

NUKLEARNE ELEKTRANE I MLJEKARSKA INDUSTRIJA

Darko ŠKRINJAR, dipl. inž., RO »Dukat« OOUR »Mljekara Zagreb« Zagreb

Sažetak

Suvremeni svijet traži osiguranje energijom iz novih izvora — jedan od tih su nuklearne elektrane (NE).

Puštanje u pogon, korištenje NE donosi sa sobom i opasnosti kontaminacije radioaktivnim tvarima uslijed kvarova kod nekoliko NE u radu u svijetu. Iznosi mjere koje treba poduzeti da se kontrolira i sprečava radioaktivna kontaminacija prehrambenog lanca: zemljište — flora — mlijeko, a u cilju očuvanja zdravlja i života stanovništva. Taj problem postaje aktuelan puštanjem u pogon NE Krško, te je potrebno na vrijeme opremiti kontrolne laboratorije i osposobiti dovoljan broj stručnjaka za laboratorijsku i nadzornu službu.

Uvod

Energetska kriza, kao i stalno poskupljenje nafte i nesigurnost nabavke u svijetu, ponukalo je mnoge zemlje da se osiguraju energijom iz drugih izvora. Jedan od tih je nuklearna energija za pogon elektrana.

U SFRJ treba do kraja ovog stoljeća biti izgrađeno još desetak nuklearnih elektrana (NE), za koje je potrebno naći i odgovarajuće lokacije. U SR Hrvatskoj ispituje se dvadesetak makrolokacija gdje bi se eventualno mogle graditi NE.

SR Hrvatska i SR Slovenija zajedno izgradile su prvu NE u SFRJ u Krškom, koja je 18. travnja 1980. godine opskrbljena nuklearnim gorivom, a tokom 1981. godine mora otpočeti s proizvodnjom.

Opasni oblik nuklearne energije — atomska bomba — toliko je zaplašio svijet, da se sada sa velikom pažnjom i oprežnošću prilazi njenoj primjeni, odnosno korištenju u miroljubive svrhe. To protiviljenje nuklearnoj energiji najočitije je pri izboru lokacije za gradnju, a isto tako izboru lokacije za usklađivanje radioaktivnih otpadaka.

Mljekarska privreda u svijetu pa tako i u nas suočena je s atomskim eksplozijama i radom atomskih NE, te treba znati što joj je činiti danas i u buduće.

Izvori ionizirajućih zračenja i mjere zaštite

Pod izvorima ionizirajućih zračenja podrazumijevaju se:

1. radioaktivne tvari koje dospijevaju u čovjekovu okolinu zbog nuklearnih eksplozija ili iz drugih izvora stranog porijekla,
2. nuklearne elektrane i druga nuklearna postrojenja i uređaji,
3. radioaktivne tvari i uređaji s radioaktivnim tvarima,
4. rude iz kojih se dobivaju radioaktivne tvari,
5. radioaktivne otpadne tvari,

6. rentgenski aparati, akceleratori te drugi uređaji i strojevi koji mogu proizvoditi ionizirajuća zračenja.

U koliko dođe do stanja u čovjekovoj okolini koja mogu prouzrokovati ozračenje, odnosno radioaktivnu kontaminaciju stanovništva ili dijelova stanovništva iznad određenih dozvoljenih granica, dolazi do **IZVANREDNIH PRILIKA**.

Radi zaštite života i zdravlja čovjeka, te zaštite čovjekove okoline od štetnog djelovanja ionizirajućih zračenja, koja je od interesa za cijelu našu zemlju kao i međunarodnu zajednicu, poduzimaju se mjere za zaštitu na osnovu zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja.

Mjere za zaštitu od ionizirajućih zračenja jesu:

1. otkrivanje prisutnosti, vrste i jačine ionizirajućih zračenja i stupnja kontaminacije u čovjekovoj okolini,
2. određivanje uvjeta za lokaciju, izgradnju i upotrebu objekata i uređaja u kojima se proizvode ionizirajuća zračenja, odnosno u kojima se radi s izvorima ionizirajućih zračenja,
3. izgradnja objekata i uređaja i osiguranje opreme za zaštitu od ionizirajućih zračenja,
4. određivanje uvjeta za promet i korištenje izvora ionizirajućih zračenja,
5. ograničenje proizvodnje, prometa, odnosno korištenja proizvoda kontaminiranih radioaktivnim tvarima,
6. vođenje evidencije o izvorima ionizirajućih zračenja i o izloženosti stanovništva tim zračenjima,
7. dekontaminacija ljudi i domaćih životinja, zemljišta, vode, ljudske i stočne hrane te drugih predmeta i proizvoda kontaminiranih radioaktivnim tvarima,
8. evakuiranje stanovništva i dobara iz ugroženih područja,
9. čuvanje, obrađivanje i konačan smještaj radioaktivnih otpadnih tvari,
10. druge mjere za zaštitu predviđene saveznim i republičkim propisima i zakonima, kao i ratificiranim međunarodnim ugovorima.

Radi pravodobnog spriječavanja opasnosti od ionizirajućih zračenja sistematski se ispituje kontaminacija zraka, zemljišta, rijeka, jezera i mora, čvrstih i tekućih oborina, vode za piće te ljudske i stočne hrane radioaktivnim tvarima. Ispitivanja se trebaju provoditi na mjestima, prema metodama i rokovima određenim propisom nadležnog saveznog organa.

Nuklearne elektrane mogu i smiju biti izgrađene s a m o na takvim mjestima i prema takvim tehničko-tehnološkim normativima i uvjetima koji osiguravaju zaštitu čovjekove okoline od ionizirajućih zračenja.

Nadzor nad provođenjem mjera za zaštitu od izvora ionizirajućih zračenja trebaju obavljati nadležni organi i inspeksijske službe u SR Hrvatskoj.

Atomsko doba započelo je prvom pokusnom eksplozijom atomske bombe na svijetu 1944. godine, proizvedene od strane nacionalsocijalističke Njemačke.

Od tada veliki broj kancerogenih čimilaca ulazi u ljudsku okolinu, te se svakodnevno povećava broj i uzroci malignih tumora svih oblika i vrsta.

Nobelovu nagradu na polju nuklearne energije primili su: Otto Hahn (1944. godine), Walter Bothe (1954.), Rudolf Mössbauer (1961.), Hans Jensen (1963.).

Svijet Nobelovom nagradom nagrađuje znanstvenike i izumitelje, čiji bi se radovi mogli zloupotrijebiti i za uništavanje u velikim razmjerima.

Uvjeti za izgradnju nuklearnih elektrana

Za gradnju NE potrebne su vrlo opsežne pripreme kao i strogo pridržavanje postojećih zakona, propisa i odredaba, koji su donošeni na osnovu internacionalnih znanstvenih dostignuća, a u cilju zaštite života i zdravlja čovjeka, kao i zaštite čovjekove okoline od štetnog djelovanja ionizirajućih zračenja.

NE i postrojenja mogu se izgraditi na lokaciji koja zadovoljava niz zahtjeva i propisa među koje spadaju: 1. zaštita čovjekove okoline od kontaminacije radioaktivnim tvarima i spriječavanju ozračenja iznad dozvoljenih granica stanovništva i osoba koji rade u objektu, 2. projektna rješenja za sprečavanje havarija i drugih neočekivanih događaja, te rješenja za ublažavanje štetnih posljedica koje bi mogle izazvati havarije odnosno drugi neočekivani događaji. Osigurati projektom, kapacitetima i tehnologijom odgovarajuće procesne sigurnosne i zaštitne mjere i sisteme, koji automatski zaustavljaju proces rada i automatski stavljaju u rad druge sisteme značajne za sigurnost. 3. izbor lokacije obzirom na meteorološko-demografske prilike. Tako kriteriji određuju da 700 metara od NE ne smije biti naselja, a na udaljenosti od 3 — 5 km može postojati samo nisko naseljena zona. Gradovi sa više od 20.000 stanovnika moraju biti udaljeni 7 — 20 km, ovisno od veličine grada. 4. smjer vjetra također može eliminirati neku lokaciju ako se ona nalazi npr. u kotlini, a vjetar u pravilu puše prema naseljenom području. 5. voda, koja ima vrlo značajnu ulogu, jer služi za protočno hlađenje nuklearnog reaktora. Za hlađenje NE od 1000 MWe potrebno je 40 m³ vode u sekundi, što kod nas mogu zadovoljiti samo veće rijeke i more. 6. hidrološki status — podzemne vode. 7. seizmološke i geomehaničke karakteristike. 8. ekološki kriteriji koji ne dozvoljavaju gradnju tamo gdje bi moglo doći do bitnih i negativnih ekoloških poremećaja za okolinu. 9. intenzitet mogućeg maksimalnog regionalnog potresa na području NE, koji ne smije biti veći od 9^o Merkalijeve ljestvice.

Prema američkoj praksi i normativima teško je u nas naći teren i područje koje udovoljava svim odredbama i zahtjevima.

Rad NE nije nipošto bezazlen. Kao i kod svake druge proizvodnje i tehnologije, tako je i ovdje nazočan izvjestan postotak rizika zastoja, havarija i nesreća. Zbog toga se u nuklearnoj tehnici i tehnologiji primjenjuju najstrože mjere kontrole i zaštite, koje su regulirane zakonima i propisima internacionalnog i saveznog značaja, a što u ostalim industrijama nije slučaj.

Pod sigurnošću nuklearnog objekta i postrojenja, podrazumijevaju se sve tehničke i organizacijske mjere predviđene projektom koje se provode tijekom izgradnje, provjerene pri pokusnom radu NE, i primjenjuju se tijekom upotrebe te nakon prestanka rada, a koje u svim uvjetima osiguravaju zaštitu čovjekove okoline od kontaminacije radio-aktivnim tvarima i koje sprečavaju ozračenje iznad propisanih granica stanovništva i osoba koji rade u tim objektima.

Pod propisanim granicama ozračenja stanovništva podrazumijeva se udio ozračenja koje daje nuklearni objekt ili postrojenje, zajedno s ozračenjem koje potječe od drugih izvora ionizirajućih zračenja, kojima je izloženo stanovništvo na istom području, a koji ne premašuje granice određene posebnim propisima. Posebnim propisima utvrđuju se najveće dopuštene granice radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućih zračenja ne smiju biti izloženi ozračenju.

Istraživanja na području lokacije nuklearnih objekata odnosno postrojenja obuhvaćaju i prikladnost s gledišta općenarodne obrane te procjene opasnosti od ionizirajućih zračenja zbog tehničko-tehnoloških havarija i drugih neočekivanih događaja.

Ispitivanje kontaminacije radioaktivnim tvarima

Nadležne organizacije udruženog rada kao i stručne inspekcijske službe obavljaju sistematska ispitivanja kontaminacije radioaktivnim tvarima zraka, zemljišta, rijeka, jezera i mora, čvrstih i tekućih oborina, vode za piće, ljudske i stočne hrane na mjestima, po metodama i u rokovima koji su određeni Pravilnikom o ispitivanju kontaminacije (Sl. list SFRJ br. 27 od 27. svibnja 1977.).

Sakupljanje uzoraka zraka, zemljišta, vode itd. radi mjerenja ukupne beta (β) aktivnosti radioaktivnih tvari prisutnih u zraku, potrebno je obavljati u neposrednoj blizini mjesta na kojima se grade ili se nalaze u pogonu nuklearna postrojenja, kao i na mjestima određenim pravilnikom.

Kontaminacija ljudske hrane radioaktivnim tvarima ispituje se osobito u ovin živežnim namirnicama: mlijeko, meso, pšenica, kukuruz, kruh, riža, grah, kupus, paprika, rajčica, jabuke, šljive, kruške i grožđe. Određuje se koncentracija Sr 90, i Cs 137 a prema potrebi i koncentracija drugih radionuklida.

Član 23. Pravilnika o ispitivanju kontaminacije radioaktivnim tvarima određuje da se kontaminacija mlijeka ispituje u prosječnim mjesečnim uzorcima mlijeka.

Ako ukupna beta aktivnost radioaktivnih tvari u zraku prelazi granicu od 5 pCi/m³ tijekom sedam dana u uzorcima mlijeka, identificiraju se radionuklidi koji su uzrokovali takvo povećanje.

Ispitivanje kontaminacije radioaktivnim tvarima stočne hrane obuhvaća hranu (silaza, koncentrat, sijeno, slama trava i sl.) koja služi za prehranu krava, junadi, teladi, svinja, ovaca i peradi.

Ispitivanje stočne hrane vrši se najmanje jedanput u tri mjeseca. Određuje se koncentracija Sr 90 i Cs 137. Ako ukupna beta aktivnost radioaktivnih tvari u zraku prelazi granicu od 1 pCi/m³ prosječno tijekom sedam dana u uzorcima trave indentificiraju se radionuklidi koji su uzrokovali takvo povećanje.

Stanovništvo ne smije biti izloženo ozračenju, vanjskom i unutrašnjem iznad 0,17 rema godišnje (genetski značajna doza).

Pojedinci, u sredini u kojoj žive, ne smiju biti izloženi ozračenju cijelog tijela iznad 0,5 rema godišnje.

Stupanj ozračenja stanovništva i pojedinaca ocjenjuje se mjerenjem kontaminacije radioaktivnim tvarima čovjekove sredine, mjerenjem stupnja ozračenja od pojedinih izvora zračenja, mjerenjem ukupne gama aktivnosti čovjekovog tijela i utvrđivanjem radionuklida u organima i ekskretima čovjeka

Zračenje u okolini NE a time i emisija radionuklida u zraku i vodi moraju se držati što je moguće niže. Zakonom određene i dozvoljene doze NI U KOM SLUČAJU NE SMIJU SE PREKORAČITI.

Nadzor radioaktivne kontaminacije prehrambenog lanca obuhvaća: zemljište — floru — mlijeko u okolini NE.

U izlaznom zraku i izlaznoj otpadnoj vodi NE kod normalnog pogona dokazani su niže navedeni radionuklidi, koji teoretski mogu dovesti do kontaminacije prehrambenog lanca zemljište — flora — mlijeko (tablica 1 i 2).

Tablica 1.

Kontaminacija u izlaznom zraku i izlaznoj otpadnoj vodi NE (γ zračenje)

Cr 51	Ru 106
Mn 54	Ag 110 m
Fe 59	Sb 124
Co 57	Sb 125
Co 58	J 131
Co 60	Cs 134
Zn 65	Cs 137
Zr 95	Ba 140
Nb 95	La 140
Ru 103	Ce 141

Ce 144 (prema Wiechenu, 1977)

Tablica 2.

Kontaminacija u izlaznom zraku i izlaznoj otpadnoj vodi NE (β zračenje)

H 3
Sr 89
Sr 90

(prema Wiechenu, 1977)

Najčešće u izlaznom zraku i vodi iz NE dolaze radionuklidi γ zračenja: Mn 54, Co 58, Co 60, J 131, Cs 134 i Cs 137 i beta zračenja: H 3, Sr 89 i Sr 90.

Istodobno nađu se između najčešćih radionuklida neki koji imaju veliki transfer koeficijent za prijelaz u mlijeko (H 3, J 131, Cs 134, Cs 137, Co 58, Co 60, Sr 89, Sr 90).

Kako je za rutinsku kontrolu teško određivanje svih u tablici 1 i 2 naznačenih radionuklida i određivanje granice dokazivanja od $\leq 5\text{pCi/kg}$ svježe supstance, ograničava se analiza samo na najčešće radionuklide: Mn 54, Co 58, Co 60, J 131, Cs 134, Cs 137, Sr 89 i Sr 90, što predstavlja dovoljnu sigurnost, a može se rutinski provoditi.

Ne to ne smije značiti, da se nadzor i kontrola moraju ograničiti samo na navedene radionuklide. U slučaju povišenog oslobađanja radionuklida, nastanka kvarova, havarija, nesreća i sl. na NE, mora svaki nadzorni laboratorij biti u stanju odrediti sve radionuklide. U tim slučajevima dokazivanja samo određenih radionuklida postaje bespredmetno.

Godine 1974. izrađena je metoda za određivanje J 131 u mlijeku, za rutinsku kontrolu i dokazivanje granične vrijednosti, koja predstavlja jednu od osnovnih i sigurnih kontrola.

Prema WIECHEN-u (1977.) u cilju nadzora prehrambenog lanca zemljište — flora — mlijeko potrebno je uzimanje uzoraka vršiti u neposrednoj okolini NE kod svakog proizvođača sirovog mlijeka. Analizom reprezentativnog uzorka kod seljaka dobivaju se točni rezultati. Na prijemnom peronu mljekara uzima se uzorak sirovog mlijeka po relacijama i sabiralištima koje se nalaze u po-

dručju ili okolini NE, iz kamiona, cisterni ili kanti, neposredno prije nego se sirovo mlijeko preuzme ili pomiješa u prijemnoj cisterni za čuvanje s ostalim količinama mlijeka. Uzimanje skupnog uzorka mlijeka u mljekari ne može služiti kao reprezentativni uzorak u odnosu na okolicu NE. I u slučaju povišenog oslobađanja radionuklida dati će takav uzorak mlijeka radi razrijeđenja krivi podatak, jer se neće moći dokazati radioaktivnost.

Kontaminacija se mjeri gama spektrometrijom i ukupnim i rest beta aktivitetom u mlijeku. Nadzor i analize mlijeka na taj način podliježu kritičkim raspravama, te J 131 ima apsolutni prioritet, jer je put: ispaša — (ishrana krava) — krava — mlijeko — čovjek potencijalno i glavno opterećenje za taj radionuklid.

Rutinske kontrole služe otkrivanju ranog i povišenog zračenja u okolini NE, kako bi se na vrijeme i bez nepoželjnih posljedica mogle poduzeti odgovarajuće protumjere obrane i zaštite stanovništva.

Dekontaminacija

Posebnim pravilnikom regulirani su uvjeti i način ispuštanja, čuvanja, obrađivanja i konačnog smještaja radioaktivnih otpadnih tvari (Sl. list SFRJ broj 27 od 27. svibnja 1977.).

»Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije« objavljen je u Službenom listu SFRJ broj 32 od 13. srpnja 1979. godine.

Pod kontaminiranom čovjekovom okolinom podrazumijeva se prisutnost radioaktivnih tvari u radnoj ili životnoj sredini — okolini, iznad maksimalno dopuštenih granica.

Dekontaminiranom čovjekovom okolinom smatra se okolina u kojoj je odgovarajućim postupcima kontaminacija smanjena ispod maksimalno dopuštenih granica propisanih ovim Pravilnikom.

Maksimalno dopuštene granice radioaktivne kontaminacije zraka, vode za piće i ljudske hrane određene su maksimalno dopuštenim godišnjim unosom radionuklida u ljudski organizam i srednjim godišnjim dopuštenim koncentracijama, a koje su navedene i određene u »Pravilniku o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije« (Sl. list SFRJ br. 32).

Rezultat dekontaminacije izražava se kao kvocijent početne aktivnosti i aktivnosti nakon dekontaminacije.

Način dekontaminacije vode, ljudske hrane i stočne hrane određuje se na osnovu ovih kriterija:

1. količine kontaminirane vode, ljudske i stočne hrane i njihove namjene,
2. vrste, svojstva i koncentracije kontaminanata,
3. fizikalnih, kemijskih i drugih osobina vode i hrane.

Metode dekontaminacije mlijeka

Ako se u hrani utvrde kontaminanti s kraćim vremenom poluraspada, hrana se ostavlja da odstoji ili se prerađuje u prehrambene proizvode koji se mogu lako i na dulje vrijeme uskladištiti, da bi se procesom prirodnog radioaktivnog raspada uklonila kontaminacija.

Dekontaminacija pakovanih prehrambenih proizvoda počinje čišćenjem ambalaže, i to pranjem tekućom vodom uz upotrebu otopine deterdženata.

Po KNOOPU i BUCHHEIMU (1966.) razlikujemo slijedeće metode dekontaminacije mlijeka:

1. upotreba sintetskog ionskog izmjenjivača — Harzen:
 - a) »BATCH« postupak,
 - b) »FIXED BED« postupak,
 - c) »HIGGINS« postupak
2. upotreba mineralnih ionskih izmjenjivača i kemijski tretiranog i obrađenog koštanog pepela,
3. upotreba trikalcijum fosfata,
4. dekontaminacija pomoću elektrodialize po metodi tvrtke IONICS, Inc. Cambridge, Mass, SAD,
5. ostale različite mogućnosti dekontaminacije (još su u fazi laboratorijskih ispitivanja),
6. dekontaminacija prirodnim radioaktivnim raspadom.

Ispitivanja i radovi na razvijanju, poboljšanju i povećanju ekonomičnosti, kao i tehnologije metoda dekontaminacije mlijeka se nastavljaju.

Kapaciteti postrojenja za dekontaminaciju mlijeka su različiti, a kreću se od 400 — 40.000 lit./sat.

Sastav mlijeka neznatno se mijenja u zanemarjućim vrijednostima, a zadržavaju se organoleptička svojstva. MURTHY i suradnici istraživali su organoleptička svojstva dekontaminiranog mlijeka na dosta osoba, koje su ustanovile da mlijeko ima ista organoleptička svojstva kao normalno mlijeko koje nije bilo kontaminirano.

Dosadašnja iskustva

A. NUKLEARNE EKSPLOZIJE

Pod nuklearnim eksplozijama podrazumijevamo trenutno oslobađanje ogromne količine nuklearne energije izazvane fisijom ili fuzijom atomskih jezgara nuklearnog eksploziva u nuklearnom oružju. Ovisno o sredini i cilju koji se eksplozijom želi ostvariti nuklearne eksplozije dijele se na: zračne, površinske (nadvodne), podzemne (podvodne) i svemirske.

Za razliku od klasične, nuklearna eksplozija ubija i poslije nekoliko tjedana, pa i mjeseci, od trenutka kada se dogodila. Svoju moć nuklearna eksplozija ispoljava u vidu toplotnog, udarnog i radioaktivnog djelovanja. Ovome moramo dodati još i psihološko djelovanje.

Izvor toplotnog zračenja je usijana vatrena lopta s temperaturom od preko milijun stupnjeva celzija. U zraku oko središta eksplozije, javlja se velika razlika u tlakovima što omogućuje da se usijane pare i plinovi velikom brzinom i na sve strane podjednako šire. Sabijene zračne mase kreću se nadzvučnom brzinom i pri tom formiraju tzv. udarni val, te povratni val. Jačina udarnog vala ovisi o vrsti i jačini nuklearne eksplozije. Kod pedzemnih nuklearnih eksplozija udarni val manifestira se u vidu jakih potresa.

Iskustvo iz Hirošime i Nagasakija, japanskih gradova na koje su Amerikanci bacili atomske bombe u cilju prisiljavanja Japana na kapitulaciju,

govori da je najveći broj žrtava izazvao upravo — udarni val — izravno ili rušenjem zgrada i objekata. Najbolja zaštita od udarnog vala je pravodobno sklanjanje ljudi u čvrste i sigurne podzemne objekte — skloništa. Radioaktivno djelovanje svojstveno je samo nuklearnom oružju i ispoljava se kako u trenutku eksplozije tako i poslije eksplozije. Ovo djelovanje može se podijeliti na početno (zračenje) djelovanje i naknadno djelovanje.

Početno zračenje, u stvari čine alfa, beta i gama zrake, kao i neutroni koji se emitiraju iz vatrene lopte i radioaktivnog oblaka. Zbog male prodorne moći alfa zrake zanemarujemo, dok beta zrake mogu biti opasne, posebno ako dospiju u organizam čovjeka i životinja. Najveću opasnost predstavljaju gama zrake i neutroni, jer imaju veliku prodornu moć i izazivaju tzv. radiacione bolesti raznih stupnjeva.

Kakve će posljedice ozračeni čovjek pretrpjeti ovisi o količini zračenja, koja se određeno vrijeme »upila« u tijelo. To je u stvari, DOZA ZRAČENJA. Do sada se mjerila rentgenima. Po novom međunarodnom sistemu mjera, nova jedinica apsorbirane doze zračenja naziva se gray (Gy).

Doza zračenja od 50 graya (Gy) ne izaziva bitne promjene na organizmu, dok ozračenje preko 450 graya u 50% slučajeva izaziva smrt. Doza od preko 750 graya izaziva sigurnu smrt svih ozračenih. Prilikom površinskih eksplozija iz radioaktivnog oblaka poslije izvjesnog vremena u pravcu puhanja vjetra, na zemljištu u vidu eclipse dolazi do taloženja podignutog materijala i prašine poznate kao RADIOAKTIVNE PDAVINE. Istaložene padavine na zemljištu stvaraju tzv. ZONE RADIOLOŠKE KONTAMINACIJE. Radioaktivne padavine mogu biti vrlo štetne, posebno ako se talože na kožu i odjeću čovjeka, kao i kad se unose u organizam putem hrane.

Iskustva iz dosadašnjih nuklearnih eksplozija, naročito prilikom prve upotrebe i primjene nuklearnog oružja u ratne svrhe u Japanu pokazuje, da je najviše ljudi poginulo od udarnog djelovanja (u ruševinama) i dobivanja opekotina.

Od tada pa sve do danas nuklearne velesile SAD i SSSR kao i mnoge druge zemlje (Kina, Francuska, Indija itd.) vrše veliki broj nuklearnih pokusa i eksperimenata, koji se izvode na kopnu i pod zemljom, na moru i ispod mora, u zraku i svemiru. Svemirske nuklearne eksplozije namijenjene su za uništavanje svemirskih letilica i satelita protivnika na velikim visinama.

U zraku se uglavnom eksperimentiralo na velikim visinama od 40 do 100 km iznad površine zemlje. Rezultati su pokazali da su mnoge radio i radio-relejne veze bile ometane ili više sati potpuno prekinute. Navodimo nekoliko karakterističnih primjera različitih nuklearnih pokusa.

Podvodnom nuklearnom eksplozijom 1946. godine na Bikiniju, 20-kilotskim projektilom na dubini od 60 metara, došlo je do stvaranja serije od šest velikih valova. Valovi su dosegli visinu od 31 metar i udaljenost od 4 km. Morsko dno je produbljeno za 3 — 10 metara. SAD su 1951. godine u Nevadi iz zrakoplova bacile bombu od 1 MT, koja je prodrila u zemlju 15 — 20 metara a poslije eksplozije obrazovala krater promjera oko 460 i dubine 60 metara. Visinske nuklearne eksplozije 1958. godine, na visinama od 48 i 85 kilometara ostvarene iznad Pacifika, bile su primijećene sa Havaja, iako je središte eksplozije bilo udaljeno 500 kilometara. Godine 1962. od eksperimenta na otoku Džonston vidio se odsjaj do Novog Zelanda, iako je udaljen 4.800 km, Honolulu (građ na Havajima) bio je osvijetljen kao da je bio dan.

Navedeni primjeri ukazuju na veliku moć i opasnost od nuklearnog oružja.

B. NUKLEARNE ELEKTRANE

Dosadašnja iskustva u radu sa NE pokazala su da u međudjelovanju čovjek — stroj — tehnologija — tehnika i automatika, još postoji dosta slabih točaka. Uz svu postojeću suvremenu elektroniku, automatiku i vrhunsko osiguranje, projekti sistema NE omogućuju i nadalje čovjeku da griješi i time dovodi do vrlo ozbiljnih i opasnih situacija. Ljudski faktor i ovdje je još uvijek na prvom mjestu.

Teška oštećenja, kvarovi i nezgode bilo na NE bilo uslijed ispitivanja nuklearnog oružja na kopnu, moru, zraku i svemiru dolaze rijetko, no dolaze bez prethodne najave i obavijesti — dolaze iznenada. A za takva iznenađenja moramo biti priređeni i unaprijed znati što i kako raditi i proizvoditi, jer panici ovdje nema mjesta.

Do danas najveće ispuštanje radioaktivnih tvari dogodilo se prilikom požara jednog plinsko-grafitnog reaktora u sjevernoj Engleskoj, WINSKALE, u listopadu 1957. godine. U okolici NE našlo se tada 800.000 pCi J 131 u litri mlijeka. U 160 km udaljenom mjestu LEEDS sadržavalo je mlijeko još tjedan dana nakon havarije kontaminaciju od 40.000 pCi J 131/lit. mlijeka. Na stotine tisuća litara sirovog i prerađenog mlijeka svakodnevno se uništavalo i bacalo u jezero.

Uspoređujući grafitni nuklearni reaktor sa današnjim modernijim reaktorom koji se hladi vodom, uočavamo mnoge i velike prednosti koje nastaju u slučaju teških zastoja, kvarova, havarija i problema u proizvodnji, jer su moderni reaktori mnogostruko osigurani, te ne dozvoljavaju izlazak radioaktivnih tvari iz NE. Između ostalog velika prednost jest da se radionuklidi u vodi razgrađuju, te ne mogu napustiti NE dok se ne postigne zadovoljavajući rezultat. Nadalje daljnje smanjenje emisije provodi se filtracijom izlaznog zraka.

Drugi kvar na NE bio je 18. lipnja 1978. godine na NE BRÜNSBUTTEL u SR Njemačkoj, nedaleko Kiela. U strojarni NE došlo je do napuknuća jednog dijela cjevovoda, tako da je radioaktivno kontaminirana primarna para napuštala NE i izlazila u okolicu. U vrijeme izlaska radioaktivne pare iz NE, puhnuo je vjetar u južnom pravcu, tako da su radioaktivni oblaci otišli prema rijeci Elbi, a ne na naseljena mjesta, što je predstavljalo slučajnost. U uzorcima trave uzetim 19. VI 1978. ujutro ustanovljeno je između 6.000 i 27.000 pCi/kg. Ponovno uzeti uzorci istoga dana poslije podne sa istoga mjesta pokazali su rezultate od 60 — 70 pCi/kg, a kod mnogih uzoraka bio je aktivitet ispod granice dokazivanja. To pokazuje da se oko 99% joda do poslije podne razgradio, što u dosadašnjim istraživanjima nije bilo zapaženo.

Odmah nakon nezgode na NE Brünsbuttel uzeti su iz okolice uzorci mlijeka. Kontaminacija J131 iznosila je maksimalno 0,5 pCi/lit mlijeka. Najbliži pašnjak s kravama nalazio se 2 km udaljen od NE prema sjeveru, a vjetar je radioaktivnost nosio od NE prema jugu, prema Elbi. Naprijed navedene vrijednosti izmjerene su početkom 1960. godine na cijelom području SR Njemačke, nakon izvršenih nuklearnih pokusnih eksplozija od strane SAD i SSSR, sa razlikom da su te koncentracije J 131 sada, kod zastoja NE Brünsbuttel, bile mjerene kod pojedinih gospodarstava.

Postavlja se pitanje koliki bi bio radioaktivitet, da je vjetar nosio radioaktivni oblak na pašnjak s kravama? Procjenjuje se (WIECHEN) da bi kontaminacija mlijeka iznosila oko 500 — 1000 pCi J 131 na litru mlijeka.

Treći kvar i havarija dogodila se na NE 28. ožujka 1979. godine na NE HARRISBURG. Zakazao je jedan ventil za hlađenje na reaktoru, a na optičkoj upravljačkoj ploči operator reaktora nije mogao vidjeti, da je ventil ostao otvoren. Tako je za 2 sata došlo do gubitaka sredstava za hlađenje u primarnom krugu. Na to se automatski uključio sigurnosni sistem, koji je mogao osigurati daljnje hlađenje.

Međutim iz bojazni ili iz neznanja operator reaktora isključio je radnu operaciju što je sigurnosni sistem prethodno uključio. Pogrešna odluka i zahvat dovela je do toga da je reaktor ostao bez hlađenja odnosno bez dovoljnih količina vode, što je dovelo do šteta i izlaženja radioaktiviteta. Potom se ponovno pokušalo reaktor staviti pod kontrolu, ali je ponovno uzastopce načinjeno više tehničkih pogrešnih zahvata, koji su izazvali daljnje kvarove, te tešku situaciju još više pogoršali.

Kontaminacija mlijeka za vrijeme od 28. ožujka do 27. travnja 1979. godine iznosila je do 41 pCi/lit mlijeka sa J 131. Te vrijednosti su niske budući djelotvorno radi sigurnosni sistem koji ne dozvoljava veću kontaminaciju.

Četvrti kvar na NE dogodio se u Indiji, i tako dalje.

Sve navedene kvarove NE ne možemo uspoređivati (WIECHEN), no primjeri ukazuju da je za sve dosadašnje havarije i kvarove na NE krivo osoblje koje posluhuje NE, dakle — čovjek.

Predaleko bi nas dovelo daljnje izlaganje u analizama rada NE, a što nije predmet i područje mljekarske privrede, koja osjeća posljedice koje nastaju uslijed kvara i havarija na NE.

Sadašnji i budući zadaci mljekarske privrede

Mljekarska privreda mora biti upoznata s koncepcijama i metodama nadzora i kontrole pri normalnim uvjetima rada NE, kao i u slučaju nastanka kvarova, havarija, zastoja, vremena čišćenja ili nesreća, kada bi moglo doći do kontaminacije prehrambenog lanca zemljište — flora — mlijeko — čovjek, a u cijlu zaštite života i zdravlja stanovništva.

Budući da prednje dolazi iznenada potrebno je najstrože primjenjivati zakone i pravilnike, koji određuju standarde, kriterije i metode kontrole u okolini NE, kao i na mjestima proizvodnje sirovog mlijeka i na prijemnom odjelu mljekara.

Iz dosadašnjih iskustava kod kvarova NE u svijetu, mljekarska privreda je i kod najtežih dosadašnjih nesreća na NE imala malu kontaminaciju mlijeka. No pod posve nepovoljnim uvjetima i težim nesrećama mora se računati sa kontaminacijom J 131 mlijeka, koja bi mogla postići visinu od nekoliko tisuća pCi/lit mlijeka (WIECHEN). No ako se to dogodi potrebno je osigurati prostorno i vremensko ograničenje. To ne bi smjelo i trebalo činiti veći problem, te da se cijela takva nastala ozbiljna situacija ne bi mogla držati pod kontrolom i čvrstim nadzorom nadležnih laboratorija i organa vlasti.

U takvom slučaju nadležni organi moraju spriječiti, da se namirnice, naročito povrće i mlijeko upotrebljavaju kao, i da se otpremaju izvan ugrožene zone radioaktiviteta. Mjerenjem radioaktiviteta određuje se visina doze, koja odlučuje o daljnjem postupku s mlijekom.

S proizvođačima mlijeka potrebno je o tim problemima unaprijed otvoreno razgovarati, s tim ih na vrijeme upoznati, dati im pismene upute, kako bi pri nastanku takvih situacija pravilno postupali, da i sami ne bi konzumirali kontaminirano mlijeko ili takvo slali dalje.

U blizini NE potrebno je osigurati dovoljan prijemni kapacitet kao i mogućnost hlađenja sirovog mlijeka, te proizvodnju sirovog mlijeka od 3 — 4 dana, jer se bez dozvole nadležnih laboratorija, kao i organa mlijeko ne smije dostavljati mljekarama.

Utvrđi li se da je mlijeko previše kontaminirano sa J 131 i za izravnu upotrebu nepodobno, mora se otpremiti u mljekaru koja posjeduje strojeve i tehničko-tehnološke mogućnosti obrade i prerade takvog mlijeka u trajne proizvode kao što je npr. mlječni prah ili kratkotrajno sterilizirano mlijeko.

Takav proizvod može otići na tržište tek nakon izvršenih analiza sadržine J 131, kontrole i dozvole određenih laboratorija i organa.

Ubuduće neće više biti potrebno uništavati velike količine mlijeka jer se više i ne može računati na tako ekstremno visoke J 131 kontaminacije kao što je to bilo 1957. u okolici NE Winscale. Mljekarska privreda se ne treba bojati ući u obradu i preradu kontaminiranog mlijeka. Strojevi i tehnološke linije nakon prerade mogu se ponovno dekontaminirati primjenjujući upute i odredbe pravilnika o dekontaminaciji.

No pred nama stoji zadatak izdavanja opširnih i jasnih uputa, koje se moraju primijeniti u slučaju nastanka takvih kvarova, havarija nesreća i sl., jer mljekarska privreda je dužna takvu, vjerovatno nastalu, situaciju dočekati pripravno.

Iskustvo WIECHEN-a iz SR Njemačke jest, da pri normalnoj proizvodnji NE ne dolazi do kontaminacije mlijeka. U jednom slučaju izmjereno je neposredno nakon iskopčavanja reaktora i poslije popravka neznatno povišenje J 131.

Međutim ne može se isključiti, da kod još težih nezgoda ili nesreća na NE nego što je to bilo u NE Harrisburg ne dođe do J 131 kontaminacije mlijeka koja može isključiti i onemogućiti upotrebu takvog mlijeka za izvjesno vrijeme. Kod današnje razine znanosti i načina gradnje NE s njihovim višestrukim osiguranjima i poboljšanjima u izvedbama filtriranja i prozračivanja, takve smetnje, zastoji, kvarovi i poremećaji ne bi smjeli nastupiti.

Zaključak

Usljed energetske krize kao i stalnog poskupljenja nafte osigurava se nuklearna energija za pogon elektrana.

Kao izvoni ionizirajućih zračenja podrazumjevaju se radioaktivne tvari koje dospijevaju u čovjekovu okolinu uslijed nuklearnih eksplozija nuklearne elektrane, postrojenja i uređaji, radioaktivne tvari i uređaji s radioaktivnim tvarima, radioaktivne otpadne tvari.

Iz dosadašnjih iskustava u radu sa NE pokazalo se da postoji još dosta slabih točaka. Unatoč primjeni najsuvremenije i vrhunske tehnike, tehnologije, elektronike i automatike, projekti sistema NE još omogućuju čovjeku da griješi i time dovodi do vrlo opasnih situacija, koje mogu biti štetne po život i zdravlje stanovništva.

U cilju očuvanja života i zdravlja stanovništva potrebno je vršiti nadzor nad radioaktivnom kontaminacijom prehrambenog lanca zemljište — flora

— mlijeko u okolini NE, najstrožije primjenjujući sve zakone, pravilnike i odredbe koji reguliraju to područje. Osim mnogobrojnih koristi primjene nuklearne energije u miroljubive svrhe, neosporno je da ta tehnologija i tehnika sadrži i potencijalnu opasnost, koja nastaje bez prethodnog upozorenja i najave.

Za nadzor kontaminacije mlijeka ima određivanje J 131 u mlijeku apsolutni prioritet. Granica dokazivanja jest 0,5 pCi/lit. mlijeka.

Potrebno je osposobiti stručno osoblje i opremiti laboratorije s odgovarajućom opremom, koji će biti u stanju vršiti rutinsku kontrolu, a u slučajevima povišenog zračenja u okolici NE, na vrijeme poduzeti odgovarajuće protumjere obrane i zaštite stanovništva. Osim određivanja J 131 primjenjuje se gama-spektrometrija kao i beta odnosno restbeta mjerenje mlijeka.

Međutim, svaki nadzorni laboratorij mora biti sposoban odrediti u svako doba sve zamislive radionuklide u granicama dokazljivosti. Dosadašnja iskustva u radu NE i oštećenja i kvarovi na nekima (WINSKALE, BRUNSBUTTEL, HARRISBURG, itd.) pokazala su da je došlo do ispuštanja radioaktivnosti u okolinu. U normalnim uvjetima rada radioaktivitet nije ugrožavao prehrambeni lanac zemljište — flora — mlijeko, jer to nisu dozvoljavali ugrađeni automatski sigurnosni sistemi. No to ne znači da pod posve nepovoljnim uvjetima, teškim nesrećama na NE ili eksplozijama nuklearnog oružja ne bi moglo doći do povećane kontaminacije mlijeka, koja bi mogla postići visinu od nekoliko tisuća pCi/lit mlijeka J 131. Tako nastala situacija mora se držati pod strogom kontrolom, a mlijeko i ostale živežne namirnice ne smiju napuštati mjesto proizvodnje bez odobrenja nadležnih organa kontrole i vlasti.

Proizvođače sirovog mlijeka potrebno je već sada (NE Krško stoji pred otvaranjem i puštanjem u pogon) podrobno uputiti sasvim otvoreno o svim mogućim problemima koji mogu nastati. U blizini NE potrebno je osigurati dovoljno velik skladišni prostor za skladištenje sirovog mlijeka za vrijeme 3 — 5 dana.

Utvrđi li se da je mlijeko radioaktivno kontaminirano, ne smije se upotrijebiti izravno za ljudsku ishranu, već se može preraditi u mlječni prah i sterilizirano mlijeko. Na tržište se može dati tek nakon smanjenja kontaminacije odnosno njegove dekontaminacije.

Mljekarska privreda mora imati plan rada, obrade i proizvodnje za slučaj opasnosti, kvara i havarija na NE, s posebnim osvrtom na provedbu postojećih i budućih zakona o nuklearnoj energiji. Eventualni propusti raznih oblika, kršenje propisa i zakona, nedostatak potrebnog kvalificiranog kadra, opreme, doknadnih dijelova, pomanjkanje nadzora i kontrole i slično, neće moći nadoknaditi ljudsko zdravlje i živote.

Potrebno je na vrijeme osigurati i osposobiti dovoljan broj laboratorija, izvršioaca i kontrolora. Kontrolirati doze zračenja kao i ispravan rad NE konstantno, te osigurati njihov pouzdan rad i stupanj sigurnosti.

Ne može se reći da se kroz povijest ljudi nisu trudili da pronađu pravi odgovor ili rješenje — ako je suditi po postignutom uspjehu u borbi protiv zla i rata — teško se može međutim reći da su ga uspjeli do sada pronaći. Mnoga svjetska pitanja rješavaju se danas silom oružja. Kada u svijetu raširena dobra volja za popuštanje, dijalog i mir, ne uspije, odgovor su još uvijek ratovi.

NUCLEAR POWER PLANTS AND DAIRY INDUSTRY

Summary

The author deals with a very actual subject of supply of the world with energy through nuclear power plants.

In spite of all technical systems and automatic controlling instruments to prevent any damages, the accidents can happen and lead to radioactive contamination of surroundings.

The author describes the effects of radioactive contamination on food, and particularly on milk and dairy products, the danger for the population's health and the measures to be taken to prevent it.

Literatura

1. SLUŽBENI LIST SFRJ broj 54 od 10. prosinca 1976: Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja.
2. Sl. list SFRJ broj 27 od 27. svibnja 1977 godine: Pravilnik o ispitivanju kontaminacije radioaktivnim tvarima zraka, zemljišta, rijeka, jezera i mora, čvrstih i tekućih oborina, vode za piće, ljudske i stočne hrane.
3. Sl. list SFRJ broj 25 od 1. lipnja 1979: Pravilnik o uvjetima za lokaciju, izgradnju, pokusni rad, puštanje u rad i upotrebu nuklearnih objekata i postrojenja.
4. Sl. list SFRJ broj 32 od 13. srpnja 1979 godine: Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije.
Pravilnik o uvjetima uz koje se mogu stavljati u promet i upotrebljavati voća za piće, živežne namirnice i predmeti opće upotrebe, kontaminirani radioaktivnim tvarima.
5. FRONT — časopis JNA (1978, 1979, 1980)
6. KNOOP E., BUCHHEIM W.: Literaturstudie über Möglichkeiten und über Verfahren zur Dekontaminierung radioaktiv kontaminierte Milch. EUROATOM Nr. EUR 2507, d Bericht der Europäischen Atomgemeinschaft (1966)
7. WIECHEN A.: Konzeption und Methoden für die Überwachung der radioaktiven Kontamination der Nahrungskette Boden-Bewuchs-Milch in der Umgebung von Kernkraftwerken.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 29, 141—149 (1977)
8. HEINE K., WIECHEN A.: Erste Ergebnisse der spektrometrischen Überwachung der Radioaktivität des Bewuchses mit Ge (Li) — Spektrometern in der Umgebung von Kernkraftwerken.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 29, 245—251 (1977)
9. WIECHEN A., HEINE K.: Folgerungen aus den Ergebnissen der J-131 — Überwachung von Milch und Bewuchs in der Jahren 1976 und 1977.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 30, 205—217 (1978)
10. WIECHEN A.: Ergebnisse der Vergleichsanalyseprogramme Jod 131 in der Jahren 1977 und 1978.
Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 31, 185—191 (1979)
11. WIECHEN A.: Erste Erfahrungen mit der J-131 — Überwachung der Milch aus der Umgebung von Kernkraftwerken.
Milchwissenschaft 32 (1977)
12. WIECHEN A., HEINE K.: Mit welchen Konsequenzen hat die Milchwirtschaft in Fall von Störfällen in der Kernkraftwerken zu rechnen? Deutsche Molkerei Zeitung 24 (1980)