, in sicer v naslednjih nivojih (stopnjah):
 - naravno ozadje,
 - nizek nivo (odčitek na merilniku ne presega maksimuma najnižjega območja merilnika),
 - visok nivo (izmerimo ga lahko le z merilnikom za visoka območja sevanja),
 - kontaminacijo oseb, opreme in okolja.
 Zarkov alfa in nevtronov z monitorji gama/beta ni moč detektirati. Če je iz dokumentov oziroma iz drugih oznak razvidno, da gre za nevtrone ali žarke alfa, je treba ukrepati še posebno previdno (da ne pride do kontaminacije), dokončne meritve pa bo opravila ELME.
8. NE OCENJUJTE PREJETIH DOZ. To bo storila ELME oziroma izkušen strokovnjak s tega področja.



Slika 3. Bolnica Holly Cross po potresu v San Fernandu. (Vidne poškodbe na desni končni steni.)



Slika 4. Pogled od blizu na poškodovano steno bolnice Holly Cross.

Na kraju intervencije

VEDNO

1. Zadržujte se na zavetrni strani.
2. Določite in zavarujte nevarno območje – nepooblaščen osebe nimajo dostopa na kraj dogodka.
3. Nosite zaščitno obleko in v primeru možnosti kontaminacije zraka tudi dihalni aparat.
4. Nosite osebni dozimeter.

V PRIMERU POŽARA

1. Uporabljajte običajne metode gašenja, vendar preprečujte širjenje kontaminacije.
2. Izogibajte se stika s puščajočimi ali poškodovanimi kontejnerji.
3. Odstranite nepoškodovane kontejnerje z območja požara, če je to mogoče.
4. Z očiščevalnimi postopki počakajte do prihoda ELME oziroma posebne strokovne ekipe.

V PRIMEU PUŠČANJA ALI IZLITJA

1. Izogibajte se stika s kontejnerji, ki puščajo ali pa so poškodovani.
2. Če je treba poškodovane kontejnerje vseeno premakniti, uporabljajte osebna zaščitna sredstva (rokavice, primerna obuvla itd.). Poškodovane kontejnerje shranite v kovinske posode in jih vidno označite.
3. Nepoškodovane kontejnerje odstranite z območja razlita.
4. Z očiščevalnimi postopki počakajte do prihoda ELME oziroma posebne strokovne ekipe.

PRVA POMOČ

1. Pokličite zdravnika.
2. Uporabite standardne metode prve pomoči.
3. Predpostavite, da so osebe in oprema, ki so bili v bližini poškodovanih kontejnerjev ali razlitij, kontaminirani.
4. Opozorite reševalce, da je poškodovanec morda kontaminiran.

Osnovna navodila milici

1. Ob obvestilu, da gre za nezgodo, v katero so vpletene radioaktivne snovi ali so bile osebe obsevane oziroma kontaminirane, takoj preverite mesto in vrsto dogodka ter poizvedite, ali so na prizorišču dogodka tudi ranjenci. Vse podatke sporočite Republiškem komiteju za zdravstveno in socialno varstvo ter pokličite na pomoč ELME.
2. Na kraju nezgode zabeležite imena in naslove vseh ljudi, ki so bili v bližini, da jih bo lahko pregledala posebna strokovna ekipa.
3. Če so na prizorišču ranjenci, pokličite reševalce (če to niso storili že drugi) in jih vnaprej opozorite na dejansko ali možno kontaminacijo.
4. Javnost na kraj nezgode nima dostopa; zaprite območje in preusmerite promet; dostop dovolite le reševalnim ekipam ter uradnim osebam; ravnajte kot ob večjih nezgodah, saj tudi na ta način preprečite širjenje kontaminacije. Če je treba promet sprostiti pred prihodom posebne strokovne ekipe, umaknite vozila in razbitine le toliko, da je promet ponovno omogočen. Za vsak prehod skozi območje nezgode (avto, motorist, pešec) pa zabeležite imena, naslove in registrske številke vozil. Ti podatki so zelo pomembni za morebitno kasnejšo kontrolo oseb in vozil, če se izkaže, da je bilo območje nezgode močno kontaminirano.
5. Že ob sumu, da je kontejner z radioaktivno snovjo poškodovan, ravnajte tako, kot da so osebe, oprema, predmeti, vozila in okolje kontaminirani.
6. Če razpolagate z merilniki sevanja, ugotovite jakost in razširjenost sevanja, in sicer v naslednjih nivojih (stopnjah):
 - naravno ozadje,
 - nizek nivo (odčitek na merilniku ne presega maksimuma najnižjega območja merilnika),
 - visok nivo (izmerimo ga lahko le z merilnikom za visoka območja sevanja),
 - kontaminacijo oseb, opreme in okolja.

Žarkov alfa in nevtronov z monitorji gama/beta ni moč detektirati. Če je iz dokumentov oziroma iz drugih oznak razvidno, da gre za nevtrone ali žarke alfa, je treba ukrepati še posebno previdno (da ne pride do kontaminacije), dokončne meritve pa bo opravila posebna strokovna ekipa.

7. NE OCENJUJTE PREJETIH DOZ. To bo storila ELME oziroma izkušen strokovnjak s tega področja.

Osnovna navodila reševalcem

1. Ne ozirajte se na kontaminacijo v nujnih primerih rešujte najprej življenja ponesrečencev.
2. Ugotovite, ali gre za fizične poškodbe in odprte rane. Rane prekrijte z obvezami (tako boste preprečili širjenje kontaminacije); uporabljajte le povoje, ne pa lepilnih obližev (lahko pride do mikroskopskih poškodb kože in s tem do nevarnosti notranje kontaminacije).
3. Prekrijte nosila in vzglavnik z odejo; ponesrečenca zavijte v plastično folijo ali odejo – tako zmanjšate možnost širjenja kontaminacije.
4. Zabeležite si vse informacije o ponesrečencu, vključno z rezultati opravljenih meritev kontaminacije (če ti že obstajajo) – ti začetni podatki so za strokovnjake in nadaljnji potek dogodkov lahko zelo pomembni.
5. Po radiu ali telefonu sporočite bolnišnici (zdravstvenemu domu) stanje poškodovancev in vaše ugotovitve s kraja nezgode – tako bodo pripravljeni na vaš prihod in pravilno nadaljnje ukrepanje.

OSEBNA ZAŠČITA

6. Po prihodu v bolnišnico (zdravstveni dom) morate biti vi, oprema in vozilo pregledani, preden se lotite drugih del.
7. Če so oblačila in/ali obuvila kontaminirana, se slecite in oblačila, obuvila spravite v posebne kontejnerje (lahko plastične vreče), ki morajo biti posebej in jasno označeni. Dobro se umijte ali pa se stuširajte.
8. Po vsakem umivanju ali tuširanju morate biti pregledani z monitorji sevanja; meritve morajo biti dokumentirane. Umivati se morate toliko časa, dokler odgovorni zdravnik ali izkušen strokovnjak za zaščito pred sevanji ne ugotovi, da je kontaminacija odstranjena.

Osnovna navodila zdravnikom

PO OBVESTILU, da boste sprejeli poškodovanca, ki je kontaminiran z radioaktivnimi snovmi ali pa o tem obstaja sum, storite naslednje:

1. Pripravite posebno, izolirano sobo. Če to ni mogoče, prekrijte tla v neposredni bližini vhoda na urgentni oddelek plastično folijo; prostor ogradite (izolirajte) in označite. V primeru hude kontaminacije je treba izključiti tudi ventilacijo. Na tak način boste preprečili širjenje kontaminacije v okolico. Poleg običajne opreme boste potrebovali še:
 - kontejnerje za zbiranje bioloških vzorcev,
 - zadostno zalogo rjuh, brisač, mask, rokavic, splošnih in kirurških instrumentov,
 - kontejnerje za shranjevanje kontaminiranih predmetov, oblačil, obutev,

– plastične vrečke za shranjevanje kontaminiranih odpadkov.

2. Preskrbite si merilnik hitrosti doze (monitorji sevanja) oziroma pokličite na pomoč strokovnjake s področja zaščite pred sevanjem.

OB PRIHODU REŠEVALCEV

1. Z monitorji sevanja pregledajte ponesrečenca na nosilih.
 2. Ne ozirajte se na kontaminacijo, v nujnih primerih rešujte najprej življenja ponesrečenca.
 3. Pri pregledu ponesrečenca in njegovih ran uporabljajte zaščitne obleke, halje, rokavice, kape, maske itd.
 4. V primeru zunanje kontaminacije shranite v ustreznih, vidno označenih kontejnerjih ponesrečenčovo obleko, obutev, osebne predmete (obeske, zaponke, zlatino itd.), posteljnino iz rešilnega avtomobila ter telesne izločke (urin in blato).
 5. Dekontaminacijo začnite, če je to z medicinskega stališča dopustno, s čiščenjem in umivanjem delov telesa, ki so najbolj kontaminirani. Pri tem lahko uporabljate milo in toplo vodo. Posebno pozornost posvetite lasem, telesnim odprtinam in pregibnim področjem. Po vsakem umivanju ali tuširanju opravite meritve, ki jo obvezno zabeležite.
- Rane sperite s sterilno vodo in pri tem v posodo lovite izcedno vodo ter jo shranite na enak način kot stvari pod točko 4. Vsak korak v dekontaminaciji morajo spremljati meritve. Več informacij o postopkih dekontaminacije in zdravljenju radiacijskih poškodb najdete npr. v IAEA priporočilih SS No. 47 Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury.
6. Opremo in oblačila vseh prisotnih shranite na način, opisan v točki 4. Vsi prisotni morajo skozi dekontaminacijski postopek.

Zaključki

Izkušnje kažejo, da so vzpostavljena organizacijska struktura za ukrepanje ob morebitni jedrski ali drugi radiološki nesreči v Sloveniji ter vzpostavljeni redni programi nadzora okolja zadovoljiv porok naše pripravljenosti. To je pokazala tudi črnbiljska nesreča. Kljub temu pa ostaja vrsta strokovnih in organizacijskih vprašanj odprtih. Naštetimo le najpomembnejše:

- sprememba zvezne zakonodaje na področju jedrskega prava in s tem tudi predpisov, ki so v pristojnosti republike;
- organizacija zveznih in republiških upravnih organov ter drugih organizacij na tem področju (pristojnost, usklajenost, odgovornost);
- nacionalni nadzornoalarmni merilni sistem;
- intervencijski nivoji in ocena ogroženosti;
- stalno, metodično in kakovostno informiranje javnosti ter še posebej obveščanje v primeru radiološke nesreče;

- ustrezna opremljenost, pripravljenost in usposobljenost štabov CZ, RBK enot in računsko analitskih skupin.

In še bi verjetno lahko kaj našli. Razčiščenje teh vpršanj je pred nami in kar nekaj jih bomo morali razrešiti na zvezni ravni.

ALI NAM GROZI POSLABŠANJE PODNEBJA ?

Ivan Gams* Marko Krevs**

1. Čopič, M., 1984. Smernice za izdelavo ocen ogroženosti in pripravo ukrepov civilne zaštite ob morebitnih jedrskih nesrečah v JE Krško. Republiški komite za energetiko, Ljubljana.
2. Martinčič, R., B. Pucelj: Operativni načrt za vzdrževanje stalne pripravljenosti za čiščenje radioaktivnega onesnaženja okolja, hrane in krme, Osnutek, RSCZ, november 1985.
3. Martinčič, R., 1989. Načrt ukrepov ob nesrečah z radioaktivnimi snovmi, Poljče.
4. Republiški načrt ukrepov za zaščito in reševanje – Načrt NEK 1, 2 in »R«, Ljubljana 1982.
5. RUJV: Poročilo o uporabi jedrske energije v letu 1988, oktober 1989.
6. Trampuž, M., 1989. Varstvo okolja pred ionizirajočimi sevanji. Zbirka zveznih predpisov Jugoslavije, ZVD SRS.
7. Ušeničnik, B., 1984. Organiziranost in delovanje civilne zaštite ob morebitnih izrednih dogodkih v JE Krško, Poljče.

Svet je spričo črnogledih napovedi zaskrbljen zaradi možnosti, da bi topla greda povzročila poslabšanje podnebja. Klimatologi ne dajejo nespornih odgovorov, ki bi bili podlaga za preventivno ukrepanje zoper suše in druge naravne nesreče. Članek skuša s statistično analizo slovenskih meteoroloških postaj, zlasti mesečnih temperatur in padavin v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–1985, v povojni dobi pa tudi na Kredarici (2514 m), ugotoviti, ali so sedanje podnebne razmere zares izjemne.

Svetovno življenje in gospodarstvo sta naravnana na povprečno podnebje. Zato človek misli, da bi vsaka sprememba klime prinesla potrebo po novem prilagajanju, s tem pa tudi stroške in nemir.

Mišljene so hitre spremembe v času ene generacije. Spremembe v razponu geološke dobe nas ne vznemirjajo. Vemo, da je bila v celinski Sloveniji pred nekaj milijoni let povprečna letna temperatura okoli 16 do 20°. Po prehodu v kvartarno dobo pred dvema milijonoma let se je začela močna ohladitev in zadnje pol milijona let je bil podnebni nemir izreden. Še ne povsem ugotovljeno število ohladiitev so prekinjale otoplitve. Vsaka naslednja ohladitev je bila močnejša. V zadnji ledeni dobi je bila, sodeč po primerjavi tedanje in sedanje snežne in gozdne meje, temperatura za ok. 8° nižja od sedanje. Po splošnem mnenju so ledenodobne ohladiite v otoplitve nastopile hitreje, kot je znanost do zdaj domnevala. Na začetku holocenske dobe je bila temperatura višja od današnje, kar pomeni otoplitev za ok. 10° v pet tisoč letih. V sledeči atlantski dobi je bila temperatura nižja, v srednjem veku spet višja. Sledilo je ohlajevanje do prve polovice 19. stol. Visok ledostaj alpskih ledenikov sredi preteklega stoletja označujejo v glaciologiji za malo ledeno dobo. Odtlej temperature spet rastejo. Po trajanju in temperaturah je holocen izredno topla interstadialna, še bolj verjetno pa običajno topla interglacialna doba, to je pred bodočo (peto, šesto, ne ve se točno) ledeno dobo. Napoved bo tako dolgo brez znanstvene podlage, dokler ne bodo znani vsi vzroki za kvartarne ohladiite na Zemlji. Seveda temperature med temi spremembami nikoli niso od leta do leta enakomerno naraščale v času otoplitev in se prav tako niso enakomerno zniževale v času ohlajevanja. Ves čas so nihale (oscilirale) in npr. otoplitev je nastala, ko se je po nihanju temperatura zaustavila na višjem izhodišču za naslednji nihaj. Tudi znotraj večjega nihaja so manjši, ki trajajo različno dolgo. Tak značaj podnebja nam otežuje napovedovanje klimatskega razvoja na podlagi komaj dobri dve stoletji dolge dobe instrumentalnega opazovanja.

Ta kratek pregled pleistocenske klime je bil potreben za naše razpravljanje, ali smo v dobi splošnega ogrevanja Zemlje zaradi človekovega delovanja oziroma učinka t. i. tople grede. Predvsem to vznemirja svetovno javnost. Delovanje tople grede je obrazložila že 3. številka Ujme (15, 14–15). Človeštvo spravlja predvsem z izgorevanjem fosilnih goriv v ozračje velike količine dušikovih oksidov, metana, klorofluorovodika in zlasti ogljikovega dioksida. Slednjega naj bi poslali v zrak približno pet milijard ton na leto, količina pa še vedno narašča (14, str. 288–289). Po fizikalnih zakonitostih bi se to moralo odraziti v povečani temperaturi na Zemlji. O tem, ali je že prišlo do povišanja temperature in kolikšno bo to povišanje v naslednjem polstoletju, si klimatologi niso enotni. Njihova mnenja bi lahko združili v tri skupine:

1. V tem stoletju se je svetovno ozračje zaradi tople grede otopilo za več desetink stopinje Celzija. Ob podvojitvi sedanje koncentracije bo na začetku prihodnjega tisočletja temperatura porasla za 2–5,5°. Zato je treba takoj ukrepati.

2. Dvig temperature ozračja je manjši, kot bi moral biti po doslej znani shemi delovanja tople grede, in manjši je tudi registrirani porast CO₂. Vendar mora človeštvo začeti preventivno ukrepati že zdaj, dokler je še čas.

3. Splošni dvig temperature svetovnega ozračja ni dokazan. Gre le za naravno nihanje, ki pa ni enako po vsem svetu. Nekateri predeli registrirajo v zadnjih desetletjih rahel dvig, drugi padec temperature. Z ukrepi je treba počakati, dokler znanost ne bo ugotovila resnice. Meteorologija zmore trenutno napovedati vreme natančneje le za nekaj dni, manj natančno največ za 8 do 10 dni. Kako bi torej mogla napovedati razvoj v nadaljnjem polstoletju?

Namen tega članka ni navajati argumente in protiargumente, na katerih slonijo gornja raziranja in zlasti napovedovanja bodočega podnebnega razvoja. Omejuje se predvsem na ugotovitev, da sodobno meteorološko raziskovanje, tudi s pomočjo satelitov, pospešeno raziskuje dejavnike,

* Prof. dr., FF, Oddelek za geografijo, Aškerčeva 12, Ljubljana.

** Absolvent geografije, Tončke Čečeve 31, Ljubljana.

UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA
UJMA