

1) ISTORIJSKI OSVRT

Istorijski razvoj istraživanja o štetnosti radioaktivnog zračenja prošao je put od potpunog nepoznavanja rizika do uspostavljanja strogih globalnih standarda zaštite. Iako je sama radioaktivnost otkrivena krajem 19. vijeka, naučna svijest o njenim opasnostima po ljudsko tijelo razvijala se znatno sporije. Tokom 20-ih godina 20. vijeka, zbog nedostatka osnovnih saznanja o opasnostima izlaganja, tržište Evrope i SAD-a bilo je preplavljeno kozmetičkim proizvodima i lijekovima obogaćenim radioaktivnim česticama. U ovom periodu radioaktivni materijali su se masovno i nesigurno koristili u komercijalne svrhe, jer se radijacija tada nije smatrala štetnom.

“Radium djevojke” (Radium Girls) bile su mlade radnice u SAD-u početkom 20. vijeka koje su bojile bročanike satova i vojnih instrumenata bojom koja je sadržavala radioaktivni radij. Tada se radij smatrao gotovo „čudesnim“ materijalom — koristio se čak u kozmetici i drugim proizvodima jer ljudi nisu razumjeli koliko može biti opasan. Da bi vrh kista bio dovoljno tanak za sitne brojeve na satovima, govorili su im da koriste tehniku „lip, dip, paint” — oblikovale su kist usnama prije bojenja. Time su neprimjetno gutale male količine radija svaki dan. Kasnije su mnoge radnice razvile ozbiljne zdravstvene probleme: propadanje kostiju, oštećenja zuba i vilice, anemiju i različite vrste raka. Nekoliko žena je tužilo kompanije, i njihov slučaj je postao važan za prava radnika i sigurnost na radnom mjestu. Zbog tog slučaja kasnije su uvedeni stroži standardi zaštite zaposlenih. Tek početkom 1940. godine uočeni su jasni i neosporni znaci opasnosti od radijacije, što je označilo početak procesa naučnog ispitivanja i razvoja mjera zaštite. 1945. godina i nuklearne eksplozije u Hirošimi i Nagasakiju predstavljale su tragičnu prekretnicu koja je svijetu demonstrirala stvarnu snagu i razorni biološki efekat zračenja na ljudski organizam. Krajem 20. vijeka razvijeni su sofisticirani načini detekcije i zaštite, ali su veliki incidenti pružili ključne podatke o štetnosti:

- Černobiljska katastrofa (1986): Pokazala je nemoć i konfuziju u saniranju masovne kontaminacije, a posljedice se osjećaju i decenijama kasnije kroz prisustvo izotopa poput cezijuma-137 i stroncijuma-90.
- Incident u Gojaniji (1987): Nesreća u Brazilu sa nepropisno odloženim cezijum hloridom ukazala je na opasnost od kontaminacije izvan nuklearnih postrojenja.
- Fukushima (2011): Ova nesreća je dodatno podstakla optimizaciju medicinskih procedura (poput CT skeniranja) kako bi se osiguralo da su koristi od pregleda veće od rizika koje nosi zračenje.

2) UTICAJ RADIOAKTIVNOSTI NA ŽIVE ORGANIZME I ČOVJEKA

Uticaj radioaktivnosti na žive organizme manifestuje se kroz oštećenje tkiva i organa usljed jonizujućeg zračenja, koje mijenja hemijsku strukturu atoma i molekula unutar ćelija. U nastavku je detaljan pregled tih uticaja:

Mehanizam oštećenja ćelija

- Jonizacija DNK: Najopasniji efekat zračenja je jonizacija molekula DNK, što može uzrokovati mutacije i nekontrolisano dijeljenje ćelija, što u rijetkim slučajevima vodi ka razvoju karcinoma.
- Osjetljivost tkiva: Štetni efekti zavise od toga koliko se ćelije u određenom tkivu brzo razmnožavaju. Organi poput koštane srži i crijeva, gdje je dioba ćelija brza, mnogo su osjetljiviji od mišića ili mozga.
- Djeca i fetusi: Djeca su osjetljivija jer njihove ćelije brže rastu i češće se dijele. Izloženost fetusa dozama većim od 300 mGy može uzrokovati smanjenu inteligenciju i razvojne anomalije.

Akutni radijacijski sindrom (ARS)

Kada je cijelo tijelo izloženo visokim dozama zračenja u kratkom periodu, razvija se ARS koji 3 oblika u zavisnosti od doze zračenja:

- Blaži oblik - Pogađa koštanu srž i slezenu, dovodeći do drastičnog pada broja bijelih krvnih zrnaca i trombocita, što uzrokuje teške infekcije i nekontrolisana krvarenja.
- Teži oblik - Zračenje uništava ćelije koje oblažu probavni trakt (crijeva), što vodi do teške dehidracije i prodora bakterija u krvotok. Smrtnost je veoma visoka.
- Veoma težak oblik - Uzrokuje trenutnu dezorijentaciju, mučninu, konvulzije i komu. Ovaj oblik je uvijek smrtonosan u roku od nekoliko sati do dva dana.

Lokalna oštećenja i kožni sindrom

- Kožne promjene: Lokalno izlaganje uzrokuje opekotine, ljuštenje kože, afte i gubitak dlaka (dlake se često ne regenerišu nakon visokih doza).
- Specifični organi: Zračenje pluća može izazvati upalu (radijacijski pneumonitis) i ožiljkavanje tkiva (fibrozu), dok zračenje glave može dovesti do katarakte ili trajnog oštećenja pljuvačnih žlijezda.

Važno je razlikovati ozračivanje (izlaganje zrakama, nakon čega osoba nije radioaktivna i ne šteti drugima) i kontaminaciju (kada radioaktivna prašina ili tečnost dospiju na kožu ili unutar tijela). Unutrašnja kontaminacija je posebno opasna jer radioaktivni materijal nastavlja da zrači organe iznutra sve dok se ne izluči ili se potpuno raspadne.

3) MISTERIJA RADIOAKTIVNIH DIVLJIH SVINJA

Divlje svinje u Černobilskoj zoni i u nekim djelovima Njemačke decenijama su predstavljale naučnu zagonetku jer je nivo njihove radioaktivnosti ostao konstantno visok, dok su se druge životinje, poput jelena, postepeno „čistile“ od radijacije. U Njemačkoj (Bavarska) je došlo do kontaminacije tla nakon černobilske katastrofe. Čestice iz Černobila su do Njemačke stigle

putem vazdušnih struja koje su nakon eksplozije 1986. godine prenijele radioaktivni materijal širom Evrope, gdje se on istaložio na zemljište u obliku radioaktivnih padavina

Glavni razlozi postojane radioaktivnosti

- Specifična ishrana (Tartufi): Za razliku od drugih životinja, divlje svinje se hrane tartufima – gljivama koje rastu 20 do 40 centimetara ispod zemlje.
- Sporo kretanje cezijuma kroz tlo: Radioaktivni cezijum se veoma sporo spušta kroz slojeve zemljišta. Podzemne gljive tek sada apsorbiraju izotope koji su oslobođeni tokom katastrofe 1986. godine, dok su biljke na površini već odavno čistije.
- Efekat „dvostruke doze“: Naučnici su otkrili da svinje nisu kontaminirane samo nakon nesreće u Černobilu. One u sebi nose i nasljeđe testiranja nuklearnog oružja iz 1960-ih godina (vrijeme Hladnog rata).

Uloga različitih izotopa cezijuma

- Cezijum-137: Ovaj izotop ima vrijeme poluraspada od oko 30 godina. Iako se očekivalo da će se njegov nivo prepoloviti do danas, stalni unos kroz tartufe održava njegovu visoku koncentraciju u mesu svinja.
- Cezijum-135: Preciznim mjerenjima spektrometrijom mase utvrđeno je prisustvo ovog izotopa koji ima mnogo duže vrijeme poluraspada. On se rjeđe raspada i teže ga je otkriti običnim detektorima, ali doprinosi dugotrajnoj kontaminaciji.

Černobilski paradoks

Dok su se druge divlje životinje u zoni uspjele oporaviti, pa čak i brojčano narasti zbog odsustva ljudi, divlje svinje su ostale „pune“ zračenja zbog ovog specifičnog lanca ishrane koji povezuje tlo, gljive i životinju. Ovaj fenomen objašnjava zašto se nivo cezijuma u njihovom mesu nije smanjio decenijama, što ih čini jedinstvenim primjerom dugotrajnog ekološkog uticaja nuklearnih incidenata.

4) GDJE SE SVE RADIOAKTIVNOST SUSREĆE U OKRUŽENJU?

Izvori zračenju dijele se na prirodne i vještačke izvore. Prirodni izvori (okolišno zračenje) su:

- Kosmičko zračenje: Zračenje iz svemira i sa Sunca. Zemljina atmosfera ga većim dijelom blokira, ali je izloženost veća na velikim nadmorskim visinama i u blizini polova.
- Zemljani izvori: Radioaktivni elementi koji se prirodno nalaze u stijenama i mineralima, poput urana. Njihov raspad proizvodi gas radon, koji čini oko dvije trećine ukupne izloženosti ljudi prirodnom zračenju.

- Hrana, voda i materijali: Ovi elementi dospijevaju u namirnice koje konzumiramo, vodu i građevinske materijale.
- Unutrašnji izvori: Radioaktivni izotopi koji se već nalaze unutar ljudskog tijela, kao što je izotop kalijuma.
- Vještački izvori (proizvedeno zračenje):
 - Medicina: Najveći izvor vještačkog zračenja su dijagnostičke procedure poput rentgena, CT skeniranja i nuklearne medicine, kao i terapija zračenjem za rak.
 - Industrija i potrošački proizvodi: Korištenje izvora zračenja u industrijskoj radiografiji, ozračivačima hrane (radi konzerviranja) i određenim širokim proizvodima.
 - Nuklearni incidenti i istorijski faktori: Posljedice havarija u nuklearnim elektranama (npr. Černobilj, Fukushima) ili testiranja nuklearnog oružja iz prošlog vijeka, koji su u prirodi ostavili izotope poput cezijuma-137 i stroncijuma-90.

Koje su mjere zaštite?

Mjere zaštite imaju za cilj da minimiziraju izlaganje zračenju (iradijaciju) i spriječe kontaminaciju:

1. Rastojanje (odstojanje): Doza zračenja koju ljudsko tijelo prima značajno se smanjuje sa povećanjem udaljenosti od izvora.
2. Vrijeme: Neophodno je skratiti vrijeme provedeno u blizini izvora zračenja, jer se sa povećanjem vremena izlaganja povećava i primljena doza.
3. Oklop (zaštitni materijali): Upotreba prepreka koje zaustavljaju zračenje. Na primjer, alfa zračenje zaustavlja list papira, beta zračenje aluminijum, dok se za gama zrake koriste materijali visoke gustine poput olova.
4. Lična zaštitna oprema: Korištenje rukavica, kombinezona i posebnog pribora (poput štikaljki/kliješta) kako bi se izbjegao direktan kontakt sa radioaktivnim predmetima.
5. Zaštita pacijenata: Prilikom medicinskih snimanja, najosjetljiviji dijelovi tijela (štitna žlijezda, očne leće, jajnici, testisi) treba da budu zaštićeni olovnim prekrivačima.
6. Hitne mjere u slučaju kontaminacije:
 - Dekontaminacija: Prva mjera je zamjena odjeće i tuširanje toplom vodom i sapunom kako bi se radioaktivne čestice uklonile sa kože.
 - Kalijum jodid (KI): Tablete koje štite štitnu žlijezdu od apsorpcije radioaktivnog joda, ako se uzmu ubrzo nakon izlaganja.

- Sklanjanje: U slučaju havarije, najbolje je ostati unutar betonske ili metalne konstrukcije, po mogućnosti u podrumu ili sredini zgrade, dalje od prozora.

5) DRNAB: ČUVAR RADIJACIONE SIGURNOSTI U BIH

DRNAB je skraćenica za Regulatornu agenciju za radijacionu i nuklearnu sigurnost Bosne i Hercegovine. To je samostalna državna institucija zadužena za kontrolu svih izvora jonizujućeg zračenja u zemlji.

Pravni okvir i nadležnosti

- Zakon o radijacijskoj i nuklearnoj sigurnosti: Rad Agencije temelji se na državnom zakonu koji definiše mjere zaštite zdravlja ljudi i životne sredine od štetnih efekata zračenja.
- Kontrola izvora zračenja: DRNAB vrši nadzor nad upotrebom nuklearnih materijala i izvora zračenja u različitim oblastima, uključujući medicinu, industriju i nauku.
- Međunarodni standardi: Svi propisi i dozvole koje Agencija izdaje usklađeni su sa strogim međunarodnim standardima bezbjednosti.

Ključni zadaci Agencije

- Bezbjednost u svim fazama: Agencija uređuje mjere sigurnosti za sve tipove izlaganja zračenju – od planiranog (npr. u bolnicama), preko postojećeg, pa do vanrednih situacija.
- Upravljanje radioaktivnim otpadom: Jedna od najvažnijih uloga je donošenje propisa o sigurnom odlaganju i upravljanju radioaktivnim otpadom i iskorištenim izvorima zračenja, kako oni ne bi ugrozili stanovništvo.
- Obaveze pravnih lica: Svaka institucija (npr. bolnica ili fabrika) koja želi da koristi izvore zračenja mora ispuniti stroge uslove koje propisuje DRNAB i redovno podnositi izvještaje o sigurnosti.

Agencija služi kao regulator koji sprečava neovlaštenu ili nesigurnu upotrebu radioaktivnih materijala. Kroz sistem dozvola i inspekcija, oni osiguravaju da pacijenti u bolnicama, radnici u industriji i opšta populacija budu izloženi zračenju samo u granicama koje su bezbjedne za zdravlje. DRNAB predstavlja „policiju za zračenje“ koja spaja zakonske propise sa naučnim saznanjima iz fizike i biologije kako bi se osigurala javna sigurnost