

RADIOAKTIVNOST I RADIOAKTIVNI MATERIJAL

UVOD

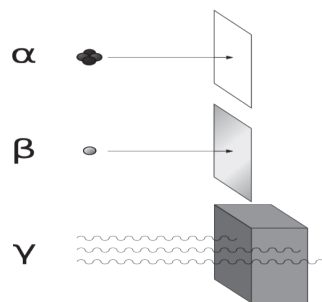
Radioaktivnost je spontano emitiranje alfa-česticâ i beta-česticâ iz tvari, često praćeno i emisijom gama elektromagnetskih valova, pri ćemu kemijski elementi prelaze iz jednih u druge te se oslobađa energija u obliku kinetićke energije emitiranih ćestica ili energije elektromagnetskih valova. Svaka atomska jezgra ima karakteristićno vrijeme poluraspada.

U radioaktivnim procesima, elementarne ćestice ili elektromagnetska zraćenja emitiraju se iz jezgri atoma. Najuobićajeniji oblici zraćenja tradicionalno se nazivaju alfa-ćestice (α), beta-ćestice (β) i gama-zraćenjima (γ).

Alfa-zraćenje sastoji se od teških pozitivno nabijenih ćestica koje emitiraju atomi elemenata poput urana i radija. Može prodrijeti samo u tanki sloj koće, ali oštećuje unutarnja tkiva ako je uneseno u tijelo udisanjem ili hranom ili vodom. Može ga zaustaviti papir.

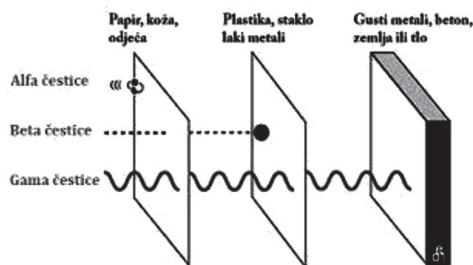
Beta-zraćenje sastoji se od elektrona koje zaustavlja već ploćica aluminija debljine nekoliko milimetara, a škodi koći i oćima.

Beta-zraćenje moće zaustaviti aluminijski lim debeo nekoliko milimetara. *Gama-zraćenje* je oblik elektromagnetskog zraćenja koje moće proći kroz cijelo ljudsko tijelo, ali ga 1 metar betona potpuno apsorbira, odnosno moće ga zaustaviti desetak centimetara debela olovna ploća.



Slika 1. Vrste zraćenja

Intenzitet ionizirajućeg zraćenja moće se smanjiti samo ako je radioaktivni materijal dobro zapakiran u ambalaći odgovarajuće zaštitne moći koja je važna za smanjenje potencijalne opasnosti za zdravlje ljudi.



Slika 2. Prolaz radioaktivnog materijala kroz različite materijale

Izravne posljedice djelovanja ionizirajućeg zraćenja na živi organizam većinom su zakašnjele i teško ih je povezati s uzrokom. Čovjek

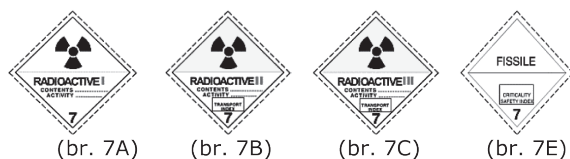
može biti izložen i smrtonosnoj dozi ionizirajućeg zračenja, a da u samom trenutku ozračivanja ništa ne osjeti. Posljedice ozračivanja bez osjetilne veze s uzrokom zapažaju se tek nakon nekog vremena, od nekoliko sati do nekoliko dana ili čak godina, što ovisi o vrsti i svojstvima tog zračenja.

Becquerel (Bq) je mjerna jedinica za radioaktivnost materijala, a označava broj raspada u jednoj sekundi. Energija ionizirajućeg zračenja apsorbirana po kg tkiva, apsorbirana doza, izražava se u Grayima (Gy). Jedan Gy apsorbiranog zračenja neutrona i alfa-čestice uzrokuju veće štete nego isti iznos gama- ili beta-zračenja pa se koristi Sievert (Sv) kao jedinica za ekvivalentnu dozu.

AMBALAŽA

Svrha adekvatne ambalaže je zaštititi ljude, sudionike prijevoza i okoliš od izravnih i neizravnih učinaka zračenja tijekom prijevoza radioaktivnog materijala.

Ambalaža se može sastojati od jedne ili više posuda, upijajućeg materijala, pregrada, zaštite od radijacije i servisne opreme za punjenje, pražnjenje, ventiliranje i smanjivanje tlaka. Nadalje, može imati naprave za hlađenje, upijanje mehaničkih šokova, rukovanje, vezanje i termičku izolaciju te servisne uređaje bitne za pakiranje.



Moguće listice opasnosti



Slika 3. Listice za označavanje opasnih tvari klase 7 i moguće listice opasnosti

Radioaktivni materijal može se pakirati u kutijama, bačvama ili sličnim posudama, kon-

tejnerima, spremnicima ili intermedijarnim kontejnerima za rastresiti teret (intermediary bulk container – IBC). Ambalaža mora biti čitljivo i trajno označena na vanjskoj stranici ambalaže oznakom pošiljatelja ili primatelja ili s obje oznake, a na njezinoj vanjskoj strani mora biti identifikacijska oznaka mjerodavnog tijela. Za radioaktivni materijal to tijelo je Državni zavod za zaštitu od zračenja, a za nuklearni materijal Državni zavod za nuklearnu sigurnost.

Najčešće se upotrebljavaju četiri vrste ambalaže radioaktivnih materijala:

- *Pakiranja za koja postoje izuzeća* upotrebljavaju se za vrlo male količine radioaktivnog materijala i ne zahtijeva se njezino označivanje s vanjske strane. Radioaktivni materijal u ambalaži mora biti označen tako da oznaka bude vidljiva nakon otvaranja paketa. Rukovanje neotvorenom ambalažom nije opasno.
- *Industrijski paketi* upotrebljavaju se za prijevoz materijala niske specifične aktivnosti (LSA) ili površinski kontaminiranih predmeta (SCO), primjerice prirodno radioaktivnih rudača niske aktivnosti. Navedeni materijali imaju vrlo nisku aktivnost po jedinici mase ili je materijal u obliku koji se ne može lako raspršiti. Pod određenim uvjetima neki materijali LSA-I i SCO-I mogu se prevoziti nezapakirani. U ostalim slučajevima oblik ambalaže mora odgovarati zahtjevima i biti označen kako je opisano u nastavku.
- *Paketi tipa A* namijenjeni su za siguran prijevoz razmjerno malih količina radioaktivnih materijala. Moraju izdržati uobičajeno grubo rukovanje koje je moguće u međunarodnom prometu, kao što je pad s vozila ili ispuštanje, probijanje ostrim predmetom, izloženost kiši ili slaganje drugog tereta na vrh paketa. Paketi tipa A moraju nositi oznaku „tip A”.
- *Paketi tipa B* namijenjeni su za prijevoz većih količina radioaktivnih materijala i dizajnirani su tako da mogu izdržati posljedice ozbiljnih nesreća. Navedeni

paketi upotrebljavaju se za prijevoz nuklearnog goriva, nuklearnog otpada, radioizotopa za industrijsku radiografiju i ostalih materijala visoke aktivnosti. Paketi tipa B moraju nositi oznaku „tip B“.

Upakirani radioaktivni materijal koji ima dodatna opasna svojstva treba dodatno i propisno klasificirati te označiti prema najvećem radioaktivnom riziku. Mora biti propisno utovaren i označen odgovarajućim nazivom i UN brojem prikladnim za tu vrstu ambalaže s izjavom «Radioactive material, excepted packages-instruments and articles» u deklaraciji.

Naljepnice za označavanje obvezno moraju sadržavati:

- ime radionuklida
- aktivnost u Bq
- ukupnu aktivnost
- transportni indeks.



Slika 4. Ambalaža radioaktivnih materijala



Slika 5. Saniranje radioaktivnog materijala

OZNAČAVANJE RADIOAKTIVNOG MATERIJALA

Ambalaže tipa A i B svrstavaju se u tri kategorije te se tako i označavaju. Otpremni dokumenti moraju sadržavati sljedeće informacije:

- otpremni naziv, kojim se uopćeno opisuje materijal
- oznaku razreda opasnosti 7, broj koji UN dodjeljuje radioaktivnom materijalu
- naziv razreda opasnosti, odnosno „radioaktivni materijal“
- identifikacijski broj, slova UN na početku i četveroznamenkasti broj kojim se između ostalog opisuje: ukupna aktivnost radioaktivnog materijala, fizički i kemijski oblik radioaktivnog materijala kao i kategorija oznake na ambalaži tipa A ili tipa B.

Većina radioaktivnih paketa ima ispravne oznake i dokumentaciju. Međutim, na nekima oznaka može biti neispravna ili može sasvim nedostajati. Zbog toga je potrebno postupiti na sljedeći način:

- ne otvarati paket ili nastaviti s pregledom
- jasno označiti paket „Opasno – Moguća radioaktivnost“
- pohraniti paket u odobreno, označeno i tome namijenjeno područje (ili, ako to nije moguće, osigurajte spremnik ili vozilo i udaljite sve osobe iz neposredne bližine područja)
- pokušati od pošiljatelja/primatelja dobiti dodatne pojedinosti o pošiljci, kao što paket sadrži, kakva mu je aktivnost, kakve je vrste i razreda i sl.

Zbog navedenog, zaposlenici koji prevoze radioaktivne tvari moraju biti odgovarajuće osposobljeni glede primjene mjera zaštite od zračenja i opreza koje se moraju poduzeti da se ozračenje izloženih djelatnika i drugih osoba uskladi sa zakonskim ograničenjem.

Svaki radioaktivni materijal pod nadzorom mora biti pohranjen u području namijenjenom za skladištenje radioaktivnih materijala. To područje mora biti zaključano i označeno odgovarajućim obavijestima.

U brojnim slučajevima za skladištenje radioaktivnih materijala prikladno je i koristiti se dijelom otpremnikova područja. U tom slučaju potrebno je osigurati zasebno sigurno područje unutar skladišta zbog zaštite dokaza.

Ako sumnjamo da je paket s radioaktivnim materijalom tako oštećen da bi radioaktivni sadržaj mogao izaći, potrebno je postupiti na sljedeći način:

- ne dirati paket
- obilježiti vrpcom područje oko paketa i udaljiti sve osobe iz tog područja
- obavijestiti odgovornu osobu u skladu s nacionalnim propisima.

ODOBRENJE ZA PRIJEVOZ RADIOAKTIVNIH MATERIJALA I OZNAČAVANJE VOZILA

Za prijevoz, provoz i uvoz radioaktivnih i nuklearnog materijala potrebno je odobrenje. Odobrenje za prijevoz radioaktivnih materijala izdaje Državni zavod za zaštitu od zračenja, a za prijevoz nuklearnih materijala Državni zavod za nuklearnu sigurnost.

Zahtjevu je potrebno priložiti i popis osoba koje će prevoziti radioaktivne materijale s preslikom potvrde o stručnoj osposobljenosti za prijevoz. Potvrdu o stručnoj osposobljenosti za prijevoz radioaktivnih materijala budući izloženi radnici dobivaju po završenom programu stručne osposobljenosti od ustanove koju je za to ovlastilo ministarstvo nadležno za obrazovanje prema Zakonu o prijevozu opasnih tvari.

Svrha osposobljavanja je zaštititi osobe, imovinu i okoliš od utjecaja zračenja pri prijevozu radioaktivnih tvari. Zaštita se postiže najprije primjenom postupnog pristupa ograničenjima sadržaja pakiranja i vozila te normama koje se primjenjuju na izradu ambalaže i njihovo održavanje, ovisno o opasnosti od radioaktivnoga sadržaja.

Odobrenje nije potrebno za unutarnji prijevoz onih radioaktivnih i nuklearnih materijala za koje to ne predviđaju odredbe ADR-a.

Pravnoj ili fizičkoj osobi čija je djelatnost povezana s uporabom radioaktivnih materijala može se izdati i dobrenje za višekratni prijevoz tih tvari s rokom valjanosti do šest mjeseci, u slučajevima kada se prijevoz istovjetnih količina obavlja uvijek u iste dane u tjednu, iste sate i na istom putu (itineraru) od polazišta do odredišta istim prijevoznim sredstvom.

Podnositelj zahtjeva za odobrenje dužan je o točnom vremenu početka i predviđenom vremenu završetka prijevoza najmanje 24 sata prije početka prijevoza obavijestiti zavod koji je izdao odobrenje za područje s kojeg prijevoz tvari počinje, a u slučaju prijevoza radioaktivnih i nuklearnog materijala preko granice treba navesti zavod koji je izdao odobrenje.

Radioaktivni materijali smiju se prevoziti samo u ambalaži posebice namijenjenoj za njihov prijevoz u skladu s međunarodnim propisima i normama.

Prazna ambalaža koja je sadržavala radioaktivni materijal i predstavlja rizik prevelike doze kontaminacije može se, također, prevoziti kao i prethodna pakovina, odnosno u posebnim paketima. Radioaktivni materijal koji u slučaju nesreće mogu prouzročiti kontaminaciju ili zračenjem ugroziti okoliš prevoze se uz pratnju osobe osposobljene za rukovanje takvim tvarima.

Ne smiju se prevoziti u istom prostoru s hranom i lijekovima te predmetima opće uporabe koji podliježu zdravstvenom nadzoru. Osim radioaktivnih i fizijskih svojstava, svaki dopunski rizik sadržaja pakiranja, kao što je eksplozivnost, zapaljivost, samozapaljivost, kemijska otrovnost i korozivnost, također treba uzeti u obzir u dokumentaciji, pakiranju, označavanju, obilježavanju, označavanju listicama opasnosti, slaganju, izdvajanju i prijevozu kako bi bili u skladu s vrijedećim odredbama za opasne tvari u ADR-u.

Izloženi radnik koji prevozi radioaktivni materijal mora imati osobni dozimetar koji se izmjenjuje na mjesečnoj osnovi. Prijave i odjave provode se putem centralne baze podataka koju vodi DZRNS. Izloženi radnik obvezan je koristiti se osobnim dozimetrom tijekom obavljanja dje-

latnosti. Osoba koja zadužuje dozimetar materijalno i pravno je odgovorna za gubitak ili zlouporabu dozimetra.



Slika 6. Dozimetar



Slika 7. Oznake koje se nalaze na vozilu

U donjem polju ploče su četiri broja (UN-broj) koji označavaju vrstu opasne tvari prema popisu Ujedinjenih naroda. Tablica može biti sastavljena samo i iz jednog dijela, pa predstavlja tablicu upozorenja.

Vozila koja prevoze zapakirani ili u IBC-ima radioaktivni materijal klase 7 moraju biti obilježena listicama s obje bočne strane kao i sa stražnje strane transportne jedinice.



Slika 8. Obilježeno vozilo za prijevoz radioaktivnog materijala



Slika 9. Nesreća s vozilom koje prevozi radioaktivni materijal

Osim radioaktivnih i fizijskih svojstava, svaki dopunski rizik sadržaja pakiranja, kao što je eksplozivnost, zapaljivost, samozapaljivost, kemijska otrovnost i korozivnost, također treba uzeti u obzir u dokumentaciji, pakiranju, označavanju, obilježavanju, označavanju listicama opasnosti, slaganju, izdvajanju i prijevozu kako bi bili u skladu s vrijedećim odredbama za opasne tvari u ADR-u.

Đurđica Pavelić, dipl. ing. kem. tehn., Zagreb