



Univerzitet u Beogradu
Terorizam, organizovani kriminal i bezbednost

Nuklearni otpad i uticaj na životnu sredinu

Mentor:

dr Vera Arežina

Kandidat:

Sandra Mišćević 116/14

Beograd, maj 2017.

Završni rad
NUKLEARNI OTPAD I UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

Nuklearni otpad i uticaj na životnu sredinu

Apstrakt: Nuklearni otpad predstavlja vrstu opasnog otpada koja zahteva primenu posebnog postupka tretmana i odlaganja. Proces njegovog upravljanja je kompleksan i zahtevan, a za trajnim rešenjima njegovog odlaganja se još uvek traga. Efekti radijacije mogu biti veoma negativni po životnu sredinu i zdravlje ljudi, pa je neophodno da građani budu upoznati sa posledicama i merama zaštite od zračenja, odnosno radijacije. U radu će biti predstavljeni pojam i karakteristike nuklearnog otpada, kao i njegove implikacije na životnu sredinu kao sveobuhvatno okruženje. Autor ispituje posledice i opasnosti koje mogu nastati usled neadekvatnog skladištenja radioaktivnog otpada i primene nuklearnog oružja koje spada u oružje za masovno uništavanje.

Ključne reči: opasan otpad, nuklearni - radioaktivni otpad, životna sredina, nuklearno oružje, municija sa osiromašenim uranijumom

Nuclear Waste and Environmental Impact

Abstract: Nuclear waste is a type of the hazardous waste, which requires the application of special process of treatment and of disposal. The process of its managing is a complex and demanding, and for durable solutions for its disposal are still looking. The effects of radiation can be very negative for the environment and human health, so it is necessary for citizens to be aware of the consequences and the measures of protection against radiation. In this paper, it will be presented the concept and characteristics of nuclear waste, as well as its implications on the environment as a comprehensive surroundings. The author examines the consequences and dangers that may arise from the improper storage of radioactive waste and the use of nuclear weapons that fall into a weapon of mass destruction.

Key words: dangerous waste, nuclear – radioactive waste, environment, nuclear weapon, munition with depleted uranium

Radna biografija:

Sandra Mišćević,

Rođena sam 21.03.1991 godine u Beogradu, Srbiji. Živela sam i odrasla u Bukureštu, Rumuniji, gde sam završila nemački koledž. Nakon toga sam završila državni fakultet u Bukureštu, odsek za međunarodne odnose i evropske studije. Par meseci nakon što sam diplomirala, vratila sam se u rodni grad i ubrzo sam nastavila sa studijama, u Beogradu, master studije za Terorizam, organizovani kriminal i bezbednost – 120 ESPB, gde sam položila sve ispite. Govorim više stranih jezika, kao što su rumunski, engleski, nemački i francuski i veoma dobro poznajem rad na računaru. Imam dosta radnog iskustva, trenutno sam u stalnom random odnosu, u stranoj korporaciji NCR-BMW.

Sadržaj

1. UVOD	6
2. OPASAN OTPAD	9
2.1. Pojam i podela otpada.....	9
2.2 Upravljanje opasnim otpadima.....	12
2.3 Sakupljanje i transport opasnog otpada	15
3. UTICAJ NUKLEARNOG OTPADA NA ŽIVOTNU SREDINU	21
3.1 Odlaganje nuklearnog otpada.....	22
3.1.1. Program izgradnje trajnog odlagališta otpada Instituta za nuklearne nauke Vinča.....	28
3.2. Duboko odlaganje radioaktivnog otpada	29
3.3. Delovanje radioaktivnog zračenja na organizam i životnu sredinu.....	33
3.3.1. Efekti radijacije na životnu sredinu.....	34
3.3.1.1. Dozvoljene koncentracije zračenja.....	41
3.3.2. Rizici izlaganja stanovništva jonizujućem zračenju radioaktivnog otpada.....	43
3.4. Mere zaštite od zračenja.....	44
4. NUKLEARNO ORUŽJE	47
4.1 Fisiona Energija.....	48
4.2 Vrste Nuklearnog Oružja	49
4.3. Zloupotreba nuklearnog oružja u terorističke svrhe.....	52
5. POSLEDICE UPOTREBE NUKLEARNOG, HEMIJSKOG I DRUGOG ORUŽJA PO ŽIVOTNU SREDINU	57
5.1. Posledice potencijalnog nuklearnog terorističkog napada.....	57
5.2. Napad hemijskim oružjem kao oružjem za masovnu destrukciju u Siriji u aprilu 2017.	60
5.3. Teroristički napad u Tokiju - napad gasom sarinom.....	62
5.4. RHB kontaminacija SRJ i susednih država.....	64
5.5. Posledice korišćenja municije sa osiromašenim uranijumom na zdravlje ljudi i životnu sredinu.....	68
5.5.1. Posledice u Republici Srbiji.....	71
5.5.2. Posledice u Republici Crnoj Gori.....	74
5.5.3. Posledice u BiH.....	76
6. ZAKLJUČAK.....	79
7. LITERATURA	82

1. Uvod

Vekovima smo imali mogućnost da primetimo zajednički razvoj i napredak između čoveka i prirode. Hiljade godine je ta ravnoteža postajala, kome je priroda nudila: opstanak i bogatstvo. Pomoću razvijanja nauke i tehnike, u trci sa napretkom i zaradom, čovek nije više obraćao pažnju na prirodu, ne uzimajući u obzir njene posledice.

Jedan od glavnih problema, sa kojima se populacija susreće je zagađivanje vazduha. Potreba zaštite vazduha od zagađenja, obezbeđenje kvaliteta života u naseljima i industrijskim centrima i očuvanje ekološkog potencijala prirodne sredine javlja se kao jedan od imperativa razvoja.

Prvu reakciju smo mogli primetiti od strane država sa velikim stepenom privrednog razvoja, koji je proporcionalan veličini negativnog uticaja na životnu sredinu. Na žalost, nuklearni otpad nije toliko poznat u javnosti, kao što možemo primetiti ostale štetne zagađivače po okolini.

U ovom radu obratićemo pažnju na nuklearni otpad iz razloga što ljudi uglavnom nisu informisani o zračenju i opasnostima koje postoje, čak i ne znajući da li žive u blizini nekog otpada ili delova koji nisu dobro zaštićeni. Tematika ovog rada je zasnovana na naučnoj deskripciji nuklearnog otpada kao vrste opasnog otpada i objašnjenju njegovih potencijalnih implikacija na životnu sredinu.

Nuklearni otpad sadrži radioaktivne izotope takvih aktivnosti koje premašuju granične vrednosti propisane odgovarajućom zakonskom regulativom.

Radioaktivni materijali, nakon nekog vremena, postaju delimično ili potpuno neupotrebljivi, ali često i dalje zadrže veliki deo radioaktivnosti koju su imali za vreme upotrebe.¹

Radioaktivno zagađenje podrazumeva promenu prirodne radioaktivnosti životne sredine koja je izazvana ljudskom delatnošću. Može se shvatiti kao povećanje stepena radioaktivnosti iznad nivoa prirodnog fona. Radioaktivno zagađenje predstavlja jedan od najopasnijih oblika zagađenja životne sredine, jer se ljudskim čulima ne detektuje, a deluje na genetički sistem: uništavajući i menjajući nasledne osobine uz nastanak malformacija, a u većim dozama izaziva i smrt. Posledice zračenja mogu biti veoma

¹ Npr. istrošeni izvori zračenja ili iskorišćeno nuklearno gorivo.

štetne za zdravlje i život ljudi i životnu sredinu. Efekti radijacije ne poznaju granice, što su mnogi slučajevi i pokazali, npr. Černobilska katastrofa 1986., korišćenje municije sa osiromašenim uranijumom u Zalivskom ratu, na Balkanu, itd.

Jedan od značajnih ekoloških problema savremenog sveta predstavlja opasan otpad, tj. pronalažanje načina za njegovo bezbedno odlaganje. Radioaktivan otpad kao vrsta opasnog otpada zahteva poseban tretman i odlaganje. Za sada se ovaj otpad uglavnom deponuje u zaštićenim kontejnerima i čuva u dubljim slojevima Zemljine kore ili na morskom dnu. U Republici Srbiji u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ postoji skladište za bezbedno odlaganje radioaktivnog otpada sa područja naše države. Ono predstavlja privremeno rešenje za skladištenje otpada u narednih nekoliko decenija, a program izgradnje trajnog odlagališta i dalje čeka na realizaciju. Savremena nauka i dalje radi na pronalaženju trajnih rešenja za bezbedno odlaganje radioaktivnog otpada.

Nuklearno oružje, koje pored hemijskog i biološkog oružja spada u grupu oružja za masovno uništavanje koje predstavlja značajnu savremenu opasnost. Njegovo rušilačko dejstvo je zasnovano na oslobađanju nuklearne energije u velikoj količini. Prva atomska bomba je razvijena i testirana u tzv. Menhetn projektu u SAD 1942. Japanski gradovi Hirošima i Nagasaki su 1945. bombardovani atomskim bombama. Posledice tih događaja su bile razorne. Od ovog perioda do danas nuklearna tehnologija je još više napredovala, pa je razorna moć postojećeg nuklearnog oružja mnogo veća, kao i strah od posledica njegove upotrebe. Nuklearne pretnje velikih međunarodnih sila tokom Hladnog rata su danas zamenjene terorističkim. U međunarodnoj zajednici je prisutan strah zbog potencijalnih terorističkih napada nuklearnim oružjem. Trgovina nuklearnim materijalom na tzv. crnom tržištu predstavlja realnost. Biološki agensi, hemijske materije i nuklearni materijal može dospeti u ruke krijumčara i terorista, a posledice njihovog korišćenja mogu izazvati brojne žrtve i naneti veliku štetu životnoj sredini i materijalnim dobrima. U aprilu 2017. se u sirijskoj provinciji Idlib dogodio napad gasom sarinom, nastradale i povređene su mnoge osobe.

U poslednjem poglavlju ćemo pažnju usmeriti na posledice Nato agresije 1999. godine na području Balkana. Tokom Nato bombardovanja Savezne Republike Jugoslavije korišćena je municija sa osiromašenim uranijumom, a posledice ovih aktivnosti su prisutne i biće prisutne sve dok bude postojalo radioaktivno zračenje nastalo od upotrebe

ovog naoružanja. Posebno će biti analizirani efekti korišćenja municije sa osiromašenim uranijumom na zdravlje stanovnika i životnu sredinu u Republici Srbiji, Republici Crnoj Gori i Bosni i Hercegovini. Upotreba ovakvog naoružanja predstavlja trajnu opasnost po životnu sredinu i ljude, a zadatak međunarodne zajednice je da spreči ponavljanje ovakvih intervencija kakva je bila Nato agresija na SRJ. Osim univerzalne borbe za ljudska prava, neophodno je kontinuirano promovisanje svesti o važnosti očuvanja životne sredine kao sveukupnog okruženja.

2. Opasan otpad

2.1. Pojam i podela otpada

Otpad se može definisati kao nepotreban, neželjan ili suvišan materijal, koji nastaje kao rezultat određene industrijske operacije. Opasan otpad je otpad koji ima osobine zapaljivosti, toksičnosti, reaktivnosti ili radioaktivnosti, potiče iz nespecifičnih izvora, generisani otpad iz industrijskih procesa, potiče iz specifičnih izvora iz specijalne industrije, predstavlja smešu definisanih opasnih otpada i predstavlja materiju koja je deo liste opasnih otpada. Adekvatno zbrinjavanje otpada predstavlja obavezu svake države. U tom kontekstu mora postojati odgovarajuća politika zaštite životne sredine. Njena primena je važna kako bi se sprečili zdravstveni problemi stanovništva i negativan uticaj na životnu sredinu.

Svaki materijal ili predmet koji nastaje u toku obavljena proizvodnje, koji je beskoristan i isključuje se iz upotrebe se može definisati kao otpad. Imamo u vidu da postoje i otpadne materije koje imaju veliki značaj resursima i mogu na najbolji način da se iskoriste. Tako imamo otpad koji treba na siguran način da se uništi i otpad koji može dalje da se koristi. Možemo ih nazvati kao otpadne materije iz poljoprivredne proizvodnje, koje su organskog sastava i lako podleže razgradnji. Ali problem predstavljaju njegove velike količine kao i rezidue hemijskih materija, koje se koriste za poboljšanje prinosa. Skoro jedna trećina otpada u Evropi stvara se tokom poljoprivredne proizvodnje.

Postoje i materije iz kojih se dobijaju sekundarne sirovine, dakle materije koje možemo da recikliramo, a to su: metal, plastika, staklo, čelik i papir. Organske ostatke mogu da se humificiraju i reciklirati u gnojivo. U savremenom dobu, otpad se prepoznaje i kao vredan resurs zbog mogućnosti korišćenja kao izvora energije (električna energija, toplotna), ali i kao sekundarne sirovine. Gorive materije možemo spaljivati. Inače, prva spalionica otpada je izgrađena u Engleskoj 1876. godine.

Suprotno od svega gore navedeno postoji otpad koj smatramo nekorisnim. Ako se ne upravlja u skladu sa propisima i neadekvatno, može imati negativan uticaj i predstavljati problem sa aspekta zaštite životne sredine. Da bi se takvo stanje što više

izbeglo, trebalo bi da se upravlja i kontroliše procesima prikupljanja, obrade i odlaganja različitog otpada.

Javnost u Srbiji se tek sada upoznaje sa problemom, jer populacija nije dovoljno informisana o mogućem uticaju otpada i nažalost ne postoji konkretan program za njegovo rešavanje. Najčešće ljudi postaju informisani onda kad su već uveliko ugroženi ili ako su sami zainteresovani za njegovo rešavanje.

U sledećem pasusu ćemo predstaviti par primera zagađivača životne sredine, koji se mogu klasifikovati na:

- *Prirodne zagađivače*, to su prirodne pojave kao na primer: vulkanske erupcije, peščane oluje, zemljotresi, šumski požari, tajfuni, poplave.
- *Veštačke zagađivače*, stvoreni od strane čoveka u direktnim ili indirektnim procesima:
 - Izvori zagađenja vezani za eksploataciju i preradu mineralnih i drugih sirovina (rudnici, metalurgija, hemijska industrija, prehrambena industrija);
 - Izvori zagađenja vezani za saobraćaj (drumski, vazdušni, vodeni);
 - Izvori zagađenja vezani za transformaciju hemijske u neki drugi oblik energije (termoelektrane, toplane, nuklearne elektrane);
 - Izvori zagađenja vezani za komunalni otpad (deponije, smetlišta);
 - Izvori zagađenja vezani za poljoprivredne delatnosti (zapašivanje, đubrenje, velike farme životinja).

Što se tiče hemijskog zagađenja, ona predstavlja promenu hemijskog sastava u ekosistemu.² Faktori koji na to utiču su:

- Prirodne organske materije i organski otpaci koji podležu prirodnoj razgradnji, koji dospevaju u životnu sredinu kao sporedni ili otpadni produkti tehnološkog sistema. U ograničenom obimu moguće je samoprečišćavanje ekosistema što je u direktnoj vezi sa njegovim kapacitetom i količinom otpadnih organskih materija koje se unose.³
- Različita ujedinenja hemijskih elemenata kao što su živa, olovo, cink, bakar, kadmijum, arsen i dr., koje izazivaju negativne zdravstvene posledice, a predstavljaju otpadne produkte metalurške i metaloprerađivačke industrije.

² Vazduh, voda, zemljište i hrana

³ Npr. razlika u količinama ljuske od krompira fabrike čipsa i jednog iz domaćinstva

- Čitav niz organskih jedinjenja (fenol, benzen, nitrometan, policiklični ugljovodonici, PCB⁴), imaju kancerogeno dejstvo na ljudski organizam. PCB se upotrebljava u transformatorima kao rashladni medij, koji ne provodi struju i podnosi visoke temperature (do 1700 stepeni Celzijusa). Veliku industrijsku važnost su dobili sa početkom proizvodnje plastičnih materijala⁵ i sintetičkih rastvarača (Trihloretnan, Dihlormetan) i pesticida (Hlordan, Lindan, DDT⁶) dok nije bilo utvrđeno da veliki broj hlorovanih ugljovodonika⁷ je otrovan i opasan za okolinu.

Najopasniji od svih supstanci su deterdženti, insekticidi i pesticidi, zato što se prenose na sve organizme i čoveka, izazivaju štetne posledice po zdravlje, vitalnost ostalih živih bića i naravno, ugrožavaju životnu sredinu.

- Zagađujuće materije neorganskog i organskog porekla koje su masovno proizvedene industrijskim putem namenjenih širokoj upotrebi, a dovode do dugotrajnog kontaminiranja sredine jer se veoma teško, ili se nikako ne razgrađuju.

Trebalo bi spomenuti i izvore zračenja, tj. radijacije. Radijacija je potencijalno štetna za ljudsko zdravlje, mada prirodni izvori radijacije nemaju izrazito negativan uticaj. Izvori radijacije se mogu klasifikovati na:

- Prirodni izvori jonizujućeg zračenja (Kosmos, Sunce, zemljina radijacija)
- Veštački izvori radijacije (nuklearne elektrane, nuklearno oružje, tehnički izvori – radioaktivni gromobrani, aparati u naučno-istraživačkim ustanovama, medicinski izvori)

Otpad se može klasifikovati prema sastavu, mestu nastanka i toksičnosti. Prema sastavu, odnosno onome od čega je otpad sastavljen, deli se na: staklo, organski otpad, plastiku, papir i karton, limenke, električne i elektronske uređaje, stara vozila, gume,

⁴ Polihlorovani Bifenili je sintetizovan u Americi 1925 god., i zabranjen 1977 god. zbog kancerogenog, mutagenog efekta. U Evropi je zabranjen 2011 god., a potpuna zamena se očekuje mineralnim uljem 2008 god.

⁵ Proizvodnja PVC

⁶ Dihlor-difenil-trihloretnan: masovno u svetu korišćen od 1940 do 1970 protiv buva, komaraca (protiv Malarije). Otkriveno je toksično i koncentrisano delovanje u mišićima i kostima, što je dovelo do zabrane u razvijenim zemljama. Neke nerazvijene zemlje su ga proizvodile i posle zabrane. Danas se može dokazati prisustvo DDT, zbog tragovima u polarnom ledu.

⁷ Su organska jedinjenja koja sadrže samo atome ugljenika i vodonika

otpadna ulja i maziva, otpadne hemikalije, baterije, boje, jalovinu, tekstil, metal i drvo.⁸ Otpad se prema mestu nastanka klasifikuje na: komunalni, industrijski, ambalažni, poljoprivredni i baštenski, otpad iz eksploatacije i ekstrakcije ruda i mineralnih sirovina, građevinski otpad, medicinski i životinjski otpad, muljevi, talozi, pepeo, šljaka i sl.⁹ Prema kriterijumu toksičnosti, otpad može biti: opasan, neopasan i inertan.¹⁰ Nuklearan otpad spada u opasan otpad.

Treba da se podsetimo da, svi mi smo deo svakodnevne proizvodnje otpada i takođe treba da snosimo odgovornost u procesu stvaranja i odlaganja otpada. Sve vrste zagađivanja, pojedinačno ili kombinovano imaju jako negativan efekat na životnu okolinu koje se mogu, udisanjem i putem lanaca ishrane, naći u organizmu.

2.2 Upravljanje opasnim otpadima

Opasan otpad po svom poreklu, sastavu ili koncentraciji opasnih materija može prouzrokovati opasnost po životnu sredinu i zdravlje ljudi. Takav otpad ima najmanje jednu od karakteristika utvrđenih posebnim propisima i ambalaža u kojoj je upakovan. Upravljanje opasnim otpadom predstavlja sprovođenje zaštitnih mera u okviru sakupljanja, transporta, skladištenja i tretmana i nadzor nad tim aktivnostima.

Porazno stanje u organizaciji upravljanja otpadom su rezultat zbog visokih troškova, niskog kvaliteta usluga i nedovoljne brige za okolinu.

Opasnim otpadom se mora upravljati na način kojim se obezbeđuje najmanji rizik po ugrožavanje života i zdravlja ljudi i životne sredine, kontrolom i merama smanjenja:

- zagađenja voda, vazduha i zemljišta;
- opasnosti po biljni i životinjski svet;
- opasnosti od nastajanja udesa, eksplozija ili požara;
- negativnih uticaja na predele i prirodna dobra posebnih vrednosti;
- nivoa buke i neprijatnih mirisa.

⁸ Agencija za zaštitu životne sredine: Otpad i upravljanje otpadom, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=207&id=202&akcija=showXlinked#a1>, pristupljeno 20. februara 2017.

⁹ Isto.

¹⁰ Isto.

U Srbiji jedini način za upravljanje opasnim otpadom je odlaganje na lokalne deponije, zato što su postojeća odlagališta popunjena. Takve deponije ne zadovoljavaju ni osnovne higijenske i tehničko-tehnološke uslove. Aktivnosti koje podrazumevaju sistematsko upravljanje otpadom predstavlja:

- Prevencija nastajanja otpada
- Smanjenje količine otpada i njegovih opasnih karakteristika
- Tretman otpada
- Transport otpada
- Zatvaranje i održavanje postrojenja za tretman opasnog otpada
- Monitoring
- Savetovanje i obrazovanje u vezi delatnosti i aktivnosti na upravljanju otpadom.

Nacionalna strategija upravljanja otpadom usvojila je program od Evropske Unije 4. jula 2003. godine, dokument koji obezbeđuje uslove za racionalno i održivo upravljanje otpadom na nivou Republike Srbije. Strategija¹¹ predstavlja:

- Pravce u skladu sa ekonomskim razvojem;
- Pravce u skladu sa zahtevima i planovima Evropske Unije;
- Hijerahiju mogućih opcija;
- Aktivnosti u postupku harmonizacije sa zakonskom regulativom Evropske Unije;
- Odgovornosti;
- Ciljeve;
- Zadatke.

Nakon implementacije strategije, sa kojim se postiže veliki broj ciljeva, za sve nivoe vlasti (od lokalne samouprave - do republičkog nivoa) treba da se izaberu najbitniji faktori:

- Zaštitu i unapređenje životne sredine;
- Žastitu zdravlja ljudi;
- Dostizanje principa održivog upravljanja otpadom;

¹¹ Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine („Sl. glasnik RS“, br. 29/10)

- Promenu stava prema zaštiti životne sredine i otpadu, kao jednom od njenih segmenta;
- Povećanje nivoa javne svesti.

Harmonizacija domaćeg i evropskog zakonodavstvo u oblasti otpada, smatra da treba primeniti osnovne principe u cilju poboljšanja sistema i naravno, kako treba da se upravlja na prostoru naše zemlje. A to su:

- Smanjenje količina nastalog otpada;
- Prevencija nastajanja otpada;
- Rešavanje problema otpada na mestu nastanka;
- Princip separacije otpada;
- Princip reciklaže što većih količina otpada;
- Princip racionalnog korišćenja postojećih kapaciteta za preradu otpada;
- Princip racionalne izgradnje postrojenja za tretman;
- Princip monitoringa zagađenja u cilju očuvanja kvaliteta životne sredine.

Prema Zakonu o upravljanju otpadom¹², opasan otpad se klasifikuje prema poreklu, karakteristikama i sastavu koje ga čine opasnim. Vlasnik otpada, odnosno operater, dužan je da klasifikuje otpad na propisan način, u skladu sa ovim zakonom. Radi utvrđivanja sastava i opasnih karakteristika otpada vlasnik otpada, odnosno operater, dužan je da izvrši ispitivanje opasnog otpada, kao i otpada koji prema poreklu, sastavu i karakteristikama može biti opasan otpad.

Ispitivanje otpada vrše stručne organizacije i druga pravna lica koja su ovlašćena za uzorkovanje i karakterizaciju prema obimu ispitivanja za koja su akreditovana, u skladu sa zakonom.

Karakterizacija otpada vrši se samo za opasan otpad i za otpad koji prema poreklu, sastavu i karakteristikama može biti opasan otpad.

Svaki proizvođač otpada sa sobom nosi odgovornost u upravljanju otpadom koju obuhvataju određene obaveze.

¹² „Sl. glasnik RS“, br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016.

Proizvođač otpada dužan je da sačini plan upravljanja otpadom i organizuje njegovo sprovođenje, ako godišnje proizvodi više od 100 tona neopasnog otpada ili više od 200 kilograma opasnog otpada. Takođe dužan je da pribavi izveštaj o ispitivanju otpada i obnovi ga u slučaju promene tehnologije, promene porekla sirovine, drugih aktivnosti koje bi uticale na promenu karaktera otpada i čuva izveštaj najmanje pet godina ili da pribavi odgovarajuću potvrdu o izuzimanju od obaveze pribavljanjem dozvole u skladu sa ovim zakonom.

Proizvođač otpada dužan je da preda otpad licu koje je ovlašćeno za upravljanje otpadom, ako nije u mogućnosti da organizuje postupanje sa otpadom u skladu sa *Zakonom o upravljanju otpadom*, kao i da vodi evidenciju o otpadu koji nastaje, koji se predaje ili odlaže i da odredi lice odgovorno za upravljanje otpadom i da omogućiti nadležnom inspektor kontrolu nad lokacijama, objektima, postrojenjima i dokumentacijom.

Vlasnik otpada ili proizvođač je odgovoran za sve troškove upravljanja otpadom. Vlasništvo nad otpadom prestaje kada sledeći vlasnik preuzme otpad i primi *Dokument o kretanju otpada*, u skladu sa ovim zakonom. Troškove odlaganja snosi držalac (vlasnik) koji neposredno predaje otpad na rukovanje sakupljaču otpada ili postrojenju za upravljanje otpadom i/ili prethodni držalac (vlasnik) ili proizvođač proizvoda od kojeg potiče otpad.

Radioaktivni otpad se obično deponuje u zaštićenim kontejnerima i čuva u dubljim slojevima Zemljine kore ili na morskom dnu. Međutim, sve su ovo samo privremene mere, dok se na nalaženju trajnih rešenja njihovog bezbednog deponovanja intenzivno radi.¹³ Tretman i odlaganje radioaktivnog otpada su uređeni posebnim merama.

¹³ Radioaktivno zagađivanje i zaštita i buka i zaštita od buke, http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/IV%20semestar/Zastita%20zivotne%20sredine/Predavanja/7aZZSsedma_radijacija_buka2.pdf, pristupljeno 28. februara 2017.

2.3. Sakupljanje i transport opasnog otpada

Nakon nastanka određenih količina otpada, dužni su da ga privremeno skladište, klasifikuju i pripreme za transport i tretman u namenski uređenim postrojenjima.

Objekti za privremeno skladište moraju svojim kapacitetom zadovoljiti postojeće potrebe, tako da se prilikom projektovanja proračuna obavljaju za dvostruko veće količine opasnog otpada od onog koji se inače generiše između dva ciklusa obrade i transporta.

Nakon klasifikacije i obeležavanja, opasan otpad se prebacuje u prostor uređen za tipično skladište. U slučaju kada generator u krugu svoje fabrike ima prostor za skladištenje otpada tipa on-site, međutim kada se transportuje na neku drugu lokaciju, u pitanje je skladištenje otpada tipa off-site. U tom slučaju neophodna je kontrola njegovog kretanja u okviru sistema upravljanja opasnim otpadom „cradle-to-grave”.

Dužina čuvanja otpada zavisi od njegove količine i kontinuiteta nastajanja, tako da se kreće od nekoliko dana, kada su u pitanju veće količine do nekoliko meseci ili godina, kada su u pitanju mali generatori. Veliki generatori imaju pravo da akumuliraju opasan otpad u trajanju od 90 dana, bez traženja posebne dozvole i uz poštovanje propisanih odredbi.

A to su:

- Način pakovanja¹⁴: kontejneri moraju biti zatvoreni sa natpisom „hazardous waste”.
- Postojanje plana: za neki slučaj opasnosti postoje procedure u situaciji izlivanja ili ispuštanja opasnog otpada.
- Obučeno osoblje za rad sa opasnim otpadom: zaposleno osoblje mora da je upoznato sa porcedurama, čak i za male generatore. Mali generatori imaju mogućnost isto da se utovari u privremeno skladište, u trajanju od 180 dana ili 270 dana ako se transportuje na veće razdaljine.

Trenutno u Srbiji nema izgrađenih objekata za skladištenje opasnog otpada, nema postrojenja za fizičko-hemijski tretman opasnog otpada, nema postrojenja za termičku destrukciju -spaljivanje, nema deponija za odlaganje opasnog otpada i pepela iz

¹⁴ Npr. burad, tankovi ili rezervoari odgovarajućeg materijala, EPA prenosivi uređaj u kome se opasan otpad skladiti ili obraditi. Tankovi ili rezervoari su nepokretni uređaji, izrađeni od betona, platike ili čelika.

postrojenja za spaljivanje. Imajući u vidu nedostatak tehničkih kapaciteta za upravljanje opasnim otpadom, kao i nedostatak finansijskih sredstava za investicije u izgradnju ovakvih objekata u skorije vreme, jedino rešenje za bezbedno zbrinjavanje opasnog otpada je izvoz u zemlje EU koje poseduju ovu vrstu objekata.

Zemlje EU su osamdesetih i devedesetih godina prošlog veka imale ekspanziju izgradnje objekata za zbrinjavanje opasnog otpada. Tokom proteklog perioda su ove zemlje uglavnom rešile problem zaliha otpada, oslobađajući time deo kapaciteta postrojenja za otpad iz drugih zemalja. Samim tim ni cene više nisu na nivou na kome su bile u prvom periodu rada ovih postrojenja, već znatno niže i prihvatljivije za industrije koje rade u skladu sa principima zaštite životne sredine.

Osnova kontrole prekograničnog kretanja (izvoza) opasnog otpada je Bazelska konvencija, usvojena 1989. godine od 116 zemalja učesnica konferencije koju je organizovao UNEP.¹⁵ Države potpisnice će pristupiti prekograničnom kretanju otpada ukoliko nema tehničkih kapaciteta i neophodnih postrojenja za odlaganje otpada na ekološki prihvatljiv i efikasan način.

Relevantnu zakonsku regulativu u pogledu sprovođenja prekograničnog kretanja otpada čine:

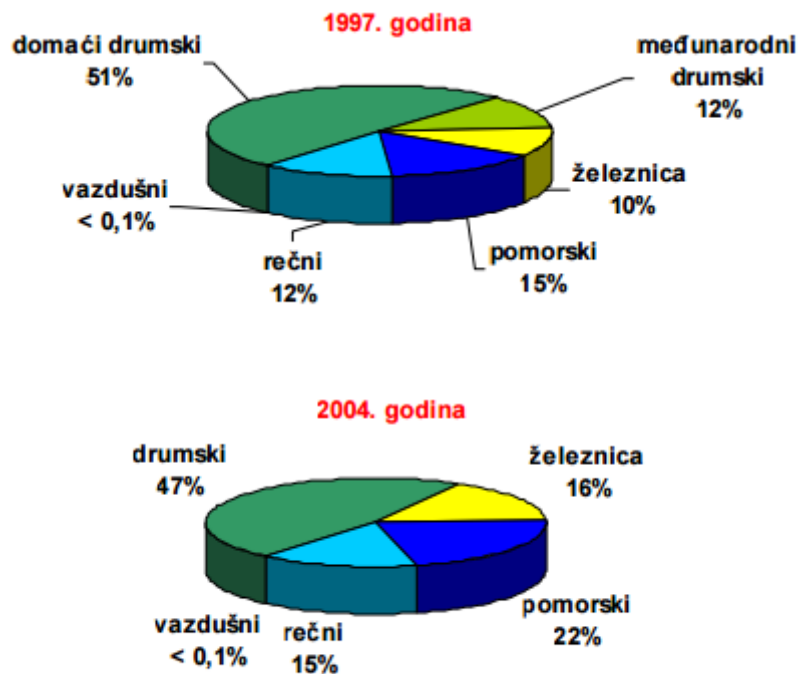
- Pravilnik o uslovima i načinu razvrstavanja, pakovanja i čuvanja sekundarnih sirovina (Katalog otpada)
- Pravilnik o načinu postupanja sa otpadima koji imaju svojstva opasnih materija
- Pravilnik o dokumentaciji koja se podnosi uz zahtev za izdavanje dozvole za uvoz, izvoz i tranzit otpada
- Zakon o potvrđivanju Bazelske konvencije o kontroli prekograničnog kretanja opasnih otpada i njihovom odlaganju.

Zbog negativnog uticaja na okolinu i zdravlje, njihov transport mora biti organizovan po određenim pravilima, da bi rizik od nezgoda i posledica bio sveden na minimalno. Opasne materije se češće javljaju u drumskom transportu u odnosu na druge vidove transporta. Različitim merama pokušava se smanjenje učešća drumskog transporta

¹⁵United Nations Environment Programme je usvojio 1989. Bazelsku konvenciju ("The Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes").

u ukupnom transportu opasnih materija, a na račun povećanja transporta opasnih materija u rečnom, pomorskom i železničkom transportu.

Grafikoni na slici 1 predstavljaju prikaz statističkih podataka iz SR Nemačke za 1997. i 2004. godinu. Prema istom izvoru, od ukupne količine svih roba u transportu u Nemačkoj, oko 18% bile su opasne robe.

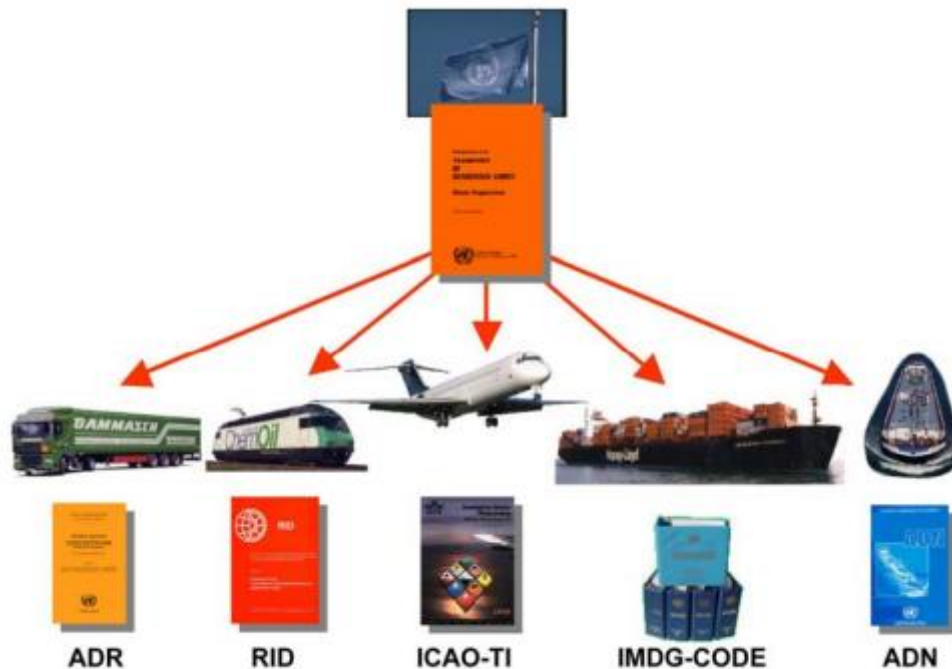


Slika 1 – Transport opasne robe po vidovima u SR Nemačkoj, izvor: <http://reader15.docslide.net/store15/html5/492015/55cf9db6550346d033aed95e/bg4.png>, pristupljeno 15. februara 2017.

Da bi broj nezgoda sa opasnim robama bio što manji kao i njihova težina, potrebno je utvrditi određena pravila ponašanja svih lica koja sa njima dolaze u kontakt, ili mogu na njih da utiču na bilo koji način. Sa tim ciljem 1954. godine Ujedinjene Nacije su formirale ekspertske tim koji je dao preporuke kako stvoriti jedinstvene kriterijume koji se odnose na obeležavanje, klasifikaciju, vozila, uređaje na vozilima i dozvole.

Na osnovu ovih navedenih preporuka, 1957. godine Ujedinjene Nacije su napravile sporazume koji su postali obavezujući za sve potpisnike sporazuma. Danas imamo:

- ADR – drumski saobraćaj
- RID – železnički saobraćaj
- ICAO/TI – vazdušni saobraćaj
- IMDG/CODE – pomorski saobraćaj
- ADN – rečni saobraćaj. Prikaz sporazuma se može primetiti na slici 2.



Slika 2. – Vrste sporazuma za prevoz opasnih roba po vidovima transporta, izvor: <http://reader21.docslide.net/store21/html5/202016/55cf97f0550346d033948dc6/bg4.png>, pristupljeno 22. februara 2017.

U nacionalnim propisima Republike Srbije transport opasnih roba je regulisan kroz:

- Zakon o prevozu opasnih materija („Sl.list SRJ“, br. 27/90)
- Pravilnik o načinu prevoza opasnih materija u drumskom saobraćaju („Sl.list SRJ“, br. 82/90)
- Uredbu Vlade Republike Srbije o prevozu opasnih materija u drumskom i železničkom saobraćaju („Sl.glasnik RS“, br. 53/02).

Transport opasnih materija u drumskom transportu regulisan je kroz ADR – Međunarodni sporazum o prevozu opasnih roba u drumskom transportu.¹⁶ Ovaj sporazum je 1972 godine ratifikovala tadašnja SFRJ. Do sada 41 država je ratifikovala ADR sporazum. Svi potpisnici ovog sporazuma dužni su da prilagode nacionalne propise tako da oni ne budu u suprotnosti sa ADR-om. Iako su pravila propisana ADR-om ista za sve, moguća su izuzeća ili posebna pravila koja će važiti na teritoriji pojedinih zemalja. Ova izuzeća su retka ali ako se proceni da su opravdana onda se ona unose u sporazum.

Razlike u pojedinim zahtevima između ADR-a i naše zakonske regulative postoje i treba ih sagledati da bi izbegli moguće greške i nesporazumi pri prevozu opasnih materija. Kao najveći problem se izdvaja neažurnost naše regulative.

Poslednji propis o transportu opasnih materija u našoj zemlji donet je 1990 godine, ako znamo da se sam ADR menja svake dve godine kako bi se prilagodio novim zahtevima u transportu opasnih materija, onda je jasno da se za 17 godina stvorila značajna razlika između nacionalnih propisa i ADR-a. Ova razlika predstavlja veliki problem za sve prevoznike koji se bave međunarodnim transportom opasnih materija kao i za strane prevoznike koji transportuju opasne materije kroz ili u našu zemlju.

U SAD-u, celokupan sistem upravljanja opasnim otpadom je regulisan na federalnom nivou i samim tim je stvorena adekvatna osnova za upostavljanje usklađenih nacionalnih sistema za kretanje opasnih supstanci.

U odnosu na ostale zemlje sveta, SAD nosi prednost, zbog značajnog smanjenja otpada u nacionalnim granicama. Nakon uvođenja i primene principa minimizacije otpada, značajni rast troškova odlaganja otpada i povećanje broja izmeštenih proizvodnih progona u druge prekontinentalne zemlje, kojima su ekološki propisi i kontrola njihovog sprovođenja na nižem nivou razvijenosti, SAD prednjači svoje upravljanje sa opasnim otpadom.

¹⁶ European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

3. Uticaj nuklearnog otpada na životnu sredinu

Ako pogledamo današnji život svih ljudi na planeti, vidimo da sa jedne strane, industrijalizacija omogućava poboljšanje životnog standarda velikog broja ljudi na Zemlji. Sa druge strane negativno utiče na kvalitet životne sredine i zdravlje čoveka.

Ekologija je nauka koja proučava životnu sredinu, odnos između živih bića i nežive prirode, kao i načine na koja su se živa bića prilagodila uslovima spoljašnje sredine. U predmet njenog proučavanja spadaju i uzajamni odnosi između živih bića, tj. stalna interakcija između različitih živih bića.

Čovek je konačno shvatio da pitanje dalje strategije opstanka, drugačiji odnos prema životnoj sredini. U suštini, ekološka kriza je samo nerazdvojni deo velikih civilizacijskih zbivanja. Pre svega, duboke krize jednog načina proizvodnje, modela potrošnje i privrednog rasta, uz istovremeno gubljenje osnovnih ljudskih vrednosti.

Takav život izveo je čoveka iz ravnoteže sa prirodom, čiji je on samo deo, i ona se može povratiti samo temeljnim sociokulturnim alternativama u načinu proizvodnje i potrošnje. Današnja civilizacija razvijena je na paradigmi stalnog materijalnog rasta i podsticanja beskrupulozne potrošnje prirodnih resursa.

Čovečanstvo ulazi u treći milenijum sa globalnim ekološkim problemima:

- Oštećenje biosphere i njenih ekosistema
- Demografska eksplozija¹⁷
- Globalne promene klime
- Iscrpljenost prirodnih resursa
- Otpad u nesavladivim količinama
- Oštećenje zdravlja ljudi

Nakon gore pomenutih kriza, javlja se *Ekološka etika* koja počiva na uverenju da sve što potiče iz prirode (biljke, životinje, voda, vazduh...) treba poštovati i čuvati zbog njihove sopstvene vrednosti, a ne vezano za korist koju imaju za ljudska bića. Tokom 19. pa i 20. veka čvrsto se verovalo da je tehnički napredak vrednost o kojoj ne treba posebno raspravljati, jer se njegov proces odvijao saglasno važećem shvatanju o

¹⁷ Do 2040. godine se očekuje 10 milijardi stanovnika.

položaju i odnosu čoveka i društva prema prirodi sadržanom u antropocentrizmu: čovek je u centru sveta i sve što je dobro za njega, dobro je i za prirodu. Pogubnost ovakvog odnosa sve češće se ispoljava kao ekološka kriza, čije razmere rastu, a vladajuća shvatanja ne mogu da ponude rešenje. Zato se javlja nova ekološka etika – ekocentrizam, etički suprotstavljena antropocentrizmu, koja u osnov svega stavlja ekosistem i sa kojim se čovek izjednačuje sa drugim oblicima prirode. Jedino čime se izdiže je povećana odgovornost za očuvanje života uopšte, pa i ljudske vrste kao i nežive prirode. Odgovornost je proizašla iz činjenice da je samo čovek obdaren visoko razvijenom svesću i mogućnošću da bude nosilac moralnih vrednosti. Interesantno je da je termin ekološka bezbednost uvela Generalna skupština UN, nakon usvajanja „Rezolucije o međunarodnoj ekološkoj bezbednosti (1978. godine)”, kao reakciju na Černobilsku ekološku i ljudsku katastrofu, a na predlog Mihaila Gorbačova.¹⁸ Njena suština se svodi na odsustvo faktora ugrožavanja, odnosno njihovo minimalno prisustvo. Ekološka bezbednost postaje sve atraktivnija tema u naučnim i društvenim krugovima, a jedan od njenih važnih aspekata je nuklearna bezbednost.

Oikos = Dom Logos = Nauka



Slika 3. Izvor: <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photo-hands-holding-earth-image2595255>, pristupljeno 20. marta 2017.

¹⁸ Arežina, V.: Problemi merenja ekološke bezbednosti, MTS Gajić, Beograd, 2010., str. 172.



Slika 4 – Radioaktivni otpad, izvor: http://www.naturalnews.com/044512_californium_nuclear_waste_uranium.html, pristupljeno 22. marta 2017.

3.1. Odlaganje nuklearnog otpada

Problem korišćenja nuklearne tehnologije u energetske svrhe ili u proizvodnji oružja je postao sve više izraženiji i počelo da se sve intenzivnije razmišlja o privremenom stokiranju i odlaganju RAO.

Nastajanje radioaktivnog otpada (RAO) je vezano za početak istraživanja i korišćenja radioizotopa i nuklearnih tehnika. Od početka primene radioizotopa u svakodnevnom životu (medicina, industrija, naučna istraživanja) mali broj ljudi je svestan problema RAO.

Jasno je da RAO predstavlja potencijalnu opasnost po čoveka i njegovu okolinu i da ga treba na stručan i trajan način izolovati u takvim uslovima, koji će sprečiti njegov impakt sa čovekovom okolinom u narednih nekoliko stotina godina. Da bi se to postiglo, nauka i njeni sledbenici razradili su i još uvek rade na tehnologijama i metodama kojima bi se odnos između čoveka i RAO rešio na što bolji način.

Prema definiciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA), radioaktivni otpad je:

„Materijal koji sadrži ili je kontaminiran nuklidima u koncentracijama takvima da je nivo radioaktivnosti veći od vrednosti specificiranih od strane kompetentnih tela, a da pri tome materijal nema upotrebnu vrednost.”¹⁹

Osim istrošenog goriva nuklearne elektrane (koji nije RAO), svakodnevna proizvodnja radioaktivnog otpada naziva se tehnološki otpad. Takav otpad uključuje različite delove opreme, kao što su: cevi, ventili, manometri, alati. RAO takođe nastaje prečišćavanjem vode i gasova: filtri, jonoizmenjivačke smole, talog evaporator; kao i korišćenje različitih zaštitnih oprema, koja uključuju: odela, rukavice, kontaminirani alat, maske ili otpad iz dekontaminacije.

RAO nastaje i u medicini gde se rutinski koriste radioaktivni materijali i jonizujuće zračenje za dijagnozu bolesti ili za lečenje. U industriji, radioaktivni otpad predstavlja istrošeni gromobrani i detektori dima, kao i svi ostali uređaji koji nisu za upotrebu, a sadrže radioaktivne izvore. Radioaktivni otpad nastaje takođe u naučnoistraživačkim institutima, pri izvođenju eksperimenata u kojima se koriste otvoreni ili zatvoreni izvori zračenja.

Izolovanje RAO materijala treba biti ostavljen uz povremenu kontrolu, zbog raspada radionuklida. Period za gubljenje radioaktivnih svojstva, za nisko i srednje RAO iznosi 300 do 500 godina. Dakle, radioaktivnost se smanjuje 1000 puta nakon tog perioda, što je osnovni cilj odlaganja.

Radioaktivni otpad podrazumeva materijale koji nisu predviđeni za dalje korišćenje, a koji sadrže radioaktivne izotope takvih specifičnih aktivnosti koje premašuju granične vrednosti propisane pripadajućom zakonskom regulativom.

Skladištenje otpada se vrši prema nivou aktivnosti tog radioaktivnog otpada. RAO može biti definisan u pet klasa:

- LLW: Low level waste
- ILW: Intermediate level waste
- HLW: High level waste
- SNF: Spent nuclear fuel

¹⁹ IAEA Safety Standards for protecting people and the environment: Classification of Radioactive Waste, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1419_web.pdf, pristupljeno 8. januara 2017.

- TRU: Transuranic waste

Obratićemo po redu pažnju na svako skladištenje posebno, da bi uspeali da primetimo razliku i rezultat.

Nisko radioaktivni otpad je bio definisan kao radioaktivni otpad tako niske aktivnosti da kod rukovanja i prevoza nije potrebna dodatna fizička zaštita od zračenja. LLW nije komplikovan i može se odlagati u betonske kontejnere. Takav kontejner se posle stavlja u betonski bazen, koj se zatvara sa betonskom pločom i na kraju, pokriva se zemljom.

Srednje radioaktivni otpad je imao takvu aktivnost da se paketi s otpadom moraju izolovati dodatnim fizičkim štitom prilikom rukovanja i prevoza, ali radioaktivnost mu nije tolika da bi trebalo osigurati i hlađenje otpada. U ILW uključuje: vezivni elementi, hemijski mulj i kontamirani materijali.

Visoko radioaktivni otpad prvenstveno podrazumeva istrošeno nuklearno gorivo ako se deklarise kao otpad ili otpad slične aktivnosti koji preostaje nakon recikliranja goriva, ali i svaki drugi otpad čija je radioaktivnost tako velika, da razvija znatnu količinu toplote. Širom sveta se povećava količina HLW do 12.000 metričkih tona, što bi moglo da se uporedi sa 100 dvospratnih autobusa. Procenjeno je 2010. godine, da će ogromno količina od 250,000 tona nuklearno goriva biti skladišteno. Tu nisu uračunali količine koje su bile ispuštene u okolinu ili kroz testova.

Postoje kontrovezna pitanja o najboljem načinu odlaganja visokog radioaktivnog otpada, što utiče na globalnu ekspanziju za nuklearnu energiju. Jedna od glavnih rešenja od strane naučnika, smatraju da bi bilo najbolje da se duboko ukopa u zemlju ili u nekom rudniku.

Međutim, skoro šest decenija od kad se komercijalizuje nuklearna energija, nijedna vlada nije uspeala da otvori slično skladište za visok radioaktivni otpad.²⁰

Recikliranje iskorišćenog nuklearnog goriva je ideja koje se već uveliko razvija ali dalje stvara opasni otpad, što svakako nije najbolja solucija za izbegavanje uticaja na okolinu. Takav program je aktivan širom sveta, zato što smanjuje samu količinu otpada.

²⁰ Finska je jedina zemlja koja je započela sličan projekat.

I dalje najznačajnija solucija se smatra, da duboko ukopavanje takvog otpada je najrealnije rešenje. Morisova operacija (the Morrison Operation) je trenutno jedino skladište za visoki radioaktivni otpad u SAD.



Slika 5. – Bazen za privremeno odlaganje istrošenog nuklearnog goriva u nuklearnoj, izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Fuel_pool.jpg, pristupljeno 9. april 2017.

Skladištenje nuklearnog otpada podrazumeva privremeno čuvanje radioaktivnog otpada, pri čemu je osigurana zaštita okoline. Određeni radioaktivni otpad se ne odbacuje odmah, nego se privremeno odlaže, jer se vremenom radioaktivnost smanjuje, pa je transport i rukovanje lakše i sigurnije. Primer za to je istrošeno reaktorsko gorivo kojem se radioaktivnost nakon nekog vremena, posle vađenja, višestruko smanji. Dva su načina privremenog odlaganja visoko radioaktivnog otpada, a to su:

I. Mokro skladištenje

Najrašireniji način privremenog odlaganja je držanje iskorištenih elemenata u bazenu sa vodom, u krugu nuklearne elektrane. Osnovni uslov za ovakav način

skladištenja je, da u svakom trenutku mora biti mesta za ispuštanje, tj. pražnjenje celog reaktora u slučaju vanrednih situacija. Nakon iskorišćenja, u nuklearnom reaktoru deo gorivih elemenata se za vreme remonta elektrane vadi iz jezgra reaktora i odlaže u bazen za istrošeno gorivo. Nakon vađenja iz nuklearnog reaktora, istrošeno gorivo još uvek generiše toplotnu energiju i izuzetno je radioaktivno. Zato je njegovo hlađenje u bazenu jedan od osnovnih tehnoloških zahteva koji se postavljaju unutar postupaka gorivom u nuklearnoj elektrani. Bazen za istrošeno gorivo sastavni je deo tehnološkog sistema. U zavisnosti od konstrukcije elektrane bazen se nalazi unutar, odnosno van zgrade za rukovanje gorivom. Spoljni bazeni imaju veći kapacitet, pa se u njih može smestiti više istrošenih gorivih elemenata.

Borirana voda koja se nalazi u bazenu ima višestruku namjenu, tj. da štiti od intenzivnog zračenja, a zatim i kao sredstvo za hlađenje i kao medij za apsorpciju neutrona iz zaostale fisije. Dubine bazena su uglavnom 12 do 15 metara. Postupak izmene gorivih elemenata mora se odvijati na dubini od 7 metara u cilju sprečavanja jonizujućeg zračenja izvan bazena. Zidovi i dno bazena moraju biti obloženi nehrđajućim čelikom zbog sprečavanja korozije. Sistem za hlađenje i čišćenje bazena mora učinkovito uklanjati toplotu generisanu u istrošenom gorivu, te održati odgovarajuću bistrinu i hemijsku čistoću vode. Istrošeni gorivi elementi koji su u bazenu proveli dovoljno dugo vremena, tj. najmanje 5 godina, mogu se vaditi iz bazena i podvrgnuti drugim postupcima kao što su suvo skladištenje, prerada ili trajno odlaganje.

II. Suvo skladištenje

Gorivi elementi koji su proveli dovoljno dugo vremena (najmanje 5 godina) u bazenima za hlađenje, smeštaju se u „suva“ skladišta. Suvo skladište istrošenog goriva je skladište u kojem je istrošeno gorivo smešteno u gasovitom stanju, npr. inertnom gasu ili vazduhu. Odlaganje je moguće u masivnim kontejnerima, tzv. nezavisnim skladištima (engl. Independent spend fuel storage installation - ISFSI) ili u bunkerima (podzemne ili nadzemne armirano betonske zgrade). U suva skladišta, iskorišteno gorivo se drži u metalnim ili betonskim kontejnerima. Istrošeni gorivi elementi pakuju se u metalne kontejnere, koji se zatim na posebno izrađenim platoima skladište u horizontalnom ili vertikalnom položaju. Prednost ovakvog skladištenja je u tome što je modularnog tipa i vrlo jednostavno.

Odvođenje toplote postiže se prirodnom cirkulacijom inertnog gasa (helija), te i preko zidova posuda. Betonski kontejneri: Ventilisani uskladišteni kovčeg (eng. Ventilated storage cask), razvijen je u svrhu privremenog skladištenja suvog iskorišćenog goriva. Sistem se sastoji od vertikalne betonske posude, metalne posude, tj. sistema višestrukih metalnih košuljica, koja se pohranjuje u centralnu šupljinu vertikalne betonske posude i prenosive metalne posude koja služi za manipulaciju i transport.

3.1.1. Program izgradnje trajnog odlagališta otpada Instituta za nuklearne nauke Vinča

Institut za nuklearne nauke „Vinča“ je osnovan 1948. godine kao naučni centar za istraživanje najsavremenijih tema u oblasti fizike, hemije i biologije. Relativno brzo nakon osnivanja, Institut je dobio namenu realizacije državnog nuklearnog programa. Ovaj program je završen 1968. godine i od tada Institut „Vinča“ proširuje svoj koncept istraživanja. Danas Institut za nuklearne nauke „Vinča“ predstavlja multidisciplinarni naučni institut.

Takođe, Institut „Vinča“ predstavlja lokaciju na kojoj su privremeno smešteni radioaktivni otpadni (RAO) materijali koji nastaju u toku rada istraživačkih reaktora RA i RB, proizvodnji i primeni radioizotopa u medicini, industriji i istraživačkim projektima. Inače, istraživački reaktori RA i RB se nalaze u okviru Instituta. Reaktor RA je fisioni nuklearni reaktor snage 6,5 MV, počeo je sa radom 1959. godine, a 1984. godine je stavljen van pogona zbog rekonstrukcije određenih podsistema. Reaktor RB je fisioni nuklearni reaktor nulte snage. U pogon je pušten 1958. godine i dalje je u funkciji.

Izgradnja trajnog odlagališta radioaktivnog otpada je deo nacionalnog naučnog programa „Nuklearni reaktori i naučni otpad“. Realizacija programa trajnog odlaganja RAO obuhvata:²¹

- izgradnju odlagališta za RAO materijale;
- prevođenje RAO materijala niskog i srednjeg nivoa vezane aktivnosti u imobilisane oblike, solidifikovani RAO monolit, nastao po procesu imobilizacije;
- dopremanje i smeštaj RAO matriksnog monolita na lokaciju trajnog odlagališta;

²¹ Plećaš I., Plećaš M., Pavlović M. Mataušek: Argumenti za formiranje programa nuklearni reaktori i radioaktivni otpad, <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/Public/39/077/39077387.pdf>, pristupljeno 19. aprila 2017.

- stvaranje mogućnosti stalne kontrole tretiranog RAO materijala u okviru sistema odlagališta.

Izbor lokacije, izrada tehničke dokumentacije, izgradnja objekta i puštanje u rad odlagališta spada u nadležnost Javnog preduzeća Nuklearni objekti Srbije. Reč je o jednom od strateških pitanja za državu, pa je donošenje ključnih odluka pod ingerencijama organa vlasti. Nuklearni objekat se može graditi samo na lokaciji za koju je donet prostorni i urbanistički plan, u skladu sa propisima kojima se uređuje planiranje i izgradnja objekata i kojima se uređuje postupak procene uticaja na životnu sredinu. Na predlog Vlade, Narodna skupština RS razmatra opravdanost izgradnje nuklearnog objekta i o svom stavu obaveštava Vladu.²²

U Institutu „Vinča“ postoji odlagalište otpada niske radioaktivnosti u kojem se privremeno odlaže otpad koji nastaje radom industrije, medicinskih ustanova i istraživačkih instituta. Novo skladište za odlaganje radioaktivnog otpada sa područja Srbije je izgrađeno 2011. godine. Prema planu u ovo skladište je trebalo da bude premešten kompletan otpad iz postojećih skladišta kao način da sav radioaktivni otpad bude bezbedno odložen na jednom mestu. U 2015. je planirano da se pusti u rad postrojenje za preradu otpada, a njegov završetak će biti realizovan u naredne tri godine donacijama iz IPA fondova i Međunarodne agencije za atomsku energiju. Ovo je jedno rešenje za bezbedno odlaganje radioaktivnog otpada u narednih nekoliko decenija. Opasan otpad poput istrošenog goriva iz vinčanskog reaktora se transportuje u Rusiju, tačnije na Ural, gde se skladišti u trajnim odlagalištima. Iskorišćeno nuklearno gorivo iz „Vinče“ je 2010. vraćeno u državu porekla, Rusiju. Odlaganje i tretman radioaktivnog otpada u Vinči treba da bude samo „usputna stanica“, odnosno privremeno rešenje.²³ Izgradnja trajnog odlagališta se planira odavno i predstavlja jedan od značajnih projekata nuklearne bezbednosti u našoj sredini.

²² Član 48. Zakona o zaštiti od jonizujućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009 i 93/2012)

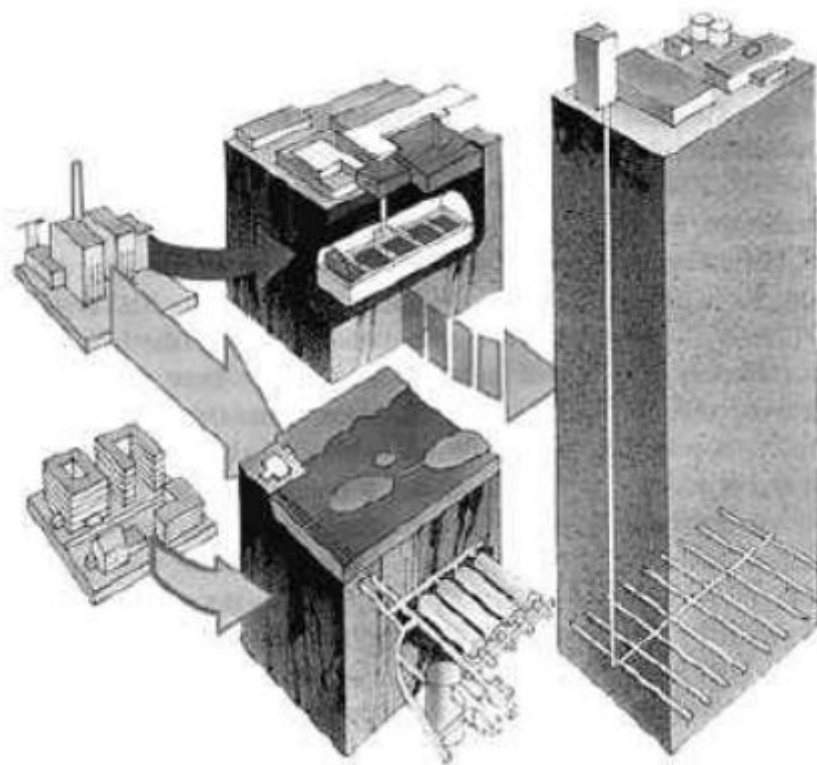
²³ Kako se u Srbiji čuva nuklearni otpad?, http://www.seio.gov.rs/upload/documents/eu_fondovi/nuklearni_otpad.pdf, pristupljeno 19. aprila 2017.

3.2. Duboko odlaganje radioaktivnog otpada

Kako je već objašnjeno u prethodnom poglavlju, odlaganju prethodi mokro skladištenje istrošenih gorivih elemenata radi hlađenja (najmanje 5 godina) koje je najčešće u krugu nuklearne elektrane. Nakon hlađenja sledi suvo skladištenje istrošenog goriva u posebnim kontejnerima, a nakon toga i konačno odlaganje koje se smatra sigurnim i konačnim rešenjem zbrinjavanja radioaktivnog otpada. Pojam „odlaganje“ podrazumeva konačno smeštanje otpada u odlagalište, bez namere da se iz njega ikad vadi i bez nužnog oslanjanja na dugoročno nadgledanje i održavanje odlagališta.

Dubina na kojoj treba graditi odlagališta za duboko geološko odlaganje zavisi od specifičnih karakteristika lokacije, karakteristika projektovanog sistema za odlaganje, prirode otpada i regulatornim zahtevima za dugoročnu sigurnost. Buduća odlagališta radioaktivnog otpada trebaju biti izgrađena na dubinama od 250 do 1500 m, pa i do 5000 m ako se visoko radioaktivni otpad odlaže pomoću bušotina velikog promera. Poželjna geološka svojstva lokacije dubokog geološkog odlagališta uključuju: mehanički stabilne formacije, geohemiju podzemnih voda koje ne ugrožavaju stabilnost paketa sa otpadom i oko njih izgrađenih prepreka, vrlo mali protok podzemnih voda i vrlo dugo vrijeme prenosa podzemnim vodama iz dubina na kojima je otpad odložen prema površini, ako radionuklidi ikada dođu do vode.

Geosfera, osim što usporava migraciju radionuklida asorpcijom, matričnom difuzijom i razređivanjem, dodatno znači i poboljšanu dugoročnu sigurnost budući da štiti sistem od površinskih procesa (glacijacija ili plavljenje) smanjujući ujedno rizik od nenamernog upada ljudi.



Slika 6 – Duboko odlagalište visoko radioaktivnim otpadom, izvor: <http://www.arhivzatehnickenauke.com/files/arhiv4/Obrada%20i%20model%20konacnog%20zbrinjavanja.pdf>, pristupljeno 23. aprila 2017.

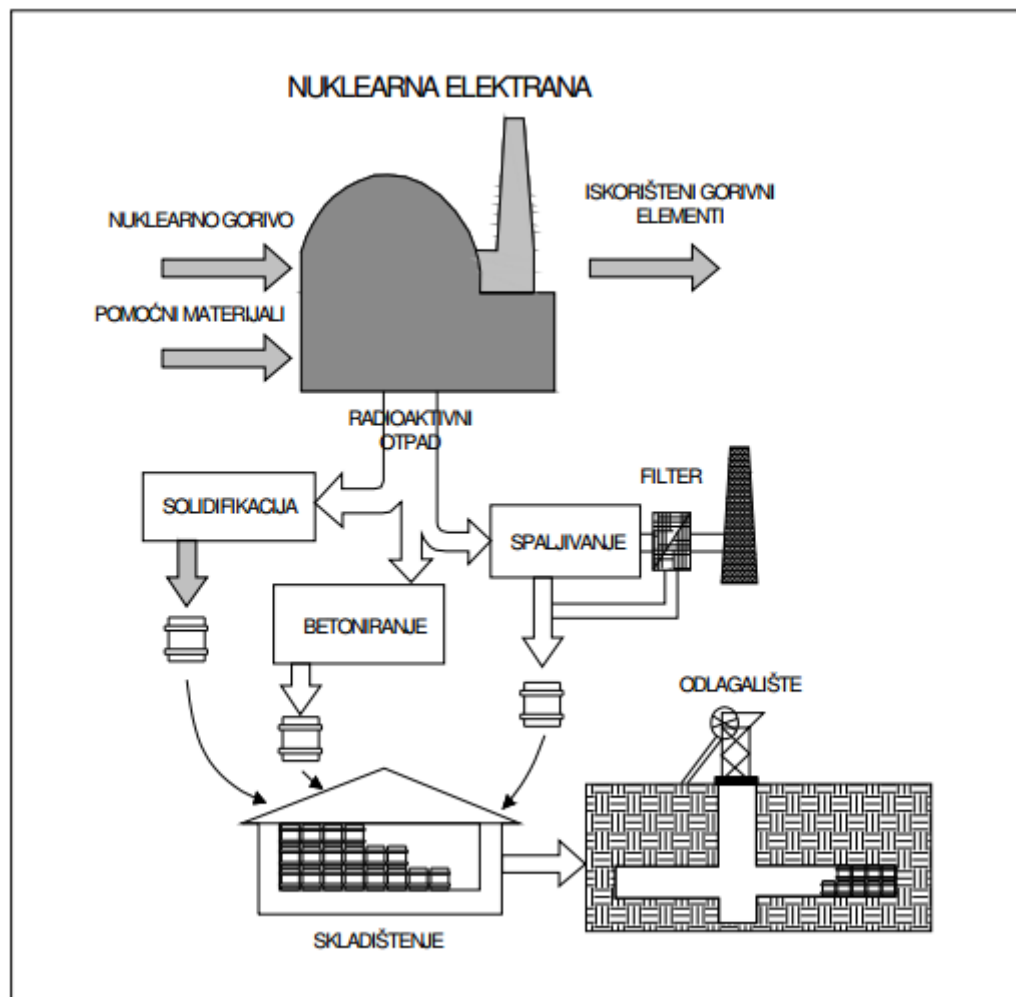
Duboko odlaganje se danas smatra najpogodnijim oblikom zbrinjavanja dugoživećeg radioaktivnog otpada. Nacionalni programi zemalja koje planiraju gradnju dubokih odlagališta skoncentrisani su na izbor pogodne lokacije odlagališta, istraživanja i razvoj načina na koji se demonstrira dugoročna sigurnost odlagališta, te na studije kojima se razmatraju druga ekološka i privredna pitanja gradnje.

U nekoliko je zemalja provedena takva formalna procena sigurnosti i procena uticaja dubokog geološkog odlagališta na okolinu, kao što su Švedska, Finska, Švajcarska i u Kanadi. Duboko odlaganje nije ograničeno samo na visoko radioaktivni otpad iz prerade iskorištenog nuklearnog goriva. Neke zemlje, kao što su Belgija, Francuska, Švedska i Švajcarska nameravaju osim iskorištenog goriva i sav ostali dugotrajni otpad

odložiti u duboka odlagališta, a pripovršinska odlagališta koristiti samo za kratkotrajni otpad.

U Nemačkoj se sve vrste radioaktivnog otpada, dakle i kratkotrajni otpad, odlažu duboko u geološke formacije. Tako se odlagalište u Morslebenu, u napuštenim rudnicima soli, koje radi od 1981. godine, odlaže kratkotrajni, nisko i srednje radioaktivni otpad. Kod dubokih geoloških odlagališta koristi se sistem izgrađenih i prirodnih prepreka kako bi se osigurala dugoročna sigurnost, tako da je takav način odlaganja najpouzdaniji.

Na slici 7, prikazan je tretman koji predhodi konačnom zbrinjavanju radioaktivnog otpada iz nuklearnih elektrana.



Slika 7. – Tretman koji prethodi konačnom zbrinjavanju RAO iz nuklearne elektrane, izvor:<http://www.arhivzatehnickenaue.com/files/arhiv4/Obrada%20i%20model%20konacnog%20zbrinjavanja.pdf>, pristupljeno 24. aprila 2017.

Problem odlaganja visoko radioaktivnog otpada, istrošenog nuklearnog goriva, još je u fazi istraživanja i razvoja i potrebno je u budućnosti definisati sledeće:

- Stabilne geološke formacije
- Otporne materijale za kontejnere
- Tehnologija odlaganja

3.2. Delovanje radioaktivnog zračenja na organizam i okolinu

Iako su jonizujuća zračenja i radioaktivnost otkriveni još krajem prošlog veka, zračenje kao oblik kontaminacije životne sredine počinje naglo da zabrinjava široku svetsku javnost tek posle užasa atomskog bombardovanja Japana 1945. godine. Ovu zabrinutost povećavaju probe novog nuklearnog oružja i ranije gotovo nepoznata pojava radioaktivnih padavina. Široka primena radijacije i radioaktivnosti, korišćenje nuklearne energije i opasni kvarovi u nuklearnim elektranama u novije vreme, pored svih pozitivnih tekovina, alarmantno ukazuju i na ozbiljne ekološke i zdravstvene posledice nastalih kontaminacija.

Nakon korišćenja uranijuma kao goriva u nuklearnim elektranama, nuklearnim reaktorima i laboratorijama ili nakon upotrebljenih radionuklida, dobija se nuklearni otpad, koji dalje emanira radijaciju. Svaka zemlja dužna je da vodi računa o bezopasnom smeštaju takvog otpada, na svojoj teritoriji. Iz otpada se još uvek može preradom dobiti određena količina plutonijuma, koji služi za pravljenje atomske bombe. Nakon svega nuklearni otpad se deponuje, transportuje i odlaze na tzv. „sigurna mesta“. Čitav ovaj proces je opasan zbog mogućih akcidenata i povećane radioaktivnosti.

Radioaktivnost je svojstvo nestabilnih jezgara da se spontano raspadaju i prelaze u stabilna jezgra. Radioaktivni raspad se dešava u jezgrima koja imaju dinamičku nestabilnost, kao posledicu nepovoljnog odnosa protona i neutrona u jezgru. Zbog nestabilnosti, jezgra se raspadaju, prelaze u stabilno stanje, a pri raspadu emituju radioaktivno zračenje. Jezgra koja se raspadaju su radiokativna, a koja se ne raspadaju su stabilna. Postoje četiri vrste radioaktivnog zračenja: *alfa*, *beta*, *gama* i *neutronska*.

- Alfa čestice su kurpne pozitivne naelektrisane čestice
- Beta čestice su sitnije i negativne naelektrisane čestice
- Gama zraci su neutralni elektromagnetni talasi sa vrlo malim talasnim dušinama.

Gama zraci imaju sličnost X-zracima, koji se dobijaju iz rendgen aparata. Značajni su i neutroni, krupne nenaelektrisane elementarne čestice, sastavni delovi atomskih jezgara koji kada su izvan njih postaju radioaktivni. Prema poreklu i izvoru, zračenja mogu biti prirodna i veštačka. Najveći deo ukupnog zračenja koje prima svetsko stanovništvo vodi poreklo od prirodnih izvora. Postoje tri osnovna izvora prirodne ili osnovne radijacije:

- Kosmička radijacija
- Zemaljska ili radijacija iz zemljine kore
- Zračenje iz radioaktivnih izvora koji se nalaze u tkivima živih bića

Veštački izvori radioaktivnog zračenja su nuklearne elektrane, nuklerani otpad, oružje, građevinski materijali, deponije, televizori, sagorevanje goriva, medicinski postupci i oprema. Na primer, jedna terapija tomografijom jednaka je godišnjoj normi prirodnog zračenja, primljenoj istovremeno. Globalnu radioaktivnu kontaminaciju biosfere uzrokovala su brojne nuklearne probe. Počev od 1945. pa do 1963. godine izvršeno je oko 365 nadzemnih nuklearnih proba. Procenjuje se da je u tom periodu **emitovano 217 Mg** fisionog materijala.

Za radioaktivne pojave važe sledeći zakoni:

- I zakon: Ljudska čula ne mogu da otkriju radioaktivnost.
- II zakon: Biološka dejstva zračenja nisu trenutna. Održavaju se na organizmima i promene se uočavaju na ozračenom pojedincu ili se to dejstvo primećuje tek na potomstvu.
- III zakon: Radioaktivnost opada sa vremenom.

U periodu od 1957. do 1985. godine, u četrnaest zemalja desio se 151 nuklearni akcidenta na energetske i eksperimentalnim nuklearnim postrojenjima. Ipak, četiri nuklearna akcidenta izdvajaju se zbog posledica po širu okolinu i radijacionog rizika po

stanovništvo: Vindskejl – Engleska, 1957; Kišinjev – SSSR, 1957; Otok tri milje – SAD, 1979; i Černobil – SSSR, 1986.

3.3.1. Efekti radijacije na životnu sredinu

Živi svet na Zemlji je izložen djestvu radijacija koje emituju prirodni i veštački izvori. Ekologija radijacija obuhvata interakciju zračenja i sredine tokom koje dolazi do promena sredine i zračenja. Energija upadnog zraka se degradira, a u ozračenoj sredini nastaju fizičke, hemijske i biološke promene.²⁴ Za zaštitu životne sredine poseban značaj ima veštačka radioaktivnost. Posledice uticaja antropogenog faktora na životnu sredinu, odnosno pronalaženje načina za minimiziranje ili smanjenje negativnih posledica bi trebalo da ima veću pažnju naučne javnosti i građana. Autor teorije Gee, Džejms Levlok (James Lovelock), opominje da „Nije krha priroda, priroda je izdržala katastrofe gore od onih koje je čovek do sada izazvao. Ništa što činimo neće uništiti prirodu. Međutim, lako nam se može desiti da uništimo sami sebe.“²⁵ Radioaktivno zračenje koje nastaje kao posledica specifičnih ljudskih aktivnosti može biti značajan oblik ugrožavanja životne sredine.

Radijacija ili zračenje predstavlja proces prenošenja energije kroz prostor. Zračenje se generalno može klasifikovati na jonizujuće i nejonizujuće. Jonizujuće zračenje spada u vrstu radioaktivnog zračenja koja imaju dovoljno enegije da jonizuju neke atome u telu. Minimalna energija koja je potrebna za ovo je 10 eV. Jonizujuća zračenja mogu izazvati oštećenja ćelija živih organizama, niz hemijskih i bioloških promena. Radioaktivni materijali su izvori jonizujućeg zračenja. Nejonizujuće zračenje se može objasniti kao deo spektra elektromagnetnog zračenja koje nema dovoljnu energiju fotona da izvrši jonizaciju u biološkom materijalu, manja je od 12,4 eV i obuhvata sledeće vrste zračenja:²⁶

²⁴ Nikčević M., Anđelić T.: „Radioaktivnost i jonizujuća zračenja, detekcija, dozimetrija i zaštita od jonizujućih zračenja“, OSCE, Podgorica, 2011., str. 6.

²⁵ Lovelock J.: Formulation of the Gaia Hypothesis (section 2), Mountain Man Graphics, Web Publication by Australia in the Southern Autumn of 1996, http://www.mountainman.com.au/gaia_jim.html, pristupljeno 20. aprila 2017.

²⁶ „Nejonizujuće zračenje“, <http://www2.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/jnzz/ZastitaNJZ.pdf>, pristupljeno 20. aprila 2017.

- Ultravioletno zračenje (100-400) nm
- Vidljivo zračenje –svetlost (400-780) nm
- Infracrveno zračenje (780 nm –1 mm)
- Radio-frekvencijsko zračenje (10kHz –300 GHz)
- Elektromagnetsko polje niskih frekvencija (0-10) kHz
- Lasersko zračenje
- Ultrazvuk preko 20 kHz

Osnovni oblici nejonizujućeg zračenja su svetlosno zračenje i elektromagnetna polja. Izvori se mogu klasifikovati na prirodne (prirodno zemljino M polje), električni uređaji, automobili, električni vozovi, detektori metala, itd. Mobilni telefoni i kompjuterski sistemi su deo grupe uređaja koji su izvori ove vrste radijacije.

Efekti radijacije su raznovrsni i nisu uvek nužno štetni. Na primer, osim štetnih, postoje i korisni biloški efekti ultravioletnog zračenja, jer ono utiče na stvaranje antitela, proizvodi vitamin D, produbljuje disanje, pospešuje sekreciju hormona, smanjuje koncentraciju glukoze u krvi, povećava izlučivanje mokraćne kiseline. Efekti zračenja na ljudski organizam se dele na somatske i genetske. Somatski su radijacioni efekti koji se pojavljuju na ozračenoj osobi, a u zavisnosti od vremena izloženosti, oni se dalje klasifikuju na akutne i hronične. Hronični efekti mogu da se manifestuju mnogo kasnije, a period dok se efekti ne pojave se naziva latentni period. Genetski efekti predstavljaju radijacione efekte koji nastaju u potomstvu ozračenog osobe.

Radijacioni efekti se takođe mogu klasifikovati na stohastičke i determinističke efekte. Stohastički efekti su dozno nezavisni, odnosno njihova verovatnoća nastanka zavisi od doze zračenja, dok su deterministički oni čija jačina zavisi od doze zračenja. Međunarodna komisija za radiološku zaštitu (International Commission on Radiological Protection - ICRP), rizike od pojave kancera i naslednih bolesti svrstava u stohastičke efekte, a u determinističke oštećenja tkiva/organa i defekte u razvoju.²⁷ ICRP je osnovana

²⁷ International Commission on Radiological Protection: Committee 1 Radiation Effects, http://www.icrp.org/icrp_group.asp?id=7, pristupljeno 24. aprila 2017.

1928. godine i njen rad se zasniva na sprečavanju kancera, oboljenja i drugih efekata nastalih usled izloženosti jonizujućem zračenju, kao i zaštiti životne sredine od posledica zračenja. Osim ljudskih organizama, može se govoriti o efektima radijacije na životnu sredinu. Jedan od ciljeva ove nezavisne i međunarodne agencije je i pronalaženje efikasnih načina za zaštitu životne sredine od potencijalnih hazarda. Ekološki značaj radijacije se može prepoznati kroz vršenje određenog dejstva na jedinke organskih vrsta, njihovih populacija i čitavih ekosistema, a potom i uticaj radiokativnih supstanci koje dospevaju u spoljašnju sredinu.

Izloženost živog sveta dejstvu radijacija, kao i efekti te izloženosti su pitanja o kojima se najviše diskutuje nakon nuklearnih katastrofa, poput one u Černobilu 1986. godine. Ispitivanja radionuklida u mnogim područjima Srbije pokazala je da je posle Černobilske katastrofe nastala kontaminacija pojedinih područja, ali se za sada to ne smatra alarmantnim. Međutim, potrebno je neprekidno praćenje svih radioaktivnih elemenata, tim pre što je moguće da dospeju u biljke koje služe za ishranu ljudi i životinja. Posledice takvih unošenja mogu biti nesagledive ne samo za direktno ozračene već i za potomstvo.

Radioaktivna materija može da proдре u organizam zračenjem da se u njemu akumulira i tako on postaje izvor zračenja. U organizam mogu dospeti radioaktivne čestice putem vode i hrane. Ukupno radioaktivno zračenje koje čovek prima, može da dostigne velike doze, što je opasno po zdravlje. Može se pojaviti akutna bolest kao posledica trenutnog ozračenja organizma od velikih doza.

Zračenje i hronična radijaciona bolest nastaje kao posledica dugotrajnog izlaganja manjim dozama radijacije. Ljudski organizam može biti oštećen putem spoljne radijacije (kada je organizam direktno izložen izvoru radijacije) ili unutrašnjom kontaminacijom (kada se u organizam unesu radioaktivne materije preko vode ili hrane ili disanjem). Potencijalna opasnost od radijacije na telo čoveka iskazana kroz rizik za pojedine dijelove tijela su: koštana srž 12%, površina kostiju 3%, štitna žlezda 3%, dojke 15%, pluća 12%, jajnici i testisi 25%, ostala tkiva 30%.

Radijaciona bolest se različito manifestuje zavisno od jačine primljene doze, načina i izvora radijacije: radijaciona opekotina na koži i rak kože i sluzokože, pogoršava se krvna slika (smanjuje se broj leukocita i trombocita), smanjuje se broj matičnih ćelija u

koštanoj srži koji proizvode eritrocite, pa se javlja leukemija i koštani rak osteosarkom, može se pojaviti замуćenje očnog sočiva (katarakta), smanjuje se kvalitet i kvantitet plućnih ćelija. Ovo su jedne od posledica uticaja radijacije na čoveka:

- Akutna bolest zračenja
- Rak
- Mutacije u organizmu čoveka
- Sterilitet
- Poremećaj centralnog nervnog sistema
- Bolesti imunog Sistema

Akutna bolest zračenja ili akutna radijaciona bolest (ARB) predstavlja reakciju organizma na svako jonizujuće zračenje koja je uzrokovana spoljašnjim ili unutrašnjim ozračivanjima minimalnom smrtnom dozom alfa, beta, gama ili neutronske zračenja. Manifestuje se kao teško patološko stanje celog organizma ljudi ili životinja. Radioaktivnost je strašna zbog toga što, uništava organizam iznutra, a po pravilu čovek čak i ne sumnja da mu se nepovratan proces već odvija u organizmu.

Biološki efekti zračenja nastaju apsorpcijom energije u tkivima, a uzrokovani su jonizacijom tkiva, odnosno ćelija kroz koje prolazi zračenje. Štetno dejstvo je dvojako: jedno se odnosi na direktno ozračen organizam (somatski efekti), a drugo na potomstvo (nasledni ili genetski efekti).

Raspon apsorbovanih doza od (0,5 – 30) Gy je podeljen na 6 podgrupa i za svaku od njih se javljaju određeni poremećaji.

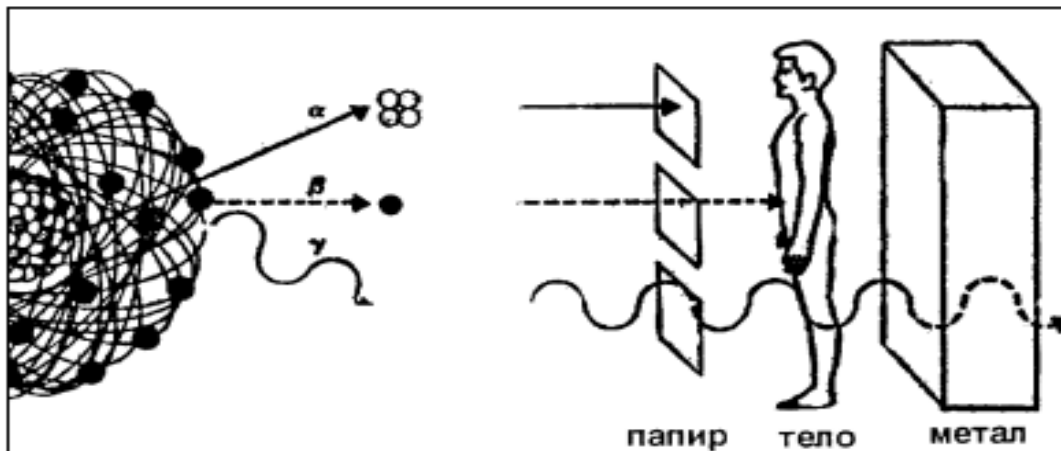
Doza (0,5 – 1) Gy: uzrokuju zanemarljiva akutna oštećenja, gađenje i povraćanje i posledice se osećaju samo prvog dana po izlaganju zračenja. Oboleli će preživeti ovakvo ozračivanje.

Doza (1 - 2) Gy: prodromalni efekti i oštećenja hematopoetskog sistema (čine ga organi u kojima se stvaraju krvne ćelije: koštana srž, timus, limfni čvorovi i slezina) su češći. Žrtve ovakvog izlaganja zračenju će verovatno preživeti.

Doza (2 – 3,5) Gy: prodromalni efekti su veoma izraženi. Kako doza stiže 3,5 Gy, 50% onih koji nisu primili adekvatnu medicinsku pomoć može umreti u toku 60 dana.

Doza (3,5 – 5,5) Gy: simptomi su sve teži, pa ako lečenje izostane, 50-99% mogu umreti, prvenstveno usled teškog oštećenja hematopoetskog sistema, praćenog opštom infekcijom i krvarenjem.

Doza (5,5-7,5) Gy: dolazi do kombinovanog oštećenja hematopoetskog i gastrointestinalnog sistema (sistem organa za varenje). Preživljavanje je skoro nemoguće, osim ako se ne sprovede brza transplantacija kompatibilne koštane srži i ekstenzivan medicinski tretman. Iznad 7,5 Gy: nastupa smrt.



Slika 8. – Probojnost jonizujućeg zračenja, izvor: Veriš, A., Četojević, D., Mijatović, D., Tramošiljka, Lj.: Uticaj radioaktivnog zračenja na ljudski organizam, Međunarodna konferencija Ecological safety in post-modern environment, Banja Luka RS, 26-27 Jun 2009.

- Somatska oštećenja

Somatske ćelije su sve ćelije jednog organizma izuzev ćelija reproduktivnog sistema. Svi somatski efekti, osim katarakte²⁸ su vezani za način nastanka i razvoja karcinoma. Oštećenja somatskih ćelija podrazumevaju organska oštećenja, gubitak funkcija tkiva ili organa i može dovesti do smrti ćelija. Mutacije se takođe mogu javiti u somatskim ćelijama, ali ne mogu biti prenete reprodukcijom, tako da se gube kad ćelija umre.

Organi osetljivi na radioaktivno zračenje:

²⁸ Kod katarakte dolazi do gubitka vode, zgušnjavanja belančevina koje grade vlakna sočiva i pojave zamućenja.

- Koža, oči i hematopoetski sistem²⁹
- Kardiovaskularni sistem
- Digestivni sistem
- Jetra i urinarni sistem
- Koštani sistem i hrskavica
- Endokrini sistem
- Nervni sistem
- Genetska oštećenja
- Fetus

Po vremenu pojavljivanja promena po ozračivanju razlikujemo rane i kasne somatske efekte. Rani efekti se pojavljuju odmah, za kratko vreme po ozračivanju i vezani su za visoke apsorbovane doze. Kasni efekti se mogu pojaviti zbog visokih i nižih doza, ali posle dužeg latentnog vremenskog perioda, koji može biti duži od deset godina. Akumulacija malih doza kroz dugi niz godina izaziva dugoročne posledice.

Prilikom katastrofe u Černobilu kontaminirano 150.000 km² na području Ukrajine, Bjelorusije i Rusije. Zračenju je bilo izloženo najmanje 7 miliona ljudi, od kojih je umrlo između 30 i 60 hiljada. Od bolesti disajnih organa, krvotoka i nervnog sistema obolelo je 70.000 ljudi, a broj obolelih od karcinoma štitne žlezde porastao je 10 puta od 1986.godine, u kontaminiranim zonama.

Deca su posebno osetljiva. Sasvim male doze, ako ih apsorbuje hrskavičavi deo skeleta, može kod njih da uspori ili zaustavi rast skeleta i da dovede do deformiteta. Što je mlađe dete, to je ozbiljniji zastoj u razvoju. Ukupne doze od 10 Gy akumulirane iz dana u dan tokom nekoliko nedelja, dovoljne su da bi uzrokovale neki deformitet. Ozračivanje detetovog mozga tokom radioterapije izaziva promene u karakteru, gubitak pamćenja, i kod sasvim male dece čak i demenciju, odnosno idiotizam. Kod nerođene dece, veoma lako dolazi do oštećenja mozga, ako su njihove majke bile ozračene u periodu između osme i petnaeste nedelje trudnoće. Oko tridesesetoro dece koja su bila ozračena u majčinoj utrobi, kada su bačene atomske bombe na Hirošimu i Nagasaki,

²⁹ Hematopoetski sistem predstavlja skup tkiva i organa, koji učestvuju u stvaranju ćelija krvi, tokom embrionalnog, fetusnog i postnatalnog perioda života.

pretrpelo je takva oštećenja. Embrion, do 40 dana, je veoma osetljiv na zračenje jer se sastoji od ćelija sa velikom mitotskom aktivnošću. Ozračavanje u ovom periodu dovodi do prenatalne smrti.

- Genetska oštećenja

Pod genetskim oštećenjima podrazumeva se oštećenje polnih (genetskih) ćelija. Takva oštećenja se manifestuju u obliku mutacija, pri čemu mogu nastati mutacije gena i mutacije hromozoma. Bez obzira da li su nastale spontano ili su indukovane, genetske mutacije su uglavnom štetne i prenose se na potomstvo. Interesantno je da i najmanje doze zračenja mogu da izazovu mutacije, a učestalost mutacija zavisi od velikog broja faktora, kao što su stadijum deobe ćelija u doba zračenja, tip ćelija, pol, vrsta i jačina zračenja.³⁰ Mutacija gena i mutacija hromozoma mogu da izazovu nasledna oboljenja tokom narednih generacija, ali se to ne mora dogoditi. Za proučavanje ovih efekata poslužile su osobe koje su bile ozračene prilikom eksplozije atomske bombe nad Hirošimom i Nagasakijem. U neposrednom potomstvu ovih ljudi, poremećen je odnos polova, ali je za pojavu izmenjenih osobina, naročito recesivnog karaktera, potrebno da prođe nekoliko generacija. Nakon Černobilske katastrofe kod neke dece koja se rađala su mutirali udovi.

3.3.1.1. Dozvoljene koncentracije zračenja

Iako pri svakoj primljenoj dozi postoji rizik od nastanka somatskih i genetskih promena, određene su vrednosti jačine ekvivalentne doze. Prvobitna merenja ozračivanja se odnose na početak XX veka. Na donošenje odluke o merenju ozračivanja i određivanju doza uticala su saznanja da radjacija utiče na oštećenja ljudskih tkiva. U početku su dozvoljene doze radijacije bile visoke, jer su jedinice za merenje bile nesigurne i vrlo neodređene.³¹ Razvoj savremene dozimetrije je trebalo da uspostavi jasnije i preciznije relacije između fizičkog i biološkog efekta radijacije. Apsorbovana doza se odnosi na

³⁰ Maksimović, S., N.: Dejstvo jonizujućeg zračenja na živu materiju – uticaj na zdravlje ljudi, diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2007., str. 43.

³¹ Bojović, P., Mirić, P., Ilić, R., Ignjatović, S.: "Potreba i značaj merenja zračenja u normalnim i vanrednim uslovima", str.2 u Merenja i instrumentacija u zaštiti od jonizujućeg zračenja, zbornik materijala III jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Banja Luka 23-26 oktobra 1967.

količinu energije zračenja koja se apsorbuje po gramu tkiva, a ekvivalentna doza predstavlja apsorbovanu dozu merenu po snazi različitih zračenja da izazovu oštećenje.

Postoje tri kategorije vrednosti jačine ekvivalentne doze:³²

- za stanovništvo u celini – najviše 1,7 mSv/god.
- za posebne grupe stanovnika – profesionalno se ne izlažu jonizujućim zračenjima, ali borave u blizini izvora jonizujućeg zračenja – 15 mSv/god.
- profesionalno izložena lica – 15 do 50 mSv/god.

Treba naglasiti da nisu svi organi jednako osetljivi na radijaciju, odnosno razlikuju se granične vrednosti. Razlikuju se tri grupe.

grupa	kritični organi	prof. izložena lica	posebne grupe
I	celo telo, gonade, hematopoezni organi	50 mSv/god	5 mSv/god
II	štitna žlezda, jetra, bubrezi, očno sočivo i dr.	150 mSv/god	15 mSv/god
III	koža, kosti, prsti ruku, podlaktica i dr.	300 mSv/god	30 mSv/god

Tabela 1 – Granične vrednosti radijacije kritičnih organa kod profesionalno izloženih lica i stanovnika koji se ne izlažu profesionalno izvorima radijacije, izvor: Elektromagnetska zračenja – jonizujuća zračenja (powerpoint prezentacija), 25. septembar 2012.

Sivert (Sv) je SI izvedena jedinica ekvivalentne doze radijacije. Kao takva je zavisna od bioloških efekata radijacije nasuprot fizičkim aspektima, koje karakteriše apsorbovana doza, a ona se meri u grejima. Jedinica rem je van SI i predstavlja praktičnu jedinicu koja obuhvata dozu i relativnu biološku efikasnost. Odnos rema i siverta se može izraziti na sledeći način: 1 rem = 0,01 Sivert (Sv)

Prema Uputstvu za zaštitu od radiološkog zračenja, godišnje maksimalne doze za profesionalna lica koja su izložena zračenju izražene u jedinici rem su:³³

1. Ekvivalentna doza za celo telo

³² Elektromagnetska zračenja – jonizujuća zračenja (powerpoint prezentacija), 25. septembar 2012.

³³ The University of Iowa – Enviromental Health & Saftety, Radiation Protection Guide: Dose Limits and Assessment, <https://ehs.research.uiowa.edu/31-maximum-permissible-dose-limits>, pristupljeno 25. aprila 2017.

Celo telo, organi krvotoka, reproduktivni organi	5 rem 5,000 mrem
2. Koža celog tela	50 rem 50,000 mrem
3. Ekvivalentna doza za očno sočivo	15 rem 15,000 mrem
4. Ekstremiteta	50 rem 50,000 mrem

U instrumente za zaštitu od zračenja spadaju uređaji za merenje i/ili nadziranje (jačine) ekvivalenta doze ambijenta i/ili neposredne izloženosti različite vrste radijacije. U kontekstu zaštite od zračenja radioaktivnog otpada trebalo bi posebno istaći instrumente za merenje radona i produkata nastalih raspadom radona i instalisane uređaje za nadzor radijacije koji se koriste za detekciju radioaktivnih i specijalnih nuklearnih materijala na međudržavnim granicama.

3.3.2. Rizici izlaganja stanovništva jonizujućem zračenju radioaktivnog otpada

Izlaganje stanovnika jonizujućem zračenju radioaktivnog materijala i otpada je prisutno u medicinskim ustanovama, industriji i ustanovama koje se bave naučno-istraživačkom delatnošću (npr. Institut za nuklearne nauke „Vinča“). Osim toga, stanovništvo može biti izloženo uticaju jonizujućeg zračenja prilikom nuklearnih akcidenata.

Prema članu 3 Zakona o zaštiti od jonizujućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti³⁴ radijacioni rizik predstavlja „ugrožavajući zdravstveni efekat pri izlaganju jonizujućim zračenjima, uzimajući u obzir i verovatnoću takvog izlaganja, bilo koji rizik vezan za sigurnost, uključujući i ekosisteme u životnoj sredini, koji može nastati kao posledica izlaganja jonizujućim zračenjima, prisustvo radioaktivnih materijala, uključujući i radioaktivni otpad, ili njihovo ispuštanje u životnu sredinu, gubitak kontrole nad jezgrom nuklearnog reaktora, nuklearnom lančanom reakcijom, radioaktivnim izvorom ili bilo kojim drugim izvorom jonizujućih zračenja“.

Primarni rizici izloženosti zračenju radioaktivnog otpada su zdravstvenog karaktera. Ozbiljnost zdravstvenih efekata zavisi od inteziteta i vremena izloženosti

³⁴ „Sl. glasnik RS”, br. 36/2009 i 93/2012.

zračenju. Izlaganje visokom nivou zračenja može dovesti do pojave različitih vrsta kancera, genetskih oštećenja, gubitka funkcija tkiva i organa i smrti ljudi. Direktni rizici se manifestuju u vidu somatskih oštećenja, a indirektni se odnose na genetske efekte, tj. posledice na potomstvo. Ako je u pitanju niži nivo radijacije, pouzdano utvrđivanje zdravstvenih posledica zahteva i pridavanje pažnje drugim faktorima rizika koji utiču na zdravstveno stanje stanovnika. Na primer, pušači koji su izloženi određenom nivou radijacije imaju mnogo veće šanse da dobiju kancer pluća od osoba koje su nepušači, a takođe su bile izložene zračenju.

Nebezbedno odlaganje radioaktivnog otpada može uticati na promene geohemijskih procesa u životnoj sredini. Zračenje radioaktivnog otpada se manifestuje kao značajan oblik ugrožavanja životne sredine. Iz otpada se mogu osloboditi radioaktivne materije u atmosferu, hidrosferu i biosferu. Radioaktivne čestice mogu dospeti u organizme putem vode, hrane ili udisanja zagađenog vazduha (raspad radionuklida u vazduhu). Prisutni su i određeni rizici po životnu sredinu i zdravlje ljudi u okviru realizacije koncepta dubokog geološkog skladištenja otpada.

3.4. Mere zaštite od zračenja

U cilju prevencije i minimiziranja rizika od izlaganja izvorima zračenja, uspostavljena su opšta pravila zaštite od zračenja. Ta pravila su:³⁵

- posebno označavanje prostorija i zone rada sa izvorima zračenja;
- postojanje neophodne opreme za rad, vršenje merenja, skladištenja i transporta u skladu sa jasnim i preciznim uputstvima;
- edukacija i obuka profesionalnih lica;
- rastojanje i intezitet trajanja izlaganja zračenju

Veoma važan aspekt mera zaštite jeste zaštita prostora koji predstavljaju zonu rada sa izvorima jonizujućeg zračenja i u kojima nastaje radioaktivni otpad. Planiranje, projektovanje, izgradnja i korišćenja prostorija mora da bude u skladu sa propisima (npr. dimenzije površine, debljina i sastav zidova, projektovanje vodova visokog napona su predviđeni posebnim pravilnicima).

³⁵ Fizički izvori štetnosti, Elektromagnetska zračenja jonizujuća zračenja, powerpoint prezentacija, 25. septembar 2012.

Lične mere zaštite su takođe veoma bitne. Edukacija i obuka su značajni kako za lica koja su usled posla izložena zračenju, tako i celokupno stanovništvo koje može biti u kontaktu sa izvorima zračenja tokom redovnih ili vanrednih uslova.

Profesionalna lica treba da:³⁶

- prate i poštuju pravila i procedure u vezi sa zaštitom od jonizujućeg zračenja koje je postavio poslodavac ili nosilac registracije (ili dozvole);
- pravilno koriste opremu za praćenje doza u radnom okruženju;
- sarađuju sa poslodavcem, nosiocem registracije ili dozvole u vezi sa zaštitom od jonizujućeg zračenja;
- uzdržavaju od radnji koje su u suprotnosti sa zahtevima važećih standarda;
- prihvate dodatne informacije, tj. usavršavanje koje se tice zaštite od jonizujućeg zračenja kako bi posao obavljali u skladu sa pravilnicima.

Vršenje redovne lične dozimetrijske kontrole lica koji se profesionalno izlažu dejstvu jonizujućeg zračenja predstavlja način praćenja stepena ozračenosti. Takođe, oni moraju biti podvrgnuti sistematskim kontrolama kako bi se izbegle posledice izloženosti dozama zračenja koje prelaze dozvoljenu gornju granicu. Najpoznatiji lični dozimetri su termoluminescentni (TLD) i film dozimetar.

Poznati Gajger-Milerov brojač predstavlja uređaj za merenje jonizujućeg zračenja, zasnovan je na jonizacionim efektima. U zavisnosti od vrste Gajger-Milerovog brojača kao gasno – jonizacionog detektora, mogu se detektovati α , β i γ zračenja. Postoje i drugi uređaji za merenje nivoa radijacije.

U okviru Sektora za radijacionu sigurnost Javnog preduzeća „Nuklearni objekti Srbije“ postoje Odeljenje za zaštitu od zračenja i Odeljenje za dozimetriju. Osnovni cilj realizovanja radijacione sigurnosti je zaštita ljudi i životne sredine od štetnih efekata zračenja. Najznačajnije usluge u okviru nadležnosti Sektora za radijacionu sigurnost su:³⁷

³⁶ Basarić B.: „Praktična uputstva za zaštitu od jonizujućeg zračenja prema BSS (Basic Safety Standards) primena u kliničkoj praksi na Institutu za onkologiju Vojvodine u Sremskoj Kamenici“, master rad, Prirodno-matematički fakultet – Departman za fiziku, Novi Sad, 2010., str. 20.

³⁷ Javno preduzeće Nuklearni objekti Srbije: Sektor za radijacionu sigurnost, http://www.nuklearniobjekti.rs/?page_id=53, pristupljeno 28. aprila 2017.

- planiranje, projektovanje, kontrolisanje i preduzimanje mera radijacione sigurnosti na lokaciji, uključujući radijacionu dozimetriju, dekontaminaciju radne i životne sredine;
- sistematsko ispitivanje radioaktivnosti u životnoj sredini na lokaciji nuklearnih objekata;
- merenje interne aktivnosti;
- sprovođenje mera sprečavanja kontaminacije životne sredine, dekontaminaciju radne i životne sredine;
- sistematsko ispitivanje radioaktivnosti u životnoj sredini u okolini nuklearnog objekta;
- vođenje evidencije o izvorima jonizujućih zračenja i o profesionalno izloženim licima.

Sektor za nuklearnu bezbednost je nadležan za poslove bezbednosti, odnosno primena mera bezbednosti nuklearnih objekata, nuklearnog materijala i radioaktivnog otpada, kao i u toku transporta nuklearnog materijala. Efikasno upravljanje radioaktivnim otpadom treba da redukuje, odnosno minimizira neželjene rizike po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Postupak uklanjanja radioaktivnih otpadaka zavisi od stepena radioaktivnosti otpada, njegovog agregatnog stanja i vrste nuklida. Lakše je upravljati radioaktivnim otpadom koji se nalazi u čvrstom stanju nego onim koji je u tečnom ili gasovitom stanju. Razvojem i primenom raznovrsnih mera zaštite teži se sprečavanju štetnih posledica zračenja i uspostavljanju radijacione sigurnosti.

4. Nuklearno oružje

Nuklearno oružje, kao eksplozivni uređaji koji su namenjeni da oslobode nuklearnu energiju u velikoj količini, je korišćeno prevashodno u vojne svrhe. Spada u oružje za masovno uništavanje, koje se odnosi na municiju (rakete, bombe, granate, torpeda) eksplozivnog dejstva, čije je rušilačko dejstvo zasnovano na energiji atomskog jezgra.³⁸ Prva atomska bomba, testirana 16. jula 1945. u Alamogardou, Novi Meksiko, predstavljala je sasvim novi tip eksploziva. Svi eksplozivi pre tog vremena su zasnivali svoju moć na munjevitom paljenju ili eksploziji nekih hemijskih smesa. Ovakvi hemijski procesi oslobađaju energiju samo sa najudaljenijih elektrona u atomu.

Nuklearni eksplozivi, sa druge strane, koriste energetske izvor iz jezgra, ili nukleusa atoma. Atomska bomba crpi svoju moć iz cepanja, ili fisije, svih atomskih nukleona iz nekoliko kg plutonijuma. Sfera veličine bejzbol lopte prouzrokuje eksploziju jednaku eksploziji 20,000 tona TNT-a.

Atomska bomba je razvijena, konstruisana i testirana u Menhetn Projektu, masivnom poduhvatu SAD-a pokrenutog avgusta 1942. tokom II Svetskog Rata. Nekoliko istaknutih američkih naučnika, uključujući fizičare Enrika Fermija i J. Roberta Oppenheimera i hemičara Harolda Ureya, bili su povezani u ovom projektu, kojim je rukovodio inženjer američke armije, tada brigadir general Leslie R. Groves.

Posle rata, Američka Komisija za atomsku energiju postaje odgovorna za nadgledanje svih nuklearnih materija, uključujući istraživanje hidrogenske bombe. U ovakvoj bombi, izvor energije je proces fuzije, u kome se nukleusi izotopa vodonika kombinuju formirajući teža jezgra helijuma. Ova istraživanja oružja rezultirala su proizvodnjom bombe čiji je interval moći srazmeran razornoj moći od kilotone do nekoliko megatona TNT-a. Štaviše, veličina bombe je drastično smanjena, dozvoljavajući razvoj nuklearnih artiljerijskih granata i malih raketa koje mogu biti ispaljene sa pokretnih lansera na zemlji. Mada su nuklearne bombe prvobitno razvijene kao strateško

³⁸Darmati, A. Šimon, Jakovljević, R. Vladimir: Civilna zaštita u SR Jugoslaviji, Studentski trg, Beograd, 1996., str. 137.

oružje koje nose masivni bombarderi, one su danas dostupne u obe varijante – i tehničkoj i strateškoj. Ne samo da mogu biti bačene iz različitih vrsta aviona, nego obične i vođene rakete raznih veličina mogu sada da nose nuklearne bojeve glave, i mogu biti lansirane sa zemlje iz vazduha ili ispod vode. Velike rakete mogu nositi više bojevih glava koje su namenjene različitim ciljevima.



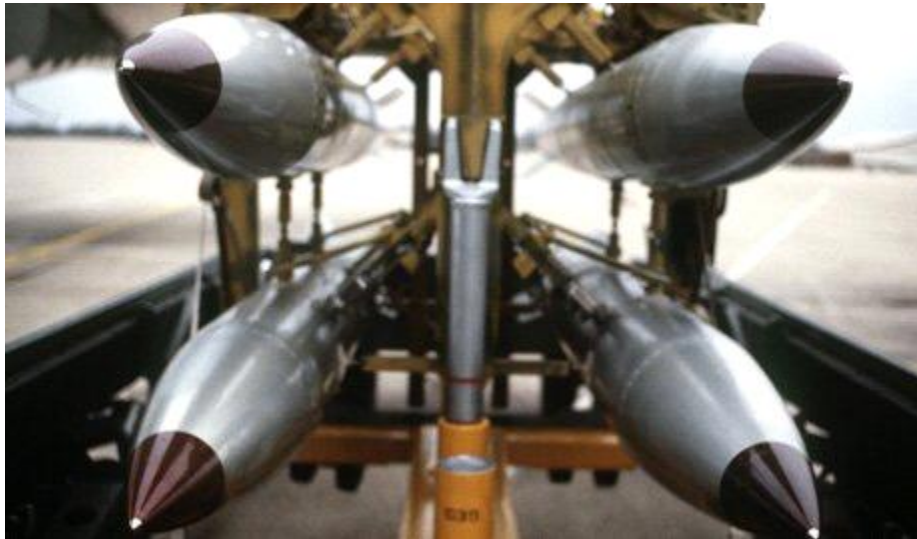
Slika 9 – Nuklearne rakete, izvor: <http://webtribune.rs/madarska-i-bugarska-u-panici-alarm-za-srbiju/#>, pristupljeno 19. aprila 2017.

4.1. Fisiona energija

Važna su dva načina praktičnog oslobađanja energije fisije. U prvom, energija po fisiji je veoma velika. U praksi, fisijom 1kg uranijuma-235, oslobađa se energija od 18.7 miliona KW/h u vidu toplote. Drugi oblik fisionog procesa počinje apsorpcijom jednog neutrona od strane atoma U-235. Fisijom se oslobađaju u proseku 2.5 neutrona po jezgru. Ovako nastali neutroni vrlo brzo prouzrokuju fisiju još dva jezgra, tako oslobađajući još četiri ili više neutrona, koji započinju samoodržive serije fisija, ili lančane reakcije, kojima se nastavlja oslobađanje nuklearne energije.

Uranijum u prirodi sadrži samo 0.7 procenata uranijuma-235. Ostatak je nefisioni uranijum- 238. Masa prirodnog uranijuma, nebitno koliko velika, ne može da podrži

lančane reakcije, jer se samo U-235 lako cepa. Verovatnoća da fisioni neutron početne energije **oko 1 Mev** izazove fisiju je prilično mala, ali se verovatnoća može povećati hiljadama puta, ukoliko se neutron uspori elastičnim sudarima sa lakim jezgrima poput vodonikovog deuterijumovog ili ugljenikovog. Ova činjenica je ključna za praktično dobijanje nuklearne energije u fisionim reaktorima. Decembra 1942 na Univerzitetu u Čikagu italijanski fizičar, Enriko Fermi je uspešno izveo prvu nuklearnu lančanu reakciju. Ona je postignuta preradom grumena prirodnog uranijuma, koji je bio podeljen velikim cevima čistog grafita (forme ugljenika). U Fermijevom „stubu“ ili nuklearnom reaktoru grafitni usporivač ima zadatak da uspori neutrone.



Slika 10 – Nuklearne bombe, izvor: <http://www.newyorker.com/news/news-desk/the-h-bombs-in-turkey>, pristupljeno 23. april 2017.

Nuklearno oružje je najmoćnije i najrazornije oružje koje postoji. Moderno nuklearno oružje, koje može imati snagu od nekoliko miliona tona TNT-a, uopšte ima 8 do 40 puta veću eksplozivnu moć nego „Little Boy“ i „Fat Man“, bombe, koje su opustošile Hirošimu i Nagasaki 1945. Uređaji na slici su nuklearne bombe, koje u povremenim manevrima koriste američke vazdušne snage (USAF).

4.2. Vrste Nuklearnog Oružja

Postoje dva glavna tipa nuklearnog oružja. Prvi je oružje koje proizvodi vlastiti eksploziv samo preko reakcije nuklearne fisije. Ovaj tip je poznat po nazivima **atomska bomba**, **A-bomba** ili **fisijska bomba**. U fisijskim oružjima, masa fisijskog materijala (obogaćeni uranij ili plutonij) se stavlja u superkritičnu masu — količina materijala potrebna da otpočne eksponencijalni rast nuklearne lančane reakcije — bilo sastavljanjem dve potkritične mase ili kompresovanjem kritične mase sa hemijskim eksplozivom. Količina energije koju oslobodi fisijska bomba može da varira od jedne tone TNT-a, pa sve do oko 500.000 tona (500 kilotona) TNT-a. Nuklearno oružje u kojem se koristi plutonij ili obogaćen uranov izotop 235 je prvi put upotrebljeno kada su atomske bombe bačene u avgustu 1945. godine na Hirošimu i Nagasaki. Posledice su bile razorne.

Drugi tip nuklearnog oružja proizvodi ogromne količine energije kroz reakciju nuklearne fuzije, a može biti i preko hiljadu puta moćniji od fisijske bombe. Poznatije su pod nazivom hidrogenske bombe, H-bombe, termonuklearne bombe ili fuzijske bombe.

Nuklearna bomba jedno je od najrazornijih vrsta oružja. Njen rad se bazira na principu nuklearne fisije. Prva je nuklearna bomba izgrađena tokom Drugog svetskog rata kroz tajni projekt Menheten (Manhattan) američke vlade u kojem su učestvovali ponajbolji fizičari tadašnjeg svijeta.

Postoje dva osnovna tipa nuklearnih oružja. Prva su oružja koja proizvode svoju eksplozivnu energiju samo putem reakcija nuklearne fisije. Ona su uobičajeno poznata kao **atomska bomba** ili **A-bomba**.

U fisijskom oružju, masa fisibilnog materijala (obogaćeni uranij ili plutonij) je sklopljena u superkritičnu masu (količina materijala potrebna da započne eksponencijalni rast nuklearne lančane reakcije), bilo izbacivanjem jednog dela subkritičnog materijala prema drugom, ili kompresijom subkritične mase kemijskim eksplozivima, prilikom čega se ubrizgavaju neutroni i reakcija počinje. Glavni izazov u svim konstrukcijama nuklearnog oružja je osiguravanje da se značajan deo goriva iskoristi pre nego što oružje uništi samo sebe. Količina energije koju oslobode fisijske bombe može imati opseg između ekvivalenata manjih od tone TNT-a prema gore, do oko 500 000 tona (500 kilotona) TNT-a.

Termonuklearna bomba je vrsta nuklearnog koje oslobađa veliku količinu energije putem reakcije nuklearne fuzije i može biti više od hiljadu puta jača od fisijske bombe. Poznata je još i kao **H-bomba, hidrogenska bomba i fuzijska bomba**.

Samo se za šest zemalja (Sjedinjene Američke Države, Rusija, Francuska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Kina i Indija) zna da poseduju hidrogensku bombu. Hidrogenske bombe rade koristeći Teller-Ulamov dizajn u kome se detonira fisijska bomba, u posebno napravljenom delu koji je u blizini fuzijskog goriva. Gama i X-zrake koji se oslobađaju tokom fisijske eksplozije sažimaju i greju kapsulu u kojoj se nalaze tricij, deuterij ili litij deuterid (LiD), započinjući fuzijsku reakciju.

Neutroni oslobođeni tokom ove fuzijske reakcije započinju konačnu fisijsku fazu u omotaču koji je od osiromašenog uranija i koji okružuje fuzijsko gorivo, povećavajući značajno konačni učinak. Svaka od ovih komponenti je poznata kao „faza“, sa fisijskom bombom kao „primarnom“ i fuzijskom kapsulom kao „sekundarnom“. Povezujući zajedno brojne faze i povećavajući količinu fuzijskog goriva, termo nuklearno oružje može imati ogromnu snagu. Najveća bomba koja je ikada detonirana je bila *Car bomba* u bivšem SSSR-u, koja je imala snagu od preko 50 milijuna tona (megatona) TNT-a, većina modernog oružja nije ni blizu te jačine.

Tu su i drugi tipovi nuklearnog oružja. Na primer, pojačano fisijsko oružje je fisijska bomba koja povećava svoju eksplozivnu snagu pomoću male količine fuzionih reakcija, ali nije hidrogenska bomba. Neka oružja su dizajnirana za posebne svrhe. Tako je neutronska bomba nuklearno oružje koje daje relativno malu eksploziju, ali sa relativno velikom količinom radijacije. Prema načinu primene nuklearno oružje se klasifikuje na: taktičko nuklearno oružje (projektili male od 0,1 do 10 Kt i srednje snage od 10 do 50 Kt), operativno nuklearno oružje (projektili velike i srednje snage: od 50 do 500 Kt) i strateško nuklearno oružje (termonuklearni projektili i bojeve glave: više od 500 Kt).³⁹ Prema kriterijumu eksplozivne snage projektila mogu se navesti: projektili

³⁹ Cvetković, V.: Upravljanje u vanrednim situacijama izazvanim zloupotrebom oružja za masovno uništavanje, Kriminalističko-policijska akademija, Beograd, 2012. , str. 67.

veoma male snage (mikroprojektili), projektili male snage, projektili srednje snage, projektili velike snage i projektili vrlo velike snage.⁴⁰

Detonacija nuklearnog oružja je praćena eksplozijom neutronske radijacije. Okruživanjem nuklearnog oružja sa prikladnim materijalima (kao što su kobalt ili zlato) stvara se oružje poznato pod imenom posoljena bomba. Ovaj uređaj može proizvesti izuzetno velike količine radioaktivne kontaminiranosti. Većina razlika u dizajniranju nuklearnog oružja je u različitim korisnim učincima nuklearnog oružja za različite vrste namena i u manipulisanju konstrukcijskim elementima u pokušaju stvaranja izrazito malog oružja. Efekti njihovog dejstva na ljude, životnu sredinu i materijalna dobra se mogu svrstati tri grupe: udarno ili mehaničko dejstvo, toplotno zračenje i požari radijaciono dejstvo, koje se klasifikuje na početno i naknadno. Naknadno radijaciono dejstvo je radiološka kontaminacija koja nastaje kao posledica radioaktivnih padavina.

4.3. Zloupotreba nuklearnog oružja u terorističke svrhe

Teroristi svojim delovanjem teže da zastraše javnost i privuku pažnju na svoje ciljeve. Metodi i sredstva kojima se teroristi služe su zastrašujući. Postoje brojne tipologije terorizma kao dinamičnog i složenog društveno-političkog fenomena. Prema kriterijumu sredstava koje teroristi pretežno koriste ili se spremaju da koriste, može se navesti sledeća tipologija terorizma:⁴¹

- Klasični (konvencionalni) terorizam;
- Biohemijski terorizam;
- Nuklearni terorizam.

Nuklearni terorizam predstavlja politički motivisanu aktivnost koja se bazira na upotrebi ili pretnji radioaktivnog materijala. Nekadašnje nuklearne pretnje međunarodnom miru i bezbednosti tokom perioda Hladnog rata su danas zamenjene pretnjama terorista

⁴⁰ Arnold H., Robyn P.: Countering Terrorism: Dimensions of preparedness, Mit Press, Cambridge, 2003., p. 72. u Cvetković, M. V., Mlađović, I.: „Mogućnost zloupotrebe nuklearnog oružja u terorističke svrhe i krivičnopravna zaštita“, Subjekti sistema bezbjednosti u ostvarivanju bezbjednosne funkcije države, VII međunarodni naučni skup „Dani bezbjednosti“, Fakultet za bezbjednost i zaštitu, Banja Luka, 2015., str. 5.

⁴¹ Simeunović D.: Terorizam, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2009., str. 83.

da će upotrebiti nuklearno oružje, koje je pored hemijskog i biološkog oružja spade u grupu oružja za masovno uništenje. Arsenal smrtonosnih materijala, koji predstavljaju dejstveni princip nuklearnog, biološkog i hemijskog oružja je voma bogat i danas dostupan terorističkim snagama, mafijama i krijumčarima oružja širom sveta.⁴²

- Radijacioni materijali: plutonijum, cezijum, kobalt i uranijum 235 koji je i radioaktivni materijal u deponijama šljake nuklearnih elektrana širom sveta;
- Biološki agensi: veliki arsenal smrtonosnih klica: antraksa, kolere, velikih boginja, kuge, žute groznice, botulin toksina i mnogih drugih genetski izmenjenih uzročnika zaraznih bolesti koji se čuvaju u američkim u ruskim laboratorijama;
- Hemijski materijali: kao bojni otrovi poznati još iz Prvog svetskog rata: cijanovodonik, fozgen, iperit svi nadražljivci; hloracitofenon, adaisit i noviji nadražljivci CE –ES, smrtonosna grupa nervno parasističkih bojnih otrova osvojena u toku i posle II svetskog rata: triloni (tabin sarin i soman - Nemačka), BH – otrovi (SAD); velika grupa psihohemijskih otrova i droga koja je imala proveru u ratu u Vijetnamu, a danas su veoma primamljivi krijumčarima i terorističkim organizacijama širom sveta;

Proizvodnja i upotreba nuklearnog oružja predstavlja značajnu opasnost. Severna Koreja je pod sankcijama od 2008. godine zbog razvijanja nuklearnog programa. Polovinom XX veka u Iranu je započet razvoj nuklearnog programa, ali je 1970. ova država potpisala sporazum o neširenju nuklearnog oružja, a od 1992. godine Međunarodna agencija za atomsku energiju sprovodi nadzor nad postrojenjima ove države. Položaj Irana u međunarodnim krugovima je promenljiv, kao i odnos velikih sila prema njemu povodom pitanja nuklearnog naoružanja.

Prisutna je zabrinutost međunarodne zajednice u vezi sa zloupotrebama postojećeg upotrebljivi nuklearni materijal sa visoko obogaćenim uranijumom i plutonijumom, raspoređen na brojnim lokacijama širom 25 država.⁴³ Problem predstavlja i to što su neke od njih slabo obezbeđene. Plutonijum i njegovi izotopi (stroncijum, polonijum, radijum

⁴² Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteranske studije, Tivat, 2011., str. 115-116.

⁴³ Nuclear Threat Initiative: Nuclear terrorism, December 31, 2015, <http://www.nti.org/learn/nuclear/>, pristupljeno 29. aprila 2017.

aktinijum) spadaju u grupu najtoksičnijih i dugoživećih radionukleida. Efekti primene najslabijeg nuklearnog oružja su daleko razorniji od konvencionalnog naoružanja.

Teroristi su takođe skloni primeni alternativama nuklearnog oružja (upotreba radioaktivnih materijala). Štetni efekti nuklearne eksplozije od 1 Kt bi bili razorni. Unutar kruga 1 (200 metara poluprečnik), smrtnost ljudi koji su direktno izloženi zračenju je 100 %; unutar kruga 2 (800 m poluprečnik) smrtnost ljudi koji su direktno izloženi eksploziji je takođe 100 %; unutar kruga 3 (1 km poluprečnik) smrtnost ljudi koji su direktno izloženi zračenju je 100 %; unutar kruga 4 (2 km poluprečnik) svi izloženi ljudi će zadobiti neposredne povrede.⁴⁴

Dodatnu opasnost od mogućeg izvođenja nuklearnih terorističkih napada predstavlja činjenica da teroristi ne moraju nužno da koriste nuklearno oružje. Teroristi mogu da nabave nuklearni materijal na crnom tržištu, kao i da vrbuju stručna lica koja bi im napravila nuklearnu eksplozivnu napravu. Nuklearni teroristički napad se može izvesti i korišćenjem konvencionalne eksplozivne naprave oko koje se „napakuje“ radioaktivni materijal koji se eksplozijom naprave raspršuje u sredinu. Pošto improvizovana nuklearna bomba može da se napravi od visoko obogaćenog uranijuma ili plutonijuma, teroristi ne moraju da nabavljaju nuklearno oružje. Nuklearni terorizam obuhvata i napade na postojeća nuklearna postrojenja i primenu tzv. prljave bombe, koja se odnosi na klasičnu eksploziju kojom se radioaktivni materijal raspršuje u okolinu. Od decembra 2015. Međunarodna agencija za atomsku energiju je registrovala 2889 incidenata u vezi sa gubicima, krađom i pokušajima ilegalne prodaje fisionih materijala preko međunarodnih granica.⁴⁵ U Nemačkoj je u toku 1993-94. godine otkriveno više od 300 slučajeva krijumčarenja radioaktivnih materijala. Krijumčari radioaktivnog materijala su takođe

⁴⁴ Cvetković M. V., Mladović I.: „Mogućnost zloupotrebe nuklearnog oružja u terorističke svrhe i krivičnopravna zaštita“, Subjekti sistema bezbjednosti u ostvarivanju bezbjednosne funkcije države, VII međunarodni naučni skup „Dani bezbjednosti“, Fakultet za bezbjednost i zaštitu, Banja Luka, 2015., str. 4.

⁴⁵ Latortue Jean-Bernard: Nuclear Weapons and Terrorism: A Dangerous Mix, The International Affairs Review, Setember 30th, 2016.

otkriveni u Italiji i Makedoniji gde je identifikovana nedozvoljena trgovina uranijuma.⁴⁶ Postoje tri načina da teroristi nabave radioaktivni materijal:⁴⁷

- legalnom kupovinom od korumpiranih zvaničnika;
- nasiljem na objekte sa radioaktivnim materijalom (nuklearni otpadi, nuklearni reaktori i nuklearne elektrane), koji nisu dovoljno obezbeđeni;
- direktnom (naturalnom) razmenom opojnih droga i radiološkog materijala unutar mafija i krijumčara ovih materijala;

Pojava nuklearnog materijala na crnom tržištu zahteva veći stepen fizičko-tehničke zaštite nuklearnih postrojenja, kao i mogućnost provere i kontrole zaposlenih lica. Nuklearne elektrane treba da imaju razvijene bezbednosne sisteme, a primena mera bezbednosti obuhvata dve faze: u prvoj se izvode mere prevencije ulaska vozila ili vozila bombe, a u drugoj se sprovode akcije protiv upada velikih terorista, koristeći sofisticirana oružja.⁴⁸ Iako se odaje utisak da je nuklearni materijal na neki način lako nabaviti, njegovo pretvaranje u oružje je komplikovano. Teroristima je potrebna značajna logistička podrška za ostvarenje tog cilja.

Mnoge kriminalne i terorističke grupe su pokazale zainteresovanost za posedovanje nuklearnog arsenala. Među njima se mogu navesti pakistanski Talibani (Tehreek-e-Taliban (TTP)), Jamiat-ul-Ulema, Harkat-ul-Jehad-al-Islami (HUJI), Al Badr, Harkat-ul-Mujahideen, Bait Ullah Mehsud Group, Lashkar-e-Islam, Lashkar-e-Jhangvi (LeJ), Sipah-e-Sahaba Pakistan (SSP), Sipah-e-Muhammad Pakistan (SMP) and Tehreek-e-Jaferia Pakistan (TJP). Spremnost da iskoriste nedovoljno obezbeđeno nuklearno oružje na području Pakistana pokazuju mnoge ilegalne grupacije. Al Kaida koja je svojom pojavom i delovanjem donela određene novine u svet terorizma, je bila prva teroristička organizacija koja je bila u stanju da izazove nuklearni rat ili rat većih razmera.⁴⁹ Osama bin Laden je u intervjuu magazinu Time 1998. godine istakao da je nabavka oružja za masovno uništenje verska dužnost svih muslimana... “Iste godine, Bin Laden je izdao

⁴⁶ Biočanin, R., Amidžić, B.: Nuklearni udesi i zaštita, Zbornik radova 49. Konferencije za ETRAN, Budva, 5-10. juna 2005, tom IV, str. 83-84.

⁴⁷ Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteranske studije, Tivat, 2011., str. 133

⁴⁸ Isto, str. 134.

⁴⁹ Simeunović, D.: Terorizam, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2009, str. 219.

proglas: „Nuklearna bomba islama“, objašnjavajući da je dužnost muslimana da pripremi onoliko snage koliko je potrebno da vrši terror nad neprijateljima Boga.⁵⁰ Poznata teroristička organizacija Islamska država (Islamic State of Iraq and the Levant) se takođe dovodi u vezu sa opasnošću od potencijalnih nuklearnih terorističkih napada. Salah Abdeslam, terorista Islamske države koji je učestvovao u napadu na Pariz 13. novembra 2015., je u svom stanu imao dokumentaciju o jednom istraživačkom nuklearnom centru u Nemačkoj. Ovaj detalj istrage koja je sprovedena nakon terorističkog akta je izazvao zabrinutost mnogih država. Zapravo, u mnogim državama zapadne civilizacije na čelu sa SAD-om vlada uvrenje da nije pitanje da li će se, nego kada će se dogoditi teroristički napad hemijskim, radiološkim, pa čak i nuklearnim oružjem.⁵¹

Džejmi Šej (Jamie Shea), zamenik pomoćnika generalnog sekretara za bezbednost u NATO je upozorio u aprilu 2016. godine da postoji „opravdana zabrinutost“ da džihadisti pokušavaju da dobiju hemijsko, biološko, radiološko i nuklearno oružje i da razviju nove metode za kojima bi se suprotstavili merama bezbednosti.⁵² Posebnu pažnju je izazvala mogućnost da teroristička ćelija Islamske države u Evropi napravi „prljavu bombu“ kojom bi izvela napad. Razorni efekti primene nuklearnog oružja zahtevaju dodatan oprez i angažovanje nadležnih organa u cilju sprečavanja ostvarivanja terorističkih pretnji.

⁵⁰ Wrath of God: „Osama bin Laden Lashes Out Against the West“, Time, January 11, 1999, <http://content.time.com/time/world/article/0,8599,2054517,00.html>; and U.S. Department of State, "Fact Sheet: The Charges against International Terrorist Usama Bin Laden", Released by the Bureau of South Asian Affairs U.S. Department of State, Washington, DC, January 20, 2001, http://1997-2001.state.gov/www/regions/sa/bin_laden_charges.html u Rezaei F.: Shopping for Armageddon: Islamist Groups and Nuclear Terror, Middle East Policy Council, <http://www.mepc.org/journal/shopping-armageddon-islamist-groups-and-nuclear-terror>, 30. april 2017.

⁵¹ Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteranske studije, Tivat, 2011., str. 117

⁵² Whitehead T.: „NATO Raises „Justified Concern“ That ISIL Is Plotting Nuclear Attack On Britain“, The Telegraph, April 19, 2016 www.telegraph.co.uk/news/2016/04/19/nato-raises-justified-concern-that-...; and Rachel Middleton, „Fears Brussels Cell Was Plotting Radioactive Attack after 11 Nuclear Workers' Access Passes Revoked“, International Business Times, March 25, 2016, <http://www.ibtimes.co.uk/fears-brussels-cell-plotting-radioactive-attack-after-11-nuclear-workers-have-access-passes-revoked-1551536>, pristupljeno 2. maja 2017.

5. Posledice upotrebe nuklearnog, hemijskog i drugog oružja po životnu sredinu

5.1. Posledice potencijalnog nuklearnog terorističkog napada

Jedna od značajnih savremenih bezbednosnih pretnji jeste nuklearni terorizam. Ristanović zaključuje da u vremenu u kome živimo terorizam predstavlja opštu opasnost, globalnu pretnju, jedan od najvećih bebednosnih rizika bez obzira da li je reč o tradicionalnom ili postmodernom tj. superterorizmu koji podrazumeva primenu oružja za masovno uništenje (OMU) – biološkog, hemijskog, nuklearnog, radiološkog uz dodatak sajberterorizma.⁵³ Posledice primene nuklearnih eksplozivnih naprava, tzv. prljavih bombi i napada na nuklearna postrojenja imaju razorno dejstvo po život i zdravlje ljudi i životnu sredinu. Ako bi se nuklearne terorističke pretnje obistinile, nastala bi značajna šteta po stanovništvo i životnu sredinu. Kratkotrajni efekti primene nuklearnog oružja (gubici ljudskih života, materijalna razaranja) su praćeni dugoročnim posledicama, koje se odnose na narušavanje zdravlja ljudi, ugrožavanje životne sredine i poremećaje u funkcionisanju objekata krtične infrastrukture (prekid u snabdevanju vodom, električnom strujom, rada telekomunikacione infrastrukture, itd.)

Veličina štete zavisi od vrste terorističkog nuklearnog napada. Date su procene u vezi sa mogućim scenarijama nuklearno-radijacionih (N/R) terorističkih akcija, tačnije analizirani su potencijalni teroristički napadi radijacionim materijalom na velike stambene zgrade, sisteme za vodosnabdevanje, avion ili luku, odnosno brod na koji se unosi demontiran nuklearni uređaj čijim podešavanjem i aktivacijom može nastati direktan eksplozivni efekat. Na primer, eksplozija bombe od 1 Mt⁵⁴ može da iskopa krater koji je prečnika 400 m i dubine 100 m. Toplota, vazdušni udar i prodorna zračenja bi uništile sve u prečniku od 3 km. Unutar 30 km² oko nulte tačke, tj. mesta gde je ili iznad koga je nastala eksplozija, vazdušni pritisak je znatno povećan zbog eksplozije, bar

⁵³ Ristanović, E.: „Medicinski i bezbednosni izazovi 21. veka – Bioterrorizam“, ABC časopis urgentne medicine, vol. XVI, godina 2016, broj1, (8-19), str. 9.

⁵⁴ Megatona (Mt) odgovara energiji koja bi se oslobodila eksplozijom milion tona klasičnog eksploziva trinitrotoluola (TNT).

1 kg/cm² iznad normale. Temperature iznose hiljadu i više stepeni, a doze zračenja hiljade greja. Većina objekata su najpre pretvoreni u prah, a zatim istopljeni ili evaporizovani, a bilo koja forma života se svodi na dim i pepeo, ili naprosto iščezava...⁵⁵ Posledice nuklearnog napada su razorne, stvaraju pustoš.

Primer hipotetičkog napada na nuklearnu elektranu snage 1000 megavata u blizini Štutgarta u Nemačkoj, pokazuje da bi posle mesec dana, pod pretpostavkom da duva jugoistočni vetar 24 km/h, oblast sa povšenim radijacijama (doze od 0,1 Gy godišnje) bi obuhvatala Frankfurt, Esen, Amsterdam, Rotterdam i Veliku Britaniju.⁵⁶ Posle godinu dana od izvođenja napada radioaktivna oblast bi još uvek pokrivala značajan deo Nemačke i Holandije.

Potencijalne ekološke posledice se odnose na nastanak sledećih ekoloških problema:

- „požarna oluja“ – nuklearni požari (požari širokih razmera koja kao oluja mogu zahvatiti šume (uništavan šumskog pokrivača), ali i naseljena područja - urbane centre);
- emitovanje ogromnih koncentracija čađu u atmosferu (nakon požara koji zahvati milion kvadratnih kilometara šume u atmosferi će biti oko 4 milijarde tona čađi);
- pojave „nuklearna noć i zima“;
- temperaturne razlike iznad kopna i okeana;
- uginuće određenih biljnih i životinjskih vrsta i promena životnih uslova za postojeće organizme usled radijacije i drugačijih klimatskih uslova.

Procene pojave mogućih ekoloških posledica i narušavanja ekološke bezbednosti od inteziteta terorističkog delovanja i snage nuklearnog oružja koje bi primenili. Pojmovi nuklearna noć i zima su nastali u okviru konteksta proučavanja mogućih posledica nuklearnog rata. Upotrebom 400 do 500 hiljada nuklearnih bombi sličnih onoj koja je u II svetskom ratu bačena na Hirošimu nastale bi značajne požarne oluje koje bi dovele do veoma visokih koncentracija čađi u atmosferi. Ove koncentracije bi se u atmosferi zadržale više od godinu dana što bi uticalo na temperaturne razlike i druge promene

⁵⁵ Draganić, I., Draganić, Z., Adolf, R.: „Radijacija i radioaktivnost na Zemlji i u Vasioni“, Dečje novine, Gornji Milanovac, 1991., str. 306. u Đarmati, A. Š., Jakovljević, R. V.: Civilna zaštita u SR Jugoslaviji, Studentski trg, Beograd, 1996., str. 140.

⁵⁶ Isto, str. 306.

klimatskih faktora. Zbog smanjenja uobičajenih doza sunčeve energije, promenila bi se temperatura. Postepeno hlađenje se manifestuje kao karakteristika nuklearne zime. Takođe, postoji mogućnost da se radikalne promene manifestuju u vidu prelaska iz nuklearne zime u nuklearno leto.

Čađ se sastoji od elementarnog ugljenika koji moćno apsorbuje sunčevo zračenje, a zbog male težine se slabo taloži. Dospevši u gornje slojeve troposfere i u stratosferu, čađ ih zagreva i usled toga dolazi do isparavanja okolnih oblaka i samim tim do smanjenja padavina.⁵⁷ Smanjenje padavina utiče na pojavu suše, koja nepovoljno utiče na živi svet. Nedovoljno vodnih resursa za gajenje biljnih useva, kao i njihova neotpornost na radijaciju ima negativan uticaj na zadovoljenje potreba za hranom.

Uništavanje šumskog pokrivača je jedna od realnih i ozbiljnih posledica nuklearnih eksplozija i požara koje utiče na pojavu progresivne degradacije i erozije tla. Nestanak vegetacionog pokrivača je takođe negativan za regulaciju promena temperature i vlažnosti, ali i povećava brzinu duvanja vetra.

Nakon eksplozije nastaje radioaktivna prašina koja pada na zemlju. Ta prašina se naziva radioaktivne padavine. One se mešaju sa prirodnim materijama. Mogu se akumulirati u vazduhu, zemljištu i vodi. Posebna opasnost nastaje kada se radioaktivne supstance uključe u kruženje materija u ekosistemu, u biogeochemijski cikluse. S obzirom da se radioaktivne čestice brzo raspršuju, mogu dospeti i u organizme, a potom dalje prenositi lancima ishrane. Npr., radioaktivni materijali dospevaju u vazduh, potom se talože na tlo, potom dospevaju u rastinje i plodove, koji su hrana životinjama. Čovek je poslednje biće u ovom lancu ishrane do koga dolaze radioaktivni materijali ispušteni u životnu sredinu.

Oblasti koje primaju kontaminirane padavine će postati žarišta sa većim intenzitetom zračenja od svoje okoline. Rasipanje radioaktivnih čestica je pod uticajem lokalnih meteoroloških uslova, npr. kiša, brzina i pravac duvanja vetra, ruža vetrova, itd. U vodu kao značajan ekološki resurs opstanka svih živih bića mogu dospeti različite koncentracije radioaktivnih supstanci. Prisustvo radona (Rn) kao jednog od radionuklida

⁵⁷ Đarmati, A. Šimon, Jakovljević, R. Vladimir: Civilna zaštita u SR Jugoslaviji, Studentski trg, Beograd, 1996., str. 142.

utiču na pojavu kancerogenih oboljenja. Ako se voda koristi za piće odmah na izvoru, bez prethodnog pročišćavanja, stajanja ili tehničke obrade dolazi se do kontakta sa veoma velikim koncentracijama radona i njegovih kratkoživećih potomaka.⁵⁸

Radioaktivne materije štetno utiču na sastav zemljišta, vode i vazduha. Takođe, štetno deluju na sve žive organizme i uopšte ekosistem kao integralnu zajednicu životne zajednice i prostora koji ona naseljava. Poseban problem predstavljaju odloženi efekti radioaktivnog otpada na životnu sredinu. Treba naglasiti da postoje razlike u vremenima poluraspada i tipovima radioaktivnog raspada. Različite karakteristike radionuklida, kao i njihove različite koncentracije utiču na pojavu drugačijih efekata po životnu sredinu, koja obuhvata biotičku i abiotičku komponentu, odnosno predstavlja sveukupno okruženje.

Nuklearne pretnje velikih sila tokom Hladnog rata su danas zamenjene pretnjama terorista u vezi sa izvođenjem nuklearnih napada. Na inteziviranje straha od potencijalnih nuklearnih terorističkih akata utiču i saznanja o krijumčarenju, tj. trgovini nuklearnim materijalom na crnom tržištu. Zloupotrebe nuklearnog oružja i nuklearnih materijala neophodnih za pravljenje nuklearnih eksplozivnih napada mogu imati razorne efekte po život i zdravlje ljudi i životnu sredinu.

5.2. Napad hemijskim oružjem kao oružjem za masovnu destrukciju u Siriji u aprilu 2017.

Kompleksna vojno-politička situacija u Siriji je dodatno otežana izvođenjem napada hemijskim oružjem 4. aprila 2017. u provinciji Idlib na severozapadu Sirije. U napadu je nastradalo 89 ljudi, među kojima je i značajan broj dece. Preliminarna istraga je pokazala da je korišćen nervni gas sarin. Zapravo, Međuvladina Organizacija za zabranu hemijskog oružja (OPCW) sa sedištem u Hagu je izdala saopštenje prema kojem se navodi da je u napadu u Siriji početkom aprila upotrebljen zabranjeni bojevi otrov - gas sarin ili slična supstanca.⁵⁹ Analiza uzoraka životne sredine je otkrila prisustvo sarina, dizopropil metilfosfonata i heksamina. U julu 2012. sirijske vlasti su potvrdile da država

⁵⁸ Galan Lopez M., Martin Sanchez A., Gomez Escobar V.; „Application of ultra-low level liquid scintillation to the determination of ²²²Rn in groundwater“, J. Radioanal Nucl Chem, 2004.

⁵⁹ „Neporecivi rezultati“ U sirijskom napadu korišćen gas sarin, kaže međunarodna organizacija, Blic, 19.04. 2017., <http://www.blic.rs/vesti/svet/neporecivi-rezultati-u-sirijskom-napadu-koriscen-gas-sarin-kaze-medunarodna/dc9cbc2>, pristupljeno 5. maja 2017.

poseduje hemijsko oružje. Prema procenama obaveštajne zajednice Sjedinjenih Američkih Država, u Siriji postoje zalihe hemijskog oružja koje obuhvataju sumporni senf (mustard gas), blister agense i nervne agense kao što su sarin i VX.⁶⁰ Postoje određeni kapaciteti za primenu ovog oružja putem vazdušnih bombi, balističkih i artiljerijskih raketa. Inače, hemijsko oružje već korišćeno u novim ratovima na području Iraka, Irana, Palestine, itd.

Prema Konvenciji o zabrani razvoja, proizvodnje, skladištenja i upotrebe hemijskog oružja i o njegovom uništavanju, hemijsko oružje obuhvata:⁶¹

- a) toksične hemijske supstance i njihove prekursore, osim za one namene koje nisu zabranjene Konvencijom;
- b) municiju i sredstva posebno konstruisanu da izazovu smrt ili neko drugo oštećenje toksičnim svojstvima onih toksičnih hemijskih supstanci navedenih u tački a), koja se ispuštaju kao rezultat upotrebe takve municije i sredstava;
- v) svu opremu posebno konstruisanu za upotrebu direktno vezanu za korišćenje municije i sredstava navedenih u tački pod b).

Nervni gas koji je korišćen u ovom napadu je klasifikovan kao oružje za masovno uništenje. Nastao je 1938. godine i imao je ulogu pesticida. Danas se pod njim podrazumeva nervni bojni otrov koji može uzrokovati smrt, privremenu nesposobnost, oštećenja na biljkama i životinjama. Najviše je nestabilan od nervnih agenasa, može da lako i brzo ispari iz tečnosti u paru i širi u okolinu. Prvobitni simptomi koje osećaju žrtve napada gasom sarinom su curenje nosa, stiskanje u grudima, teškoće sa disanjem i gubljenje kontrole nad telesnim funkcijama. Smrtni ishod može da nastupi već jedan minut nakon kontakta sa gasom, ukoliko se unese količina od 0,01 miligrama po kilogramu telesne mase. Trebalo bi spomenuti i psihološke efekte koje mogu nastati usled primena hemijskih sredstava, a koje mogu doživeti i osobe koje nisu istim kontaminirane. Reč je o strahu, panici, defetizmu, pa i padu morala napadnutog dela naroda.

⁶⁰ Arms Control Association: „Timeline of Syrian Chemical Weapons Activity, 2012-2017“, <https://www.armscontrol.org/factsheets/Timeline-of-Syrian-Chemical-Weapons-Activity>, pristupljeno 5. maja 2017.

⁶¹ Član 2 Zakona o potvrđivanju Konvencije o zabrani razvoja, proizvodnje, skladištenja i upotrebe hemijskog oružja i o njegovom uništavanju („Sl. list SRJ - Međunarodni ugovori“, br. 2/00)

U sirijskom hemijskom napadu je bilo povređeno više od pet stotina osoba. Neki od simptoma koji su osetili su: crvenilo očiju, stvaranje pene iz usta, bleđa koža lica i usana, gušenje i problem u funkcionisanju disajnih organa. Žrtve su doživele teže i lakše povrede, mnogi su bili hospitalizovani. Slike povređene dece su obišle svet. Osim zdravstvenih posledica korišćenja hemijskog oružja prisutne su i posledice po životnu sredinu, ekonomsko-društvenu i političko-bezbednosnu stabilnost.

Kan Šejkoun (Khan Sheikhoun), mesto u provinciji Idlib, u kojem je izvršen napad se nalazi pod opsadom pobunjenika. Njima su suprotstavljeni bronirani akteri na sirijskom frontu. Utvrđivanje odgovornosti za posledice ovog brutalnog događaja su izazvale polemiku u međunarodnoj javnosti. Savet za nacionalnu bezbednost Ujedinjenih nacija je sazvao hitnu sednicu povodom ovog napada. Prvobitno su sirijske vlasti optužene za odgovornost upotrebe hemijskog oružja, jer su bombardujući položaje pobunjenika, bombardovale i objekte u kojima se nalazilo hemijsko oružje. Ubrzo su reagovale i Sjedinjene Američke Države tako što su bombardovale sirijsku vazdušnu bazu 6. aprila 2017. Sirijski predsednik Asad je demantovao odgovornost Sirije i osudio uticaj SAD u ovom događaju, ističući ulogu propagandnog delovanja u vezi sa stvarnim posledicama.

Složeni i dinamični spoljnopolitički odnosi ne mogu biti opravdanje za ovakve incidente u kojima su nastradale i povređene mnoge osobe. Primena hemijskog oružja je nelegalna i nelegitimna, predstavlja opasnost po život i zdravlje ljudi. Prema jednoj analizi, osnovni razlog za korišćenje hemijskog, radiološkog i biološkog oružja u vojne svrhe ne mora da bude izazivanje žrtava. Ovo oružje se primenjuje i u sledeće svrhe: onesposobljavanje terena; smanjenja borbene efektivnosti neprijatelja time što zahteva da jedinice nose zaštitnu opremu; smanjenja operativnosti objekata i opreme, izazivanje terora i psihološke iscrpljenosti; isterivanja neprijateljskih trupa iz utvrđenja, onesposobljavanje i uništavanje useva...⁶² Zloupotrebe od korišćenja postojećih zaliha različitih vrsta hemijskog oružja su realnost, a međunarodna zajednica treba da bude efikasnija u pronalaženju pogodnijih načina za rešavanje ovog značajnog problema.

⁶² Zanders J. P.: „Assessing the Risks of Chemical and Biological Weapons of Proliferation to Terrorists”, The Nonproliferation Review 6 (Fall 1999), pp 17-34 u Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radikalna dimenzija bezbednosti, Fakultet za mediteransko studije, Tivat, 2011., str. 119.

5.3. Teroristički napad u Tokiju - napad gasom sarinom

U Tokiju se 20. marta 1995. godine dogodio teroristički napad gasom sarinom. Odgovornost je preuzela verska sekta Aum Šinrikjo (Aum Shinrikyo). U pitanju je eshatološka sekta na čelu sa Šoko Asaharom. Njeno delovanje je bilo usmereno ka političkim ciljevima, jer su težili da svojim napadima izazovu kaos u celoj državi nakon čega bi došlo do obaranja japanske vlade i osvajanja vlasti, prvenstveno u Japanu, a potom i šire. Skoro 200 članova kulta je osuđeno zbog napada na tokijski metro, ali i niza drugih terorističkih napada i atentata. Trinaest njih, uključujući i Asaharu, su osuđeni na smrtnu kaznu.

Napad koji su članovi ove sekte izveli na tokijski metro 20. marta 1995. nije bio jedini u njihovom „opusu”. Nervni gas, sarin su upotreбили u gradu Matsumotu (Macumotou) 1994. godine, kada je nastradalo 8 i povređeno 200 ljudi, a 1989. godine članovi sekte su brutalno masakrirali advokata Cucumu Sakamotoa i njegovu porodicu. Takođe su jednog stanovnika Tokija poprskali po leđima sprejom VX-otrovom 4. januara 1995. godine.

Teroristički napad na tokijski metro su izvršili 5 članova sekte jutarnjim časovima na tri različite metro linije. Veliki broj putnika i osoblja metro stanice je bio izložen toksičnim efektima ovog hemijskog oružja. Posledice su bile veoma negativne, 12 ljudi je nastradalo, a čak oko 5000 stanovnika Tokija je imalo određene zdravstvene probleme i bila im je potrebna medicinska pomoć. Tipični simptomi koje su osetili se odnose na pomućenost svesti, pomračenje vidnog polja sa bolnom preosetljivošću očiju, mučninu, nagon za povraćanjem, bol u stomaku, dijareju, krvarenje iz nosa, visok ili nizak krvni pritisak, malaksalost, ubrzano disanje, itd. Osim zdravstvenih problema, posledice izvođenja ovog terorističkog napada su i psihološke prirode, strah i panika su se širili među građanima Tokija.

Nastala krizna situacija je praćena panikom, medicinske službe nisu bile dovoljno pripremljene za reagovanje. Pružanje pomoći povređenima koja se odnosi na tretman uklanjanja sarina iz tela u najkraćem vremenskom roku. Postoje antidoti, a oni su najkorisniji ako ih je moguće dati što pre nakon izlaganja sarinu. S obzirom na štetnost

koju izaziva ovaj smrtonosni gas, prilikom pružanja pomoći i saniranja posledica bila je neophodna upotreba zaštitnih odela i gas maski.

Delovanje sekte Aum Šinrikjo je predstavljalo značajnu opasnost po bezbednost. Tome u prilog se može navesti činjenica da su njeni članovi ponovo izveli teroristički napad sarinom 19. aprila 1995. godine u podzemnoj železnici u Yokohami,. Bilo je više od 261 povređenih, tj. otrovanih osoba i nijedna nije podlegala smrtnom ishodu. Sarin je više puta korišćen terorističkim aktima u Japanu i SAD-u.

Prilikom istrage i racije koje su sprovele bezbednosne snage, u prostorijama ove sekte je pronađeno biološko oružje. S tim u vezi različiti stručnjaci su davali procene da bi broj žrtava bio mnogo veći da je ova sekta u realizovanim napadima primenila botulinum (botulinski) toksin ili antraks.⁶³ Zapravo pripadnici ove sekte su u više navrata pokušavali da koriste biološke agense, botulinumtoksin i antraks, ali u tome nisu uspeali jer su posedovali vakcinalne sojeve bakterija, a pokušavali su i da koriste Ebola virusa i uzročnika Q-groznice.⁶⁴ Primenom oružja za masovno uništavanje Asahara i članovi sekte su želeli da privuku pažnju na svoje namere i ostvare svoje velike ciljeve. Mogućnost korišćenja oružja za masovno uništavanje izaziva ogroman strah zbog destruktivnosti posledica koje mogu nastati.

5.4. RHB kontaminacija SRJ i susednih država

NATO bombardovanje je počelo 24. marta 1999. godine, a završeno je potpisivanjem Vojno-tehničkog sporazuma u Kumanovu 9. juna 1999. godine. Tokom tog perioda nastradalo je 2500 ljudi i povređen značajan broj osoba. Takođe, pričinjene su velike ekološke posledice i materijalna šteta. Bombardovanje je predstavljalo oblik ugrožavanja životne sredine na lokalnom, nacionalnom i regionalnom nivou. Agresija NATO-a na Saveznu Republiku Jugoslaviju 1999. nije bila u skladu sa normama međunarodnog javnog prava. Nato alijansa je tada prvi put upotrebila vojnu snagu bez odobrenja Saveta za nacionalnu bezbednost Ujedinjenih nacija. Zvaničan cilj ove akcije je bio sprečavanje

⁶³ Cvetković, V.: „Mogućnosti zloupotrebe biološkog oružja u terorističke svrhe“, Bezbednost, godina LV 1, 2013, (122-140), str. 123.

⁶⁴ Ristanović, E.: „Medicinski i bezbednosni izazovi 21. veka – Bioterrorizam“, ABC časopis urgentne medicine, vol. XVI, godina 2016, broj1, (8-19), str. 11.

širenja nestabilnosti na Kosovu i Metohiji. Ipak, posledice koje su nastale nakon bombardovanja nisu dovele samo do „stabilnosti” područja.

RHB kontaminacija predstavlja pojam koji se odnosi na upotrebu radiološkog, hemijskog i biološkog materijala. Posledice primene radiološkog, hemijskog i biološkog oružja mogu biti veoma destruktivne, a posebna opasnost nastaje usled njihovog dugoročnog efekta. Različite mete su bile bombardovane, poput hemijskih postrojenja, rezervoara i skladišta nafte, benzina i tečnog gasa, hemijskih skladišta sa otrovnim sirovinama za organsku i neorgansku proizvodnju, piralenskih transformatora i slično. Napadima na ova postrojenja su oslobođene određene hemijske toksične materije u životnu sredinu. Iako nisu direktno korišćena hemijska sredstva (bojni otrovi), nastale su posledice i efekti koji su srodni efektima hemijskog rata. Na teritoriji SRJ se vodio specijalan rat, koji po svojim efektima spada u hemijski rat.⁶⁵

Najčešće su bombardovani naftni i benzinski rezervoari, rezervoari sa opasnim hemijskim sirovinama koji su služili za preradu plastičnih masa, trafostanice u kojima je bio piralen. Piralen spada u karcinogene, mutagene i teratogene supstance, zabranjen je za upotrebu na području EU i zamenjen je ekološkim mineralnim uljima. Sagorevanje piralenskog ulja ima toksično dejstvo. Određena količina ovog ulja je dospela u nadzemne i podzemne vode. Osim piralena, u zemljište i vodotokove su dospele azotna, hlorovodonična i sumporna kiselina, amonijak, hlor, živa, etilen-dihlorid i druge opasne materije. Bombardovanjem postrojenja i skladišta hemijske industrije u Pančevu, Novom Sadu, Lučanima, Prahovu, Boru, Bariču, Kragujevcu, Kraljevu, Nišu i Prištini, u vazduhu, zemljištu i vodi su se našle toksične materije.

Na području Vojvodine je potpuno razorena 7 postrojenja, u Centralnoj Srbiji je uništeno i oštećeno 17, a na Kosovu i Metohiji su spaljena i uništena 1 fabrika za preradu plastike i 2 skladišta nafte. Ukupno je uništeno ili oštećeno 27 objekata.⁶⁶ Skladište Jugopetrola u Prahovu na desnoj obali Dunava, na tromeđi sa Rumnijom i Bugarskom je

⁶⁵ Lukić-Andelković, M.: Hemijski, radiolološki i ekološki aspekti agresije Nato-a na SRJ, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010., str. 454.

⁶⁶ Rezultati Izveštaja Radne grupe UNEP-a za Balkan 1999. U Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona bezbjednost, Fakultet za mediteranske studije, Tivat, 2011., str. 307.

bombardovano 5 puta. Velike količine mazuta, goriva i motornih ulja su gorele i izlile su se u Dunav, zagađujući vodu i zemljište. Požar mazuta je trajao 3 dana, formirajući crni oblak dima koji je zahvatio i susedne države, Rumuniju i Bugarsku. Kontaminacija vazduha u vdu crnih oblaka nakon bombardovanja rafinerije u Novom Sadu se širila ka Mađarskoj i Rumuniji. Tokom bomardovanja je bilo još mnogo primera nekontrolisanog, naglog i eksplozivnog oslobađanja, rasipanja, razlivanja i isparenja visokotoksičnih supstanci koje se nisu mogle ograničiti samo na prostor SRJ.

Tokom agresije su primenjivana različita ubojna sredstva. Svi projektili koji su korišćeni se mogu podeliti na tri grupe:⁶⁷

- razorni, vođeni i nevođeni, razlicitih kalibara, (rakete, bombe, kasetne bombe);
- protivoklopni i protiv betonskih utvrđenja, punjeni osiromašenim uranom;
- razne vrste takozvanih „mekih“ bombi, koje ne deluju razorno, ali prave velike štete.

Korišćene su čak i zastarele bombe, a koje moraju biti uništene u skladu sa posebnim uslovima kako ne bi dovele do neželjenih efekata. Nato snage su lansirale 2 300 projektila na 990 ciljeva, uključujući i 14 000 bombi. Nastala materijalna šteta nakon agresije je ogromna.⁶⁸ Kasetne bombe (eng. cluster bombs) su bacane u različitim delovima države, naročito na aerodromima u Batajnici i Podgorici, na Kosovu i Metohiji u blizini Uroševca, Belačevca, Doganovića, Lukare, Prizrena, Prištine i Kosovske Mitrovice. Dodatan problem predstavlja i nagomilavanje opasnog otpada (bačene bombe, uništeni projektili, razorena i kontaminirana oprema u krugu fabrika, uginule životinje, itd.)

Posledice RHB kontaminacija tokom Nato bombardovanja 1999. godine se odnose na:

- kontaminaciju vazduha, vode i zemljišta toksičnim materijama i teškim metalima;
- poremećaj mikroklima i pojačavanje efekta staklene baste (oslobađanje oksida ugljenika i velikih količina čađi nakon požara u eksplozija);

⁶⁷ Lukić-Anđelković, M.: Ekološke posledice Nato bombardovanja naše zemlje, Italijanska koordinacija za Jugoslaviju, Beograd, 2004.

⁶⁸ 15 years on: Looking back at NATO's "humanitarian" bombing of Yugoslavia, <https://www.rt.com/news/yugoslavia-kosovo-nato-bombing-705/>, pristupljeno 8. maja 2017.

- negativan uticaj na biološku raznovrsnost u kontaminiranim oblastima (poremećena je populaciona struktura određenih vrsta biljaka i životinja)
- biomedicinske i psiho-socijalne posledice stanovnika.

Ekološke i zdravstvene posledice bombardovanja se nisu mogle ograničiti samo na SRJ. Timovi Programa Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP) su dolazili tri puta da prikupljaju uzorke i utvrde činjenično stanje: u novembru 2000. godine posetili su 11 lokacija, uradili više stotina merenja i sakupili vuše od 300 uzoraka za analizu;⁶⁹ od 27. oktobra do 5. novembra 2001. godine su posetili Srbiju i Crnu Goru i prikupili 161 uzorak biljaka, zemljišta, vazduha i vode, i pronašli nekoliko penetratora;⁷⁰ i od 12. do 24. oktobra 2002. godine su posetili 14 lokacija u Bosni i Hercegovini i prikupili 132 uzorka.⁷¹ U izveštajima ovih timova su iznete sledeće tvrdnje:⁷²

- Utvrđeno je veoma rasprostranjeno zagađenje osiromašenim uranijumom na lokacijama koje su obišli, i za koje se znalo da je tu korišćena municija sa osiromašenim uranijumom. Zagađenje zemljišta je pronađeno i do 20 metara od mesta udara.
- Da većina penetratora nije uklonjena i da je ostala pod zemljom. Penetratori koji su pronađeni blizu površine u toku 7 godina od bombardovanja (u BiH) su zbog korozije već bili izgubili oko 25% mase. U kasarni u Han Pijesku posle 7 godina od bombardovanja pronađeni su penetratori koji su ležali na površini korodirani. Zagađenje je bilo veliko i u Hadžićima;
- Da je prvi put pronađeno zagađenje osiromašenim uranijumom u pijaćoj vodi (voda u bunaru u Hadžićima);
- Da je uranijumska prašina pronađena u vazduhu i to ne samo dve godine posle bombardovanja, već i sedam godina posle bombardovanja (i u BiH i na Rtu Arza);

⁶⁹ Depleted Uranium in Kosovo: Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP Report, 2001.

⁷⁰ Depleted Uranium in Serbia and Montenegro: Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP Report, ISBN 92-807-2146-1, 2002.

⁷¹ Depleted Uranium in Bosnia and Herzegovina: Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP Report, ISBN 92-1-158619-4, 2003.

⁷² Vujić, J., Antić, D.: „Ekološke i zdravstvene posledice Nato bombardovanja s akcentom na osiromašeni uranijum“, Nova srpska politička misao, 31. mart 2015.

- Da je utvrđeno da je i nekoliko godina posle bombardovanja moguće utvrditi prisustvo čestica osiromašenog uranijuma u uzorcima zemljišta i biljaka (kao što je mahovina, lišaj, ili kora od drveta);
- Da su pronašli i potvrdili korišćenje municije sa osiromašenim uranijumom na bar 6 mesta koja nisu bila označena u podacima o lokacijama dobijenih od NATO.

Nato agresija je imala karakteristike i radiološko-nuklearnog rata, a posledice ovih aktivnosti oseća i osetiće živi svet ne samo u bivšoj Jugoslavji, već i u većem delu evropskog kontinenta. Dugoročne posledice po lokalno stanovništvo i životnu sredinu šireg područja izazivaju pažnju javnosti. Postoje sumnje da je Nato prilikom bombardovanja SRJ koristio municiju koja pored osiromašenog uranijuma sadrži i plutonijum. Radiološke i toksične efekte upotrebe plutonijuma bi trebalo dokazati kako bi se dobila pouzdana slika posledica kontaminacije.

Ovaj događaj je primer uticaja antropogenog faktora na promene u ekosistemima, odnosno narušavanje ekološke ravnoteže životne sredine. Nadić ističe da je jedan od 18 principa održivosti prema Deklaraciji o životnoj sredini i razvoju iz Ria „da je ratovanje inherentno destruktivno za održivi razvoj i nacije će poštovati međunarodne zakone zaštite životne sredine u vreme oružanih sukoba, i sarađivaće u njihovom daljem uspostavljanju; mir, razvoj i zaštita životne sredine su međuzavisni i nedeljivi”.⁷³ Neizbežne vojne operacije u svetu kojem su ideali mir i bezbednost se moraju voditi u skladu sa odredbama međunarodnog ratnog i humanitarnog prava i poštujući osnovne principe zaštite životne sredine.

5.5. Posledice korišćenja municije sa osiromašenim uranijumom na zdravlje ljudi i životnu sredinu

Prirodni uranijum predstavlja element koji se nalazi u zemlji. Svako može doći u kontakt sa niskim dozama uranijuma koji se nalazi u prirodi. Ukupno godišnja efektivna doza kao posledica prirodnog zračenja je oko 2-2.5 mSv. Ipak, visoke doze uranijuma

⁷³ Nadić, D.: Održivi razvoj i principi održivog razvoja u strateškim dokumentima Republike Srbije, Godišnjak FPN, br. 6, decembar 2011, (213-224), str. 215.

mogu biti štetne po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Osiromašeni uranijum je proizvod nuklearne tehnologije i spada u niskoradioaktivni nuklearni otpad. Efekti njegove vojne i civilne primene mogu biti veoma štetni po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Posledice izlaganja ljudskog organizma zračenju uranijuma se mogu svrstati u dve grupe:⁷⁴

- Hemijske (visok krvni pritisak, bolest bubrega, reproduktivna disfunkcija)
- Radijacione (kancer pluća, disfunkcija bubrega, kancer kostiju)

Naoružanje na bazi osiromašenog uranijuma je primenjeno u tri poznata sukoba, tj. vojne operacije krajem XX veka, u Iraku i Kuvajtu 1991., Bosni i Hercegovini 1994-1995. i SRJ 1999. godine. Nato snage su koristile osiromašeni uranijum tokom 1999. u SRJ u obliku municije, prvenstveno kalbra 30 mm i kao sastavni deo nekih krstarećih raketa (kontrateg ili penetrator).⁷⁵ Na području Balkana je takođe korišćen tokom građanskog sukoba u Bosni i Hercegovini devedesetih godina, što dodatno utiče na stanje ekološke bezbednosti u ovom području. Takozvana „uranijumska afera” se odnosi na zdravstvene tegobe koje su imali mnogi pripadnici Nato-a koji su bili raspoređeni na Kosovu i Metohiji za vreme bombardovanja. Slične zdravstvene probleme su osetili vojnici koji su bili angažovani u BiH i Iraku i Kuvajtu. Zabeleženo je nekoliko smrtnih slučajeva među ratnim veteranima sa Balkana. Posebna komisija se bavila ispitivanjem ovih slučajeva.

Osiromašeni uranijum (OU) se primenjuje za izradu municije različitog kalibra, kao i krstarećih raketa. Njegove „prednosti“ su što je jeftin i ima ga u većim količinama. Po jednoj raketi se u proseku koristi oko 20 kg ovog uranijuma. Pretpostavlja se da je tokom bombardovanja SRJ 1999. ispaljeno oko 400 krstarećih raketa, čiji je sastavni deo OU. Precizne podatke o broju lansiranih raketa i količine ispaljene municije sa OU nije jednostavno utvrditi, odnosno validne podatke ima samo NATO. Podaci u vezi sa ukupnom količinom osiromašenog uranijuma se kreću od 10 t pa naviše.⁷⁶ Dobijanje tačnih informacija o ukupnoj količini OU (kao i o efektivnim dozama njegovog zračenja)

⁷⁴ Uranium and Radiation on the Navajo Nation, https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/atsdr_uranium_and_radiation_health_dec_2014_web.pdf, pristupljeno 8. maja 2017.

⁷⁵ Orlić, M.: Osiromašeni uranijum kao produkt nuklearne tehnologije, XLIV Konferencija za Etran, Sokobanja, 26-29. juna, 2000, str. 35-42.

⁷⁶ Isto, str. 38.

i lokacijama na kojima je ispaljena municija na bazi uranijuma je veoma važno kako bi se pronašli efikasniji mehanizmi za upravljanje posledicama.

Efekti dejstva osiromašenog uranijuma zavise od toga da li je u pitanju:⁷⁷

- Eksterna izloženost – beta i gama komponente OU doprinose spoljašnim dozama. Zahvaćeni organ je koža. Ova vrsta izloženosti nastaje uglavnom u borbenim aktivnostima kada se generišu aerosoli osiromašenog uranijuma. Vojnici i osobe koje se nalaze u neposrednoj okolini mesta pogođenog naoružanjem na bazi OU su najviše ugroženi.
- Unutrašnja izloženost se manifestuje na tri načina:
 - gutanje (hrana i voda), osiromašeni uranijum putem lanca ishrane dospeva u organizam. Ipak, ne smatra se najvećim izvorom izloženosti.
 - udisanje (aerosoli) – predstavlja najefektniji način izlaganju OU u borbenim i neborbenim situacijama. Dva načina za generisanje aerosoli: (1) uticaj penetratora na tvrdim podlogama, količina aerosoli formirana tokom udara u značajnoj meri zavisi od tvrdoće mete; (2) požari, oksidi uranijuma nastali u požarima imaju slabu rastvorljivost što utiče na veći značaj radioaktivnosti nego hemijske toksičnosti za ljudski organizam.
 - preko kože, kontaminirane rane – rana kontaminacija se može javiti tokom borbenih dejstava ili kasnije. Postoji opasnost od hroničnog, unutrašnjeg izlaganja organizma dejstvu OU.

Rizik od nastanka somatskih i genetskih oštećenja kod ljudi zavisi od inteziteta i dužine izlaganja zračenju osiromašenog uranijuma. Takođe, manifestovanje posledica zavisi i od vremena nakon primene OU. Vreme trajanja raspada izotopa uranijuma je veoma dugo. Korišćenje municije, odnosno naoružanja sa osiromašenim uranijumom je trajna opasnost po životnu sredinu, izvor kontaminacije zemljišta, vode i vazduha i narušavanja biodiverziteta. Posledice upotrebe municije sa OU tokom Nato agresije na SRJ 1999.

⁷⁷ Bleise, A., Danesi, P. R., Burkart, W.: „Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): a general overview“, Journal of Environmental Radioactivity 64, 2003, (93–112), p. 99-102

zapravo mogu osetiti „svi oni koji se nalaze na Balkanu, jer oblaci ne poznaju granice”.⁷⁸

Utvrđeno je da postoje tri vrste kontaminacije OU:

- **Tačkasta kontaminacija** je nastala neposredno oko mesta gde je metak pao. Na mestu udara su pronađeni ostaci, komadi napravljeni od osiromašenog ili prirodnog uranijuma sa dodacima retkih metala. Oni su relative teški i padaju u neposrednu okolinu, pa mogu intenzivno reagovati sa tečnostima u neposrednoj okolini;
- **Površinska kontaminacija**, sagorevanjem uranijuma nastaju aerosoli koje se prenose vetrom. Meteorološki uslovi utiču na udaljenost na koju će se preneti krupni i sitni oblici aerosoli, uz značajno razređenje i padanje na zemljište i akvatoriju. Tom prilikom je moguća inhalacija ili ingestija aerosola.
- **Dubinska kontaminacija**, ukoliko projektil padne na zemlju, a ne eksplodira zariva se u zemlju do dubine 20-30 cm. S obzirom da prelazi u fazu nerastvorenih aerosoli i ne predstavlja toliko rizik za stanovništvo, osim za osobe koje dolaze u kontakt sa njim. Ipak, njegov uticaj bi trebalo ispitati na svakoj lokaciji posebno, jer zaostali meci sa osiromašenim uranijumom mogu dovesti do njegovg pronalaženja u vodi, biljkama i životinjama, što je proces koji se odvija brzo.

Proučavanje efekata i posledica primene naoružanja sa osiromašenim uranijumom, kao i utvrđivanje činjenica u vezi sa lokacijama i količinom korišćene municije sa OU je važno za uspostavljanje monitoringa i preduzimanje određenih mera sanacije posledica kontaminacije uranijumom. Prema uputstvu medicinske službe u Navaho rezervatu, osnovni koraci koje bi trebalo sprovesti nakon izloženosti zračenju uranijuma su:⁷⁹

- zdrava ishrana;
- konzumiranje vode za piće iz kontrolisanih izvora;
- redovna fizička aktivnost;
- održavanje zdrave težine;

⁷⁸ Arežina-Đerić, V.: „Upotreba osiromašenog uranijuma u agresiji Nato-a na Srbiju i političko manipulisanje činjenicama“, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010., str. 82.

⁷⁹ Uranium and Radiation on the Navajo Nation, https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/atsdr_uranium_and_radiation_health_dec_2014_web.pdf, pristupljeno 9. maja 2017.

- kontrolisanje krvnog pritiska i nivoa šećera u krvi;
- redovno uzimanje lekova, odnosno propisane medicinske terapije;
- zabrana upotrebe cigareta;
- organizovanje redovnih pregleda (skrininga).

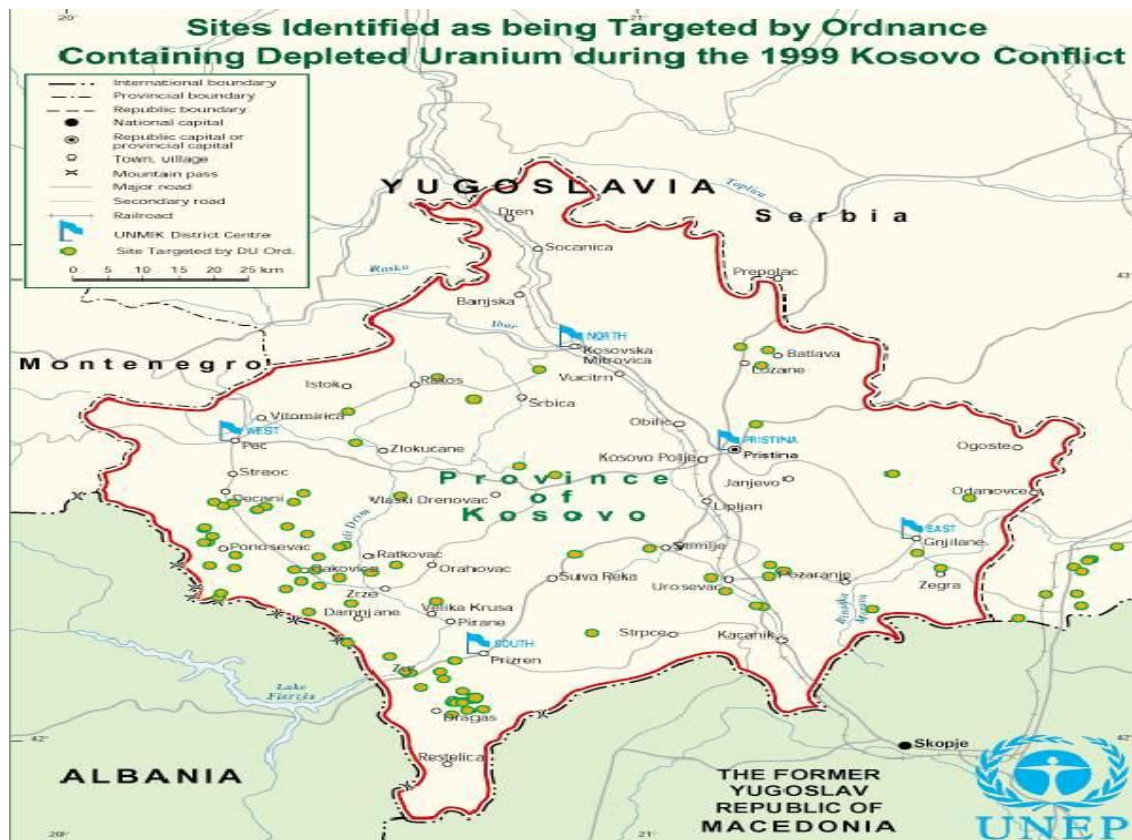
Najefikasnija preventivna mera jeste poštovanje zabrane upotrebe osiromašenog uranijuma. S obzirom da se međunarodne konvencije ne sprovode u potpunosti, realnost je drugačija. Balkan je jedno od područja u svetu koje se suočava sa posledicama upotrebe OU, a prolaženje efikasnih mera kojima bi se umanjile štetne posledice njegovog dejstva predstavlja obavezu svih država.

5.5.1. Posledice u Republici Srbiji

Primena naoružanja na bazi osiromašenog uranijuma tokom Nato agresije 1999. Na SRJ je najviše bila izražena na Kosovu i Metohiji. U pismu generalnog sekretara NATO-a Džordža Robertsona početkom februara 2000. godine upućenom generalnom sekretaru Ujedinjenih nacija Kofiju Ananu e između stalog navdi sledeće: „Mogu da potvrdim da je osiromašeni uranijum korišćen tokom tih operacija. Glavni fokus ovih operacija bile su oblasti zapadno od puta Peć–Đakovica–Prizren, oblast oko Kline, okolina Prizrena, kao i oblast severno od linije Suva Reka–Uroševac. Međutim, mnoge akcije u kojima je korišćena municija s osiromašenim uranijumom obavljene su i van ovih oblasti. U ovom trenutku nemoguće je tačno utvrditi svaku lokaciju na kojoj je bila korišćena ova municija.“⁸⁰ Politički interesi su uticali na objavljivanje tačnih informacija o količinama korišćene municije sa OU i lokacijama koje su bombardovanje ovakvim naoružanjem. Međunarodni stručnjaci UNEP-a su u prvoj misiji prikriili upotrebu naoružanja sa osiromašenim urnijumom. Ipak, nakon što je od NATO-a pribavila spisak od 112 lokacija gde je koristio municiju sa osiromašenim uranijumom, druga misija UNEP-a je potvrdila da je tokom NATO bombardovanja korišćen osiromašen uranijum, a što je uticalo na zagađenje vode, vazduha i zemljišta na nekoliko lokacija na Kosovu i

⁸⁰Ćirić, A.: „Šta se krije iza brda laži?“, Vreme, br. 592, 9. maj 2002.

Metohiji.⁸¹ Korišćenje osiromašenog uranijuma predstavlja nesumnjivu opasnost po stanovništvo i životnu sredinu. Posledice njegove upotrebe tokom Nato agresije u Republici Srbiji su izazvale oprečna mišljenja u javnosti.



Slika 11 – Lokacije na kojima je korišćeno naoružanje sa OU u R. Srbiji 1999., izvor: Sites identified as being targeted in Kosovo by NATO in 1999 by depleted uranium, <http://www.kosovo-metochia.org/2016/02/07/sites-identified-targeted-kosovo-metochia-nato-1999-depleted-uranium-map/>, pristupljeno 9. maja 2017.

U jugoistočnoj Srbiji je municija sa OU je korišćena na području površine oko 12,5 ha u sledećim mestima:

- Bratoselce, selo koje 10 km severoistočno od Preševa;
- Pljačkovica, 4 km severno od Vranja;
- Borovac, 6 km jugozapadno od Bujanovca;
- Reljan, oko 10 km istočno od Preševa.

⁸¹ Arežina-Đerić, V.: „Upotreba osiromašenog uranijuma u agresiji Nato-a na Srbiju i političko manipisanje činjenicama“, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010., str. 75.

Zaposleni iz Instituta za nuklearne nauke „Vinča” su u periodu od 2002. do 2007 radili na sanaciji navedenog kontaminiranog područja. Timovi iz Instituta su pronašli i uklonili određenu količinu penetratora sa ovih lokacija. Problem je što im nije bio obezbeđen pristup bombardovanim mestima na Kosovu i Metohiji. Prema istraživanju sprovedenom četiri godine nakon saniranja, 2011. objavljeni su rezultati gama spektrometrije koji su pokazali prisustvo prirodnih radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{235}U , ^{238}U , kao i proizvedenog radionuklida ^{137}Cs .⁸² Zaključeno je da bi trebalo nastaviti sa merenjem radioaktivnosti na uzorcima iz životne sredine sa ovih lokacija.

Porast broja obolelih od malignih i drugih bolesti se dovodi u vezu sa dejstvom osiromašenog uranijuma. Iako su prvi podaci Svetske zdravstvene organizacije pokazivali da se broj obolelih smanjuje od leukemije među lokalnim stanovništvom na KiM, podaci Zdravstvenog centra Kosovska Mitrovica ukazuju na porast obolelih od leukemije na kancera, sa 68 obolelih 1998. na 158 koliko ih je bilo 2000. godine.⁸³ Prisutno je povećanje broja obolelih od malignih bolesti, a prema podacima Instituta za onkologiju u Beogradu iz 2016., broj obolelih je između 37 000 i 40 000 na godišnjem nivou. Žene najčešće obolevaju od raka dojke i grlića materice, muškarci od raka prostate i pluća. Znatno je povećan broj obolelih od leukemije i limfoma. Veću osetljivost na radioaktivno zračenje imaju mlađi organizmi. Broj dece obolele od raka je takođe u porastu. Dr Kovačević iz Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu „Dr Dragomir Krajović” navodi da je tokom 2002. godine ispitivano 29 ljudi koji žive u mestima koja su bombardovana osiromašenim uranijumom i kod većine je potvrđeno prisustvo uranijuma u urinu. Kod svih su pronađene i genetske promene i oštećenja na bubrezima, krvnim sudovima.

Takođe, on je zaključio da ni dekontaminacija ovih područja nije urađena kako treba, jer je samo pokupljena neeksplozivna municija, ali zemlja nije očišćena.⁸⁴ Uticaj OU na zdravstveno stanje stanovnika bi trebalo detaljnije ispitivati, kako bi se postigao

⁸² Sarap, N. B., Janković, M.M., Todorović D. J., Nikolić, J. D., Kovačević M. S.: Environmental radioactivity in southern Serbia at locations where depleted uranium was used, The Journal of Institute for Medical Research and Occupational Health, Vol. 65, Issue 2, Jun 2014, pp. 189-197.

⁸³ Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteranske studije, Tivat, 2011., str. 300.

⁸⁴ Blagojević, M.: Ekološki sistem na Kosovu i Metohiji nakon agresije Nato-a, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010., str. 127.

konsenzus u mišljenju stručnjaka i dobili precizniji rezultati, a shodno njima primenjivale mere u umanjenju posledica.

Detaljniju studiju bi trebalo sprovesti i u vezi sa konkretnim posledicama OU na životnu sredinu. Nesumnjivo je da njegovo dejstvo predstavlja opasnost po životnu sredinu Republike Srbije, ali i drugih država Balkana, pa i Evrope. Područje u našoj državi koje je bombardovano OU obuhvata reke koje pripadaju Jadranskom, Egejskom i Crnomorskom slivu. Zahvaljujući pripadnosti ovih reka različitim slivovima i dugom protoku vremena, kao i dejstvu atmosferskih uticaja kiše i vetrova, realno stanje stvari je zagađenje šireg prostora juga Evrope za dugo vreme.⁸⁵ Posebna opasnost nastaje zbog toga što nije u potpunosti sprovedena dekontaminacija terena, jer se na taj način radioaktivnost može širiti preko podzemnih i pitkih voda, vetra koji raznosi radioaktivnu prašinu.

5.5.2. Posledice u Republici Crna Gora

Na teritoriji Crne Gore, Nato snage su 30. maja 1999. godine, samo nekoliko dana uoči potpisivanja Kumanovskog sporazuma i formalnog uspostavljanja stabilnosti, u dva navrata bombardovale poluostrvo Luštica, oblast u kojoj nije bilo nikakvih vojnih jedinica. Utvrđeno je da je samo južna strana rta Arza na poluostrvu Luštica, naspram ostrva Mamula na ulazu u Boku Kotorsku, kontaminirana na površini od oko 3.500 ha.⁸⁶

⁸⁵ Isto, str. 124.

⁸⁶ Jović, R. Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteranske studije, 2011., str. 300.



Slika 12 - Deo poluostrva Luštica koji je bombardovan projektilima sa OU u maju 1999., Vjesti, <http://www.vijestio.com/vijesti/region/c-gora-lustica-postaje-ekskluzivno-turisticko-naselje/>, pristupljeno 11. maja 2017.

Nadležno Ministarstvo za zaštitu životne sredine se obavezalo da će sprovesti program dekontaminacije kako bi turistička sezona mogla da se nesmetano odvija. Dekontaminacija terena predstavlja kompleksan i skup process, koji obuhvata i uklanjanje nekoliko slojeva zemljišta i njihovo odlaganje na bezbedne lokacije. Plan o obavljanju potpune dekontaminacije je trebalo da bude realizovan do kraja aprila 2001, tj. dve godine pošto su projektili ispaljeni. Prema izjavi dr Miodraga Gomilanovića, tadašnjeg ministra za zaštitu životne sredine Crne Gore, utvrđena je kontaminacija na malom prostoru od oko 3500 kvadratnih metara, a troškovi dekontaminacije, uklanjanja zemljišta i eventualnih ostataka municije, zaštitne opreme i zdravstvene kontrole stanovnika Luštica su procenjeni na oko 400.000 maraka.⁸⁷ Izvršenje dekontaminacije ne znači da je opasnost po zdravlje ljudi i životnu sredinu otklonjena. Centar za ekotoksikološka ispitivanja je trebalo da prati radioaktivnost u vazduhu, vodi i zemljištu. Neposredno nakon eksplozije, radioaktivnost je bila povišena. Ovo stanje se vremenom stabilizovalo.

Prilikom sagorevanja uranijumske komponente projektila oslobađaju se oksidi i radioaktivna prašina koja se prenosila vazдушnim strujanjima. Na taj način došlo je do kontaminacije vazduha, zemljišta i vode. Njeno taloženje u morskoj vodi narušava

⁸⁷ Ćirić, A.: „Koliko nismo pogođeni ili Balkanski sindrom“, Vreme, br. 591, 2. maj 2002.

zajednice biljaka i životinja. Osim direktnog uticaja na životnu sredinu usled bombardovanja poluostrva Luštica, prisutan je indirektan uticaj kontaminacije OU sa područja Republike Srbije. Mnogo mesta na Kosovu i Metohiji je bombardovano naoružanjem na bazi sa OU, a njihova udaljenost od Crne Gore nije velika. Nastale posledice po životnu sredinu se ne mogu ograničiti na političke okvire. Arežina ukazuje na „ozbiljno pitanje šta je geopolitika danas, jer ekološka bezbednost menja bitne odredbe geostrateškog okruženja, jer se ugrožavanje ekološke bezbednosti može odigrati i na prostorima udaljenim hiljadama kilometara, i bez graničnih dodira.”⁸⁸ U prilog tvrdnje o realnoj opasnosti od rasprostriranja negativnih posledica po životnu sredinu i zdravlje ljudi od OU, bi trebalo spomenuti da je tokom bombardovanja SRJ, u Bugarskoj i Grčkoj bila povećana radioaktivnost vazduha, ali i da su se i druge susedne države suočile sa određenim opasnostima po životnu sredinu.

Dugoročnim posledicama korišćenja municije sa OU po životnu sredinu i lokalno stanovništvo (povećanje broja obolelih) u Crnoj Gori bi trebalo svakako pridati više pažnje. S obzirom da postoje zajednički interesi, ostvarivanje regionalne saradnje bi bio značajan korak u analiziranju posledica upotrebe OU i delovanju u cilju zaštite ljudi i životne sredine.

5.5.3. Posledice u BiH

Bosna i Hercegovina se prvobitno suočila sa pojavom kontaminacije usled korišćenja naoružanja sa osiromašenim uranijumom tokom sukoba u ovoj državi 1994-1995 godine. Agresija Nato-a na SRJ 1999. je takođe doprinela kontaminaciji osiromašenim uranijumom u BiH. Međunarodni stručnjaci UNEP-a su tokom 2002. godine boravili u ovoj državi kako bi izvršili procenu u vezi sa prisutnošću osiromašenog uranijuma. U periodu od 12. do 24. oktobra 2002 godine na tri mesta u Bosni i Hercegovini su pronašli tragove osiromašenog uranijuma čije zračenje i toksičnost mogu biti pretnja zdravlju ljudi.⁸⁹ U svojim zvaničnim izjavama međunarodni stručnjaci su

⁸⁸ Arežina-Đerić, V.: „Upotreba osiromašenog uranijuma u agresiji Nato-a na Srbiju i političko manipulisanje činjenicama“, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010., str. 83.

⁸⁹ Saračević, L., Mihalj, A., Samek, D., Gradašćević, N., Zovko, E.: Osiromašeni uranijum u BiH, V. simpozij HDZZ, Stubičke Toplice, 2003, (302-309).

potvrdili korišćenje municije na bazi osiromašenog uranijuma, ali o posledicama usled dugotranje izloženosti zračenju OU nisu komentarisali jer nemaju pouzdane podatke. Svetska zdravstvena organizacija (WHO) je izdala saopštenje da informacije o povećanju stope malignih oboljenja u Federaciji Bosne i Hercegovine i Republici Srpskoj su nepotpune. Tvrdnje o povećanju mnogih vrsta raka su nastale na osnovu kliničkih opažanja lekara, ali nisu potkrepljene podacima o stopama raka, koji se odnose na broj slučajeva u populaciji.⁹⁰ Tokom misije UNEP-a su istražene sledeće lokacije: nekadašnji objekat za popravku tenkova u Hadžićima, Lukavica, kasarna u Hadžićima, nekadašnje skladište municije u Hadžićima, brdo kod Pjelugovića (mesto tenka T55), kasarna u Han Pijesku, skladište u Han Pijesku, kasarna Koran na Palama, nekadašnji objekat za proizvodnju municije u Vogošći, lokacija kasarne u Ustikolini, most u gradu Foča, lokacija rezervoara vode u Kalinoviku, lokacija za uništenje municije u Kalinoviku, lokacija za uništenje municije na platou na Bjelašnici.⁹¹

U ovom periodu su predstavnici UNEP-a sa Federalnom upravom Civilne zaštite napravili operativni plan za saniranje posledica delovanja osiromašenog uranijuma i formirali koordinaciono telo koje će u skladu sa preporukama UNEP-a sačiniti kratkoročni plan dekontaminacije, ali i dugoročni plan istraživanja i monitoringa radioaktivnosti na širem području označenih lokacija. Osiromašeni uranijum je pronađen na lokaciji nekadašnjeg objekta za popravku tenkova i nekadašnjeg skladišta municije u Hadžićima, kasarne i skladišta artiljerijskog naoružanja u Han Pijesku. Preliminarni rezultati i zaključci do kojih su došli nakon merenja u decembru 2002. godine su:⁹²

- Na platou Tehničkog remontnog Zavoda Hadžići je utvrđeno prisustvo municije sa osiromašenim uranijumom.
- Brzine ekspozicionih doza beta i gama zračenja neposredno iznad tla na obeleženim mestima i do 400 puta premašuju prosečne vrednosti za ovaj region.
- Prosečan odnos $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ od 149.9 u uzorcima tla ukazuje na kontaminaciju osiromašenim uranijumom.

⁹⁰ UNEP, „Depleted uranium in Bosnia and Herzegovina Post-Conflict Environmental Assessment, March 2003, http://postconflict.unep.ch/publications/BiH_DU_report.pdf, pristupljeno 11. maja 2017.

⁹¹ Isto, str. 39.

⁹² Saračević, L., Mihalj, A., Samek, D., Gradašćević, N., Zovko, E.: Osiromašeni uranijum u BiH, V. simpozij HDZZ, Stubičke Toplice, 2003, str. 307-308.

- Nivoi aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida u vodi za piće i vodi iz potoka su u okvirima prosečnih vrednosti šireg regiona.
- Potrebno je obaviti obimnija istraživanja na lokalitetu Hadžića, koja će omogućiti ozbiljniju procenu ugroženosti lokalnog stanovništva.

Indirektan uticaj kontaminacije osiromašenim uranijumom u BiH je nastao tokom bombardovanja SRJ 1999. Dejstvo OU na zdravlje ljudi i životnu sredinu se nije moglo ograničiti samo na mesta na kojima je bacano naoružanje na bazi OU u SRJ. Bilo bi veoma korisno realizovati dodatna istraživanja koje bi sprovele nezavisne i stručne komisije u vezi sa posledicama dugoročne izloženosti OU na područjima na kojima je utvrđena njegova prisutnost.

5. Zaključak

Zbog potencijalnih opasnosti kvarova u nuklearnim elektranama i izbijanja tragedija sa dugoročnim posledicama visokog inteziteta radioaktivnog zračenja (kao u *Černobilu*), čovečanstvo se pribojava daljem nastavku gradnji i masovnom korišćenju nuklearne energije. Nuklearne elektrane i nuklearni otpad zahtevaju veliku odgovornost.

Kako čovek nema prirodna čula kojima bi mogao da ga registruje, jonizujuće zračenje je otkriveno tek tokom poslednjeg veka i u nauci nisu jos uvek rešena mnoga pitanja za permanentan uticaj malih količina jonizujućih zračenja na živa bića. Bilo je potrebno mnogo godina intenzivnih istraživanja da se odgonetne suština.

Suština procesa je da mikrosistemi mogu veoma dugo vremena da provode u stacionarnim, a nestabilnim stanjima, te da je radioaktivni atom u suštini stabilan sve do trenutka u kojem pretrpi transformaciju.

Od svog osnivanja 1957. godine Međunarodna komisija za atomsku energiju (IAEA) formira osnovne norme, koje služe svim zemljama članicama kao referenca u nacionalnom zakonodavstvu, iz domena zaštite od jonizujućeg zračenja. Takvi problemi nalaze se u nadležnosti većeg broja ministarstva za zdravstvo, industriju, poljoprivredu, zaštitu životne sredine. Postavlja se pitanje kako sistem zračenja funkcioniše i da li su stanovništvo i profesionalno osoblje zaštićeni od mogućeg zračenja, pošto nisu u potpunosti usklađeni sa realnom situacijom. Mane sistema zaštite moglo se primetiti za vreme katastrofe u Černobilu, na našoj teritoriji tadašnjoj SFRJ. Za stanovništvo bilo je bitno da se odmah reaguje, znanje i obaveze nadležnosti i saglašeni rezultati merenja, što se na žalost nije desilo i informisanost je bila pogrešna. Drugi primer koji se može navesti, Nato bombardovanje 1999, gde su pokazale i slabosti našeg sistema da ublaži negativne posledice gde su postojali uslovi. Reaktora RA u „Vinči“ je potpuno nezaštićen, a mogućnost njegovog bombardovanja je mogla postati stvarnost.

Postojanje istraživačkog reaktora RA u INN „Vinča“, koji već preko 15 godina ne radi, takođe, pokazuje hronične probleme u oblasti nuklearne bezbednosti kod nas. Sve vreme isloženo nuklearno gorivo nalazi se u bazenu pored reaktora, što predstavlja najveću opasnost pri eventualnom akcidentu. To je, direktno, u vezi sa gradnjom

odlagališta za ovakvu vrstu otpada. Ni ovaj problem se neće rešiti dok se jasno ne definišu obaveze i odgovornosti svih činilaca u državi. Pitanju izgradnje trajnog odlagališta radioaktivnog otpada u našoj državi se ne pridaje dovoljno pažnje i podrške za njegovu realizaciju.

Po prestanku bombardovanja Jugoslavije, problem osiromašenog uranijuma je trebalo biti rešen. Za to je postojala čak i zakonska obaveza. Međutim, zbog neorganizovanosti, problem je rešavan na više mesta nekompetentno. Posledice korišćenja municije sa osiromašenim uranijumom privlače značajnu pažnju i trebalo bi da se država i međunarodna zajednica, tačnije države koje snose odgovornost za upotrebu ovakvog naoružanja bolje organizuju u rešavanju nastalih problema. Ispitivanje njegovog uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi bi trebalo da bude na ozbiljnijem nivou od trenutnog. S obzirom na povećanje broja obolelih od različitih vrsta raka, organizovanje preventivnih pregleda se prepoznaje kao jedan od pozitivnih primera zainteresovanosti društva za zdravlje stanovnika i način da se maligne bolesti izleče ukoliko se otkriju na vreme. Bavljenje posledicama upotrebe naoružanja sa osiromašenim uranijumom zahteva i saradnju država u jugoistočnoj Evropi, jer efekti i posledice njegovog korišćenja tokom bombardovanja SRJ i građanskog rata u Bosni i Hercegovini predstavljaju značajan ekološki i zdravstveni problem.

U radu smo pokušali da ukažemo na važnost problema tretmana i odlaganja nuklearnog otpada kao vrste opasnog otpada koji predstavlja opasnost po zdravlje ljudi i životnu sredinu i čije neadekvatno zbrinjavanje se manifestuje kao značajan oblik ugrožavanja životne sredine. Prikupljanjem i iznošenjem osnovnih i objektivnih činjenica, određeni su pojam i karakteristike ove vrste otpada. Posebna pažnja je usmerena na objašnjenje njegovog uticaja na životnu sredinu.

Očuvanje i zaštita životne sredine predstavljaju uslov opstanka čoveka, jer „nije priroda krha“, nego ljudska vrsta. Trebalo bi da se razvije svest o važnosti postizanja ravnoteže između potreba ljudi i potreba prirode. Razvoj savremene nuklearne tehnologije i industrije mora biti praćen razvojem adekvatnih zaštitnih mera. Verujemo da bi se kontinuiranim radom i saradnjom država, međunarodnih organizacija i vrhunskih stručnjaka mogli pronaći efikasniji načini za unapređenje stanja nuklearne bezbednosti koja u širem smislu obuhvata aktivnosti obezbeđenja nuklearnog materijala, sprečavanje

njihovog korišćenja u nezakonite i zlonamerne svrhe, kontrolu i nadgledanje postojećeg nuklearnog oružja i tehnologija, efikasno upravljanje nuklearnim incidentima, ublažavanje njihovih mogućih posledica i slično. Poštovanje osnovnih principa nuklearne bezbednosti kao važnog aspekta ekološke bezbednosti treba da postane sastavni deo planiranja i realizacije savremenih geopolitičkih interesa.

6. Literatura

- Arežina, V.: Problemi merenja ekološke bezbednosti, MTS Gajić, Beograd, 2010.
- Arežina-Đerić, V.: „Upotreba osiromašenog uranijuma u agresiji Nato-a na Srbiju i političko manipulisane činjenicama“, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010.
- Arnold, H., Robyn, P.: Countering Terrorism: Dimensions of preparedness, MIT Press, Cambridge, 2003., p. 72. u Cvetković, M. V., Mladović, I.: „Mogućnost zloupotrebe nuklearnog oružja u terorističke svrhe i krivičnopravna zaštita“, Subjekti sistema bezbjednosti u ostvarivanju bezbjednosne funkcije države, VII međunarodni naučni skup „Dani bezbjednosti“, Fakultet za bezbjednost i zaštitu, Banja Luka, 2015.
- Biočanin, R., Amidžić, B.: Nuklearni udesi i zaštita, Zbornik radova 49. Konferencije za ETRAN, Budva, 5-10. juna 2005, tom IV, str. 83-84.
- Bojović, P., Mirić, P., Ilić, R., Ignjatović, S.: „Potreba i značaj merenja zračenja u normalnim i vanrednim uslovima“, str. 2 u Merenja i instrumentacija u zaštiti od jonizujućeg zračenja, zbornik materijala III jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Banja Luka, 23-26 oktobra 1967.
- Blagojević, M.: Ekološki sistem na Kosovu i Metohiji nakon agresije Nato-a, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010.
- Bleise, A., Danesi, P. R., Burkart, W.: „Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): a general overview“, Journal of Environmental Radioactivity 64, 2003, (93–112), p. 99-102.
- Veriš, A., Četojević, D., Mijatović, D., Tramošiljka, Lj.: Uticaj radioaktivnog zračenja na ljudski organizam, Međunarodna konferencija Ecological safety in post-modern environment, Banja Luka RS, 26-27. Jun 2009.
- Vujić, J., Antić, D.: „Ekološke i zdravstvene posledice Nato bombardovanja s akcentom na osiromašeni uranijum“, Nova srpska politička misao, 31. mart 2015.
- Galan Lopez M., Martin Sanchez A., Gomez Escobar V.: „Application of ultra-low level liquid scintillation to the determination of ^{222}Rn in groundwater“, J. Radioanal Nucl Chem, 2004.
- Draganić, I., Draganić, Z., Adolf, R.: „Radijacija i radioaktivnost na Zemlji i u Vasioni“, Dečje novine, Gornji Milanovac, 1991., str. 306. u Đarmati, A. Š., Jakovljević, R. V.: Civilna zaštita u SR Jugoslaviji, Studentski trg, Beograd, 1996
- Depleted Uranium in Bosnia and Herzegovina: Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP Report, ISBN 92-1-158619-4, 2003.

- Depleted Uranium in Kosovo: Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP Report, 2001.
- Depleted Uranium in Serbia and Montenegro: Post-Conflict Environmental Assessment, UNEP Report, ISBN 92-807-2146-1, 2002.
- Đarmati, A. Šimon, Jakovljević, R. Vladimir: Civilna zaštita u SR Jugoslaviji, Studentski trg, Beograd, 1996.
- Zanders J. P.: „Assessing the Risks of Chemical and Biological Weapons of Proliferation to Terrorists”, The Nonproliferation Review 6 (Fall 1999), pp 17-34 u Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteransko studije, Tivat, 2011.
- Jović, R., Lukić, D.: Hemijsko-radijaciona dimenzija bezbjednosti, Fakultet za mediteranske studije, Tivat, 2011.
- Lukić-Andelković, M.: Hemijski, radiolološki i ekološki aspekti agresije Nato-a na SRJ, Kosovo i Metohija u civilizacijskim tekovinama, Filozofski fakultet Univerziteta u Prištini, Kosovska Mitrovica, 2010.
- Lukić-Andelković, M.: Ekološke posledice Nato bombardovanja naše zemlje, Italijanska koordinacija za Jugoslaviju, Beograd, 2004.
- Latortue, J. B.: Nuclear Weapons and Terrorism: A Dangerous Mix, The International Affairs Review, September 30th, 2016.
- Nadić, D.: Održivi razvoj i principi održivog razvoja u strateškim dokumentima Republike Srbije, Godišnjak FPN, br. 6, decembar 2011, (213-224), str. 215.
- Nikčević M., Anđelić T.: „Radioaktivnost i jonizujuća zračenja, detekcija, dozimetrija i zaštita od jonizujućih zračenja“, OSCE, Podgorica, 2011.
- Orlić, M.: Osiromašeni uranijum kao produkt nuklearne tehnologije, XLIV Konferencija za Etran, Sokobanja, 26-29. juna, 2000, str. 35-42.
- Ristanović, E.: „Medicinski i bezbednosni izazovi 21. veka – Bioterorizam“, ABC časopis urgentne medicine, vol. XVI, godina 2016, broj1, (8-19).
- Saračević, L., Mihalj, A., Samek, D., Gradašćević, N., Zovko, E.: Osiromašeni uranijum u BiH, V. simpozij HDZZ, Stubičke Toplice, 2003, 302-309.
- Sarap, N. B., Janković, M.M., Todorović D. J., Nikolić, J. D., Kovačević M. S.: Environmental radioactivity in southern Serbia at locations where depleted uranium was used, The Journal of Institute for Medical Research and Occupational Health, Vol. 65, Issue 2, Jun 2014, pp. 189-197.
- Simeunović D.: Terorizam, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2009.
- Ćirić, A.: „Koliko nismo pogođeni ili Balkanski sindrom“, Vreme, br. 591, 2. maj 2002.
- Ćirić, A.: „Šta se krije iza brda laži?“, Vreme, br. 592, 9. maj 2002

- Cvetković, V.: Upravljanje u vanrednim situacijama izazvanim zloupotrebom oružja za masovno uništavanje, Kriminalističko-policijska akademija, Beograd, 2012.
- Cvetković, V.: „Mogućnosti zloupotrebe biološkog oružja u terorističke svrhe“, Bezbednost, godina LV 1, 2013, (122-140)
- Cvetković M. V., Mlađović I.: „Mogućnost zloupotrebe nuklearnog oružja u terorističke svrhe i krivičnopravna zaštita“, Subjekti sistema bezbjednosti u ostvarivanju bezbjednosne funkcije države, VII međunarodni naučni skup „Dani bezbjednosti“, Fakultet za bezbjednost i zaštitu, Banja Luka, 2015.

Sadržaji sa Interneta:

- Agencija za zaštitu životne sredine: Otpad i upravljanje otpadom, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=207&id=202&akcija=showXlinked#a1>, pristupljeno 20. februara 2017.
- Arms Control Association: „Timeline of Syrian Chemical Weapons Activity, 2012-2017“, <https://www.armscontrol.org/factsheets/Timeline-of-Syrian-Chemical-Weapons-Activity>, pristupljeno 5. maja 2017.
- Vjesti, <http://www.vijestio.com/vijesti/region/c-gora-lustica-postaje-ekskluzivno-turisticko-naselje/>, pristupljeno 11. maja 2017.
- International Commission on Radiological Protection: Committee 1
- Radiation Effects, http://www.icrp.org/icrp_group.asp?id=7, pristupljeno 24. aprila 2017.
- Javno preduzeće Nuklearni objekti Srbije: Sektor za radijacionu sigurnost, http://www.nuklearniobjekti.rs/?page_id=53, pristupljeno 28. aprila 2017.
- Kako se u Srbiji čuva nuklearni otpad?, http://www.seio.gov.rs/upload/documents/eu_fondovi/nuklearni_otpad.pdf, pristupljeno 19. aprila 2017.
- Lovelock J.: Formulation of the Gaia Hypothesis (section 2), Mountain Man Graphics, Web Publication by Australia in the Southern Autumn of 1996, http://www.mountainman.com.au/gaia_jim.html, pristupljeno 20. aprila 2017.
- „Nejonizujuće zračenje“, <http://www2.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/jnzz/ZastitaNJZ.pdf>, pristupljeno 20. aprila 2017.
- „Neporecivi rezultati“ U sirijskom napadu korišćen gas sarin, kaže međunarodna organizacija, Blic, 19.04. 2017., <http://www.blic.rs/vesti/svet/neporecivi-rezultati-u-sirijskom-napadu-koriscen-gas-sarin-kaze-medunarodna/dc9cbc2>, pristupljeno 5. maja 2017.
- Nuclear Threat Initiative: Nuclear terrorism, December 31, 2015, <http://www.nti.org/learn/nuclear/>, pristupljeno 29. aprila 2017.
- Plećaš I., Plećaš M., Pavlović M. Mataušek: Argumenti za formiranje programa nuklearni reaktori i radioaktivni otpad, http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/39/077/39077387.pdf, pristupljeno 19. aprila 2017.

- Radioaktivno zagađivanje i zaštita i buka i zaštita od buke, http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/IV%20semestar/Zastita%20zivotne%20sredine/Predavanja/7aZZSsedma_radijacija_buka2.pdf, pristupljeno 28. februara 2017.
- Sites identified as being targeted in Kosovo by NATO in 1999 by depleted uranium, <http://www.kosovo-metochia.org/2016/02/07/sites-identified-targeted-kosovo-metochia-nato-1999-depleted-uranium-map/>, pristupljeno 9. maja 2017.
- The University of Iowa – Enviromental Health & Saftey, Radiation Protection Guide: Dose Limits and Assessment, <https://ehs.research.uiowa.edu/31-maximum-permissible-dose-limits>, pristupljeno 25. aprila 2017.
- UNEP, „Depleted uranium in Bosnia and Herzegovina Post-Conflict Environmental Assessment, March 2003, http://postconflict.unep.ch/publications/BiH_DU_report.pdf, pristupljeno 11. maja 2017.
- Uranium and Radiation on the Navajo Nation, https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/atsdr_uranium_and_radiation_health_dec_2014_web.pdf, pristupljeno 9. maja 2017.
- Uranium and Radiation on the Navajo Nation, https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/atsdr_uranium_and_radiation_health_dec_2014_web.pdf, pristupljeno 8. maja 2017.
- Wrath of God: „Osama bin Laden Lashes Out Against the West“, Time, January 11, 1999, <http://content.time.com/time/world/article/0,8599,2054517,00.html>; and U.S. Department of State, "Fact Sheet: The Charges against International Terrorist Usama Bin Laden", Released by the Bureau of South Asian Affairs U.S. Department of State, Washington, DC, January 20, 2001, http://1997-2001.state.gov/www/regions/sa/bin_laden_charges.html u Rezaei F.: Shopping for Armageddon: Islamist Groups and Nuclear Terror, Middle East Policy Council, <http://www.mepc.org/journal/shopping-armageddon-islamist-groups-and-nuclear-terror>, pristupljeno 30. aprila 2017.
- Whitehead T.: „NATO Raises „Justified Concern“ That ISIL Is Plotting Nuclear Attack On Britain“, The Telegraph, April 19, 2016 www.telegraph.co.uk/news/2016/04/19/nato-raises-justified-concern-that-...; and Rachel Middleton, „Fears Brussels Cell Was Plotting Radioactive Attack after 11 Nuclear Workers' Access Passes Revoked“, International Business Times, March 25, 2016, <http://www.ibtimes.co.uk/fears-brussels-cell-plotting-radioactive-attack-after-11-nuclear-workers-have-access-passes-revoked-1551536>, pristupljeno 2. maja 2017.
- http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1419_web.pdf, pristupljeno 8. januara 2017
- <http://reader15.docslide.net/store15/html5/492015/55cf9db6550346d033aed95e/bg4.png>, pristupljeno 15. februara 2017.
- <http://reader21.docslide.net/store21/html5/202016/55cf97f0550346d033948dc6/bg4.png>, pristupljeno 22. februara 2017.
- <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photo-hands-holding-earth-image2595255>, pristupljeno 20. marta 2017.

- http://www.naturalnews.com/044512_californium_nuclear_waste_uranium.html, pristupljeno 22. marta 2017.
- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Fuel_pool.jpg, pristupljeno 9. april 2017.
- <http://webtribune.rs/madarska-i-bugarska-u-panici-alarm-za-srbiju/#>, pristupljeno 19. aprila 2017.
- <http://www.newyorker.com/news/news-desk/the-h-bombs-in-turkey>, pristupljeno 23. april 2017.
- 15 years on: Looking back at NATO's "humanitarian" bombing of Yugoslavia, <https://www.rt.com/news/yugoslavia-kosovo-nato-bombing-705/>, pristupljeno 8. maja 2017

Pravni izvori:

- Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine („Sl. glasnik RS“, br. 29/10)
- Zakon o upravljanju otpadom („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016)
- Zakon o zaštiti od jonizujućeg zračenja i nuklearnoj sigurnosti („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009 i 93/2012)
- Zakon o potvrđivanju Konvencije o zabrani razvoja, proizvodnje, skladištenja i upotrebe hemijskog oružja i o njegovom uništavanju („Sl. list SRJ - Međunarodni ugovori“, br. 2/00)

Ostali izvori:

- Basarić B.: „Praktična uputstva za zaštitu od jonizujućeg zračenja prema BSS (Basic Safety ^Standards) primena u kliničkoj praksi na Institutu za onkologiju Vojvodine u Sremskoj Kamenici“, master rad, Prirodno-matematički fakultet – Departman za fiziku, Novi Sad, 2010.
- Maksimović, S., N.: Dejstvo jonizujućeg zračenja na živu materiju – uticaj na zdravlje ljudi, diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2007.
- Elektromagnetska zračenja – jonizujuća zračenja (powerpoint prezentacija), 25. septembar 2012.