

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA EURÓPSKÝCH ŠTÚDIÍ A REGIONÁLNEHO
ROZVOJA**

1127788

Názov fakultyNázov vysokej školy

**ÚČINKY RÁDIOAKTÍVNYCH A JADROVÝCH ZBRANÍ
NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE**

2010

Marek Košťál

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA EURÓPSKÝCH ŠTÚDIÍ A REGIONÁLNEHO
ROZVOJA**

**ÚČINKY RÁDIOAKTÍVNYCH A JADROVÝCH ZBRANÍ
NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE**

Bakalárska práca

Študijný program:	Environmentálne manažérstvo
Študijný odbor:	4.3.3 Environmentálny manažment
Školiace pracovisko:	Katedra ekológie
Vedúci katedry:	prof. RNDr. Pavol Eliáš, CSc.
Školiteľ:	Ing. Žaneta Pauková, PhD.

Nitra 2010

Marek Košťál

ABSTRAKT

V bakalárskej práci sme analyzovali a vyhodnotili dostupné aktuálne informácie o problematike jadrových a rádioaktívnych zbraní s cieľom posúdiť ekologický impakt na ekosystémy, na zložky životného prostredia a ľudskú populáciu. Zamerali sme sa na posúdenie konkrétnych prípadov ich použitia v jednotlivých lokalitách. Prostredníctvom štúdia archívnych aj aktuálnych dokumentov sme získali údaje a fakty k skúmanému problému. Pri spracovaní bakalárskej práce sme využili kvantitatívne a kvalitatívne metódy. Problematiku sme analyzovali v jednotlivých kapitolách, porovnávali sme výpovede rôznych odborníkov a autorov, odvodzovali dôsledky a identifikovali vzťahy vyplývajúce na základe podobnosti s inými prípadovými štúdiami. Pomocou týchto metód sme prišli k výsledkom, ktoré vyjadrujú závažnú kontaminačnú kapacitu skúmaného druhu zbraní a uvádzajú do súvislostí ich bezprostredné letálne účinky, ako aj ich dlhodobé a kumulované efekty na biotu a špecificky ľudské zdravie, ktoré sa prejavili v lokalitách zhodenia atómových bômb. V Hirošime a v Nagasaki boli zaznamenané popri okamžitých letálnych účinkoch výbuchov aj oneskorené účinky karcinogénne, toxické a teratogénne. Podobné dlhodobé následky poškodenia zdravia a kontaminácie prostredia boli zaznamenané v oblastiach použitia rádioaktívnych zbraní z ochudobneného uránu v Iraku, Srbsku a Afganistane. K týmto poznatkom sme pridali aj názorné grafické vyjadrenia zistených skutočností. V závere sme upozornili na najzávažnejšie aktuálne ohrozenia jadrovými a rádioaktívnymi zbraňami a snažili sme sa prezentovať konkrétne aj všeobecné zistenia ich účinkov. Vzhľadom na to sme sa snažili zdôrazniť naliehavosť riešení v tejto problematickej oblasti a dať podnet na konzistentnú a rozhodnú snahu verejnosti i vedeckých kruhov k odhodlanému konaniu vo veci čo najširšej eliminácie jadrových a rádioaktívnych zbraní.

Kľúčové slová: jadrová zbraň, rádioaktívna zbraň, ekologická katastrofa, ochudobnený urán, rádioaktivita, zamorenie prostredia

SUMMARY

In this bachelor's work we have analyzed and evaluated available actual information regarding nuclear and radioactive weapons with the aim to analyze and evaluate ecological impact on ecosystems, elements of environment and human population. We have focused to consideration of their specific usage in certain localities. By means of archive and actual materials study we have gathered data and facts related to explored problem. To elaborate the work we have used qualitative and quantitative methods. We have analyzed problems in separate chapters, compared testimonies of various specialists and authors, derived subsequences and identified relations emerging out of the principle of analogy with other casual studies. Through the medium of these methods we have come to concluding results that articulate severe contamination by surveyed weapons and presented their adherence with immediate lethal effects, as well as their long-term and cumulated effects on biota and, specifically, human health that had manifested themselves in localities where atomic bombs had been dropped. In Hiroshima and Nagasaki, besides immediate lethal effects of blasts there were also recorded delayed carcinogenic, toxic and teratogenic effects. Similar long-term consequences of severed health and contamination have been observed in areas where radioactive weapons made of depleted uranium were used, such as Iraq, Serbia and Afghanistan. As an addendum to these information we have also attached visual representation of ascertained realia. In the conclusion we have warned before most serious actual threats posed by nuclear and radioactive weapons, strived to present tangible and broad findings on their effects. With respect to this we have emphasized the imperative to resolve solutions regarding this problematic area and we have tried to bring forward incentive towards consistent and decisive effort of public and scientific community to act willfully in a matter of the broadest elimination of nuclear and radioactive weapons.

Key words: nuclear weapon, radioactive weapon, ecological catastrophe, depleted uranium, radioactivity, environment pollution

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne, a že som uviedol všetku použitú literatúru súvisiacu so zameraním bakalárskej práce.

Nitra

.....

POĎAKOVANIE

Touto cestou vyslovujem poďakovanie pani Ing. Žanete Paukovej, PhD.za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

Nitra

.....

ZOZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ

a i.	a iní
a pod.	a podobne
cit.	citované
DNA	deoxyribonukleová kyselina (predstavuje súbor génov, jej úlohou je uchovávať a odovzdávať genetickú informáciu)
EMP	elektromagnetické pulzné žiarenie
EÚ	Európska únia
FAS	Federation of American Scientists (Federácia amerických vedcov)
Gy	gray (jednotka dávky žiarenia)
J/kg	joule na kilogram
LD	letálna dávka
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
napr.	napríklad
NATO	North Atlantic Treaty Organization (Organizácia Severoatlantickej zmluvy)
OSN	Organizácia spojených národov
pdf	Portable Document Format (formát prenositeľného dokumentu)
rem	röntgen equivalent man (jednotka dávkového ekvivalentu ionizujúceho žiarenia)
s.	strana
SPU	Slovenská poľnohospodárska univerzita
Sv	sievert (fyzikálna jednotka pre vyjadrenie relatívnej biologickej účinnosti žiarenia pre človeka)
Tab.	tabuľka
U	urán
vyd.	vydanie

OBSAH

ÚVOD	8
1. PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	9
1.1 Jadrové zbrane.....	9
1.1.1 Delenie nukleárných zbraní.....	10
1.1.2 Jadrové testy a ich sprievodné javy.....	10
1.1.3 Priebeh a následky nukleárnej explózie.....	11
1.1.3.1 Chronológia deštruktívnych efektov jadrovej bomby.....	12
1.1.4 Ionizujúca radiácia.....	13
1.2 Rádioaktívne zbrane.....	14
1.2.1 Delenie rádioaktívnych zbraní.....	15
1.2.2 Popis škodlivých účinkov na prostredie a človeka.....	18
2. CIEĽ PRÁCE	21
3. MATERIÁL A METODIKA	22
3.1 Vymedzenie záujmového územia.....	22
3.2 Charakteristika prírodných podmienok územia.....	22
3.3 Metódy.....	23
4. VÝSLEDKY A DISKUSIA	25
4.1 Hirošima a Nagasaki - lokality použitia atómových zbraní.....	25
4.1.1 Výbuch atómovej bomby v Hirošime a v Nagasaki.....	25
4.2 Irak, Srbsko, Afganistan - lokality použitia rádioaktívnych zbraní.....	29
4.2.1 Choroby z ožiarenia.....	30
5. NÁVRH NAVYUŽITIE POZNATKOV	34
6. ZÁVER	36
7. POUŽITÁ LITERATÚRA	37
8. PRÍLOHY	42

ÚVOD

Ekológia a stav ekosystémov zaznamenávajú aktuálne vplyvom ľudskej činnosti bezprecedentné ohrozenia v podobe zbraní produkujúcich okamžité rádioaktívne emisie a dlhodobé zamorenie. Ľudia si budú musieť dostatočne uvedomiť enormné nebezpečenstvo, ktoré predstavujú pre našu, ale aj najvzdialenejšiu budúcnosť, pre zachovanie relatívne intaktnej biodiverzity a pôvodnosti ekosystémov.

V tejto bakalárskej práci sme sa teda zamerali na účinky, následky použitia jadrových a rádioaktívnych zbraní na ekosystémy, životné prostredie a zdravie človeka. Tento druh zbraní sa od všetkých ostatných konvenčných typov líši v tom zásadnom rozdiely, že buď obsahuje nebezpečné rádionuklidy, alebo ešte aj produkuje silné emisie ionizujúceho žiarenia a častíc. Jadrové zbrane pri svojom výbuchu produkujú škálu zničujúcich efektov ako intenzívny záblesk žiarenia takmer všetkých vlnových dĺžok, tepelnú vlnu, tlakovú dynamickú aj statickú vlnu, následné zničenie infraštruktúry, požiare, závaly. Prevažná väčšina z nich pôsobí okamžite, krátkodobo. Škodlivé pôsobenie rádioaktívnych zbraní však nie je zjavné na prvý pohľad ako u zbraní jadrových, naopak pôsobí dojmom konvenčného streľiva. O to viac škodlivé sa ukazujú byť s pribúdajúcim časom, pretože ochudobnený urán, z ktorého pozostávajú kontaminuje prostredie na miliardy rokov. Jeho škodlivosť sa naplno prejaví, keď sa dostane do vnútorného prostredia organizmu, kde ako silný žiarič typu alfa a beta spôsobuje významné dlhodobé toxické, karcinogénne, mutagénne, a hlavne veľmi závažné teratogénne poškodenia. Kombináciou schopnosti poškodiť DNA pohlavných buniek a perzistenciou v prostredí v rádovo miliardách rokov predstavuje ochudobnený urán najväznejšiu hrozbu pre človeka, ekosystémy, a celkovo život na zemi v jeho súčasných podobách. Preto jadrové zbrane, ktoré pôsobia rádioaktívne iba niekoľko rokov, či desiatok rokov majú v porovnaní s rádioaktívnymi zbraňami síce počiatočne dramatické, ale predsa len veľmi obmedzené účinky. Teratogénne účinky jadrových zbraní sú veľmi nízke a na hranici zistiteľnosti. Nebezpečenstvo rádioaktívnych zbraní z ochudobneného uránu sa preto javí ako to najhoršie riziko pre živé systémy prírody a preto sa v nasledujúcich kapitolách zaoberáme posúdením obidvoch spomenutých typov zbraní, ich charakteristikou a porovnaním, ako sa aj zmieňujeme o prípadoch ich reálneho nasadenia a známych následkoch.

1. PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 JADROVÉ ZBRANE

Jadrová - atómová energia je energia uvoľňujúca sa pri jadrových reakciách, keď sa mení zloženie a štruktúra atómových jadier. Jadrovú energiu možno získať jadrovým štiepením ťažkého jadra na dve, alebo viac ľahších jadier, alebo jadrovým zlučovaním (jadrová syntéza, jadrová fúzia), keď naopak dochádza k zlúčeniu niektorých ľahkých jadier na ťažšie jadro (Paulička a i., 2005).

Jadrová energia vzniká ako uvoľnená potenciálna energia, ktorá sa nachádza vo väzbách medzi časticami atómu. Táto energia sa uvoľňuje pri rozštiepení štruktúry atómu, konkrétne jeho jadra, kedy zaniknú vplyvy väzbových síl a prejavia sa odpudzujúce elektrostatické sily. Tieto sily udeľujú časticiam veľké pohybové energie, ktoré zase častice predávajú ďalej pri zrážkach s inými časticami. Kumulovane tak vzniká ionizácia prostredia a veľké reakčné teplo, čo sa prejavuje pri jadrových reaktoroch, u ktorých sa teplo postupne riadne odoberá na produkciu elektriny, alebo pri jadrových zbraniach, ktoré všetko teplo a žiarenie odovzdajú v jednom krátkom momente, čo pozorujeme ako výbuch.

Jadrové zbrane možno rozdeliť do dvoch skupín: atómové zbrane, ktoré sú založené na štiepnej nukleárnej reakcii a termonukleárne zbrane, ktoré vznikajú na základe spomenutého zlučovania atómových jadier. Zbrane hromadného ničenia pôsobia tlakovou silou, svetelným a tepelným žiarením, prenikavou radiáciou, rádioaktívnym zamorením a elektromagnetickým impulzom (Paulička a i., 2005).

Prvé pokusy s atómovou zbraňou začali Američania v Los Alamos na čele s fyzikom Oppenheimerom, po vstupe do vojny v roku 1941, v rámci vojenského projektu Manhattan. Veľkým problémom pri vývoji prvej atómovej bomby bolo stanoviť váhu kritického množstva obohateného uránu. Vyskúšaná bola bomba na testovacom území Alamogordo v Novom Mexiku. O pár týždňov neskôr boli zhodené atómové bomby na Hirošimu a Nagasaki (Harenberg, 1992). Na výbuch atómovej bomby je potrebné, aby v nej prebehla reťazová reakcia. Túto vypracoval na konci 30. rokov taliansky fyzik Enrico Fermi (The University of Chicago Library, 2008).

1.1.1 DELENIE NUKLEÁRNYCH ZBRANÍ

- **Nukleárne zbrane explodujúce na základe štiepenia jadier**

Zdrojom energie pre tento typ bômb je výlučne proces štiepnej reakcie. Pre takéto štiepenie nastávajú podmienky, keď sa zhromaždí nadkritické množstvo štiepneho materiálu. Týmto môže byť plutónium a urán. Tento dizajn štiepných zbraní bol použitý pri prvých a zároveň jediných dvoch bombách, ktoré boli použité vo vojne proti ľuďom – v Hirošime a Nagasaki.

- **Nukleárne zbrane explodujúce na základe zlučovania jadier**

Druhým typom jadrových bômb sú fúzne. Ich dizajn je založený na princípe spájania jadier ľahkých prvkov ako sú vodík a hélium, pričom výsledkom týchto reakcií je celá škála ťažších prvkov a produkcia celého spektra žiarenia a častíc. K reakcii dochádza pri obrovskom tlaku a teplote. Ako iniciátor slúži menšia štiepna atómová bomba. Pri jej explózii nastanú podmienky potrebné na rozbehnutie termojadrovej fúzie, ktorá by bola inak nedosiahnuteľná. Zbraň má teda aspoň dva stupne. Výsledná explózia je súčtom oboch stupňov.

1.1.2 JADROVÉ TESTY A ICH SPRIEVODNÉ JAVY

Potreba testovať rôznorodé účinky jadrových bômb vyústila do viacerých špecifických spôsobov, ako sa tieto testy prevádzajú. Testy majú rôznu silu, prevádzajú sa v rôznych výškach a tiež sa líšia v tom, či sa realizujú v atmosfére, na zemi, pod zemou, alebo pod vodnou hladinou. Sila a účinok explózie závisí od týchto premenných a dá sa aj cielene ovplyvňovať. Najdeštruktívnejšie účinky majú explózie prevedené vo výške niekoľko sto metrov nad povrchom. Ak sa explózia odohrá na zemskom povrchu, energia výbuchu smeruje do pôdy a zdvíha obrovské množstvá kontaminovanej pôdy, ktorá spôsobuje silný rádioaktívny spad. Vzniká veľký kráter s priemerom stoviek až tisícok metrov. Veľké objemy prachu zdvíhané do ovzdušia počas mnohých extenzívnych výbuchov môžu v krajnom prípade vytvoriť pre slnečné lúče nepriehľadnú clonu. Tento scenár je známy aj ako nukleárna zima.

Explózie pod vodnou hladinou majú podobný priebeh, ako tie na zemskom povrchu – veľmi rozsiahly spad kontaminovaných mäs hmoty (vody), ktorý sa vymrští do veľkých výšok. Slabšie nepriaznivé účinky majú exoatmosferické testy vo veľkých výškach.

Najmenšie priame dopady však majú testy podzemné, ak sú v dostatočnej hĺbke v zemi, ktorá zabraňuje rádioaktívnemu spadu a pohlcuje ionizujúce žiarenie. Tieto testy majú výhodu aj v možnostiach presnosti vyhodnocovania sily a efektov explózie (GlobalSecurity.org, 2010). Veľa jadrových testovacích území sa nachádza v relatívnej blízkosti obývaných oblastí, čo má za následok závažné poškodenie životného prostredia a zdravia ľudí. Asi najznámejším takýmto miestom testov je nevadská púšť v blízkosti hneď niekoľkých veľkých amerických miest, kde mohli obyvatelia počas obdobia najintenzívnejších testov priamo cítiť následky výbuchov atómových bômb a bol tu aj zaznamenaný zvýšený výskyt poškodení zdravia ožiarením. Ďalším známym miestom, kde jadrové testy zničili životné prostredie ľudí boli tichomorské atoly ako Bikiny, kde počas testu Castle Bravo došlo k asi najrozsiahlejšiemu znečisteniu prostredia rádioaktívnymi látkami na svete spomedzi všetkých jadrových testov.

1.1.3 PRIEBEH A NÁSLEDKY NUKLEÁRNEJ EXPLÓZIE

Jadrová explózia je mnohofázový proces, ktorého rôznorodé prejavy sú dané širokým spektrom emitovaných častíc a žiarenia. Ako prvá sa prejavuje žiarivá sféra prebiehajúcich jadrových reakcií, s ktorou sa spájajú primárne prejavy ako silný záblesk svetla, intenzívne tepelné ožiarenie, röntgenová radiácia, mohutný elektromagnetický pulz, a ostatné formy časticových a energetických emisií, ktorých rýchlosti šírenia sú veľmi vysoké a prejavia sa v okolí takmer okamžite. V druhom slede pôsobia najmä sekundárne prejavy ako silný statický pretlak a dynamický ráz vzduchovej hmoty, zdvihnutý prach, trosky stavieb a stromov, úlomky, rádioaktívny spad, ktorých rýchlosť je oveľa menšia, ale spôsobujú významné poškodenia kvôli vysokým transferom energie.

Explózia atómovej zbrane predstavuje pre ľudské zdravie veľmi vážne ohrozenie, ak sa človek ocitne v oblasti bezprostredného rádiusu následkov explózie. Následky môžu byť v škále od ľahších, ktoré sa prejavia popáleninami, poškodením tkaniva tlakovou vlnou, úlomkami a črepinami a menším ožiarením cez štádiá veľmi silných spálenín, potrhania tkaniva, a extrémne vysokých dávok ožiarenia, ktoré spôsobia rýchly rozpad bunkových štruktúr tela až po podmienky, kedy sa človek vplyvom intenzívneho žiarenia vyparí. Bez ohľadu na tieto podmienky vždy hrozí vážne poškodenie zdravia z ožiarenia, ktoré závisí od vzdialenosti od epicentra výbuchu, prírodných podmienok, reliéfu krajiny a prijatých ochranných opatrení.

Uniknúť následkom jadrovej explózie úplne však nemožno. Nukleárna bomba vytvára počas svojej explózie kombináciu najťažších letálnych a deštruktívnych vplyvov. Niektoré sú veľmi intenzívne (silné ionizujúce žiarenie, tepelná žiara, detonačná sila rázových vln), iné pôsobia zase veľmi dlhý čas a trvale poškodzujú životné prostredie a zdravie ľudí (silný rádioaktívny spad, kontaminácia pôdy, vody atmosféry izotopmi rádioaktívnych solí, ktoré majú dlhý polčas rozpadu a sú v prostredí veľmi perzistentné).

1.1.3.1 Chronológia deštruktívnych efektov jadrovej bomby

Explózia atómovej zbrane sa prejavuje rôznorodými efektmi, ktoré vyplývajú z povahy tejto masívnej energetickej reakcie. Počas jadrového štiepenia a hlavne jadrovej fúzie dochádza k veľmi rýchlemu šíreniu reťazovej reakcie premeny atómových jadier a k produkcii nových prvkov za sprievodu uvoľnenia gigantických množstiev častíc hmoty a silnej emisie v prakticky celom vlnovom spektre energie. Následky týchto efektov závisia od mnohých vlastností prostredia, v ktorom sa výbuch odohrá. To sa prejaví parciálne počas jednotlivých štádií ktorými explózia prechádza.

- **Fáza izotermálnej sféry**

Pri charakterizovaní tejto fázy odborníci z Federácie amerických vedcov (FAS) popisujú, že v prvých okamihoch vzniká žiarivá guľa, z ktorej uniká radiačná energia a častice všetkými smermi. Jej teplota v prvých štádiách dosahuje desiatky až stovky miliónov °C. Sú to procesy podobné s tými, ktoré prebiehajú v reakčnom jadre slnka. Veľmi silné röntgenové žiarenie udržuje teplotu izotermálnej sféry na hodnote niekoľko miliónov °C. Táto fáza explózie trvá len veľmi malý okamih, avšak o to silnejšie následky spôsobuje. Keď sféra rastie, ako produkt reakcií sa uvoľňuje veľmi intenzívny svetelný záblesk, ktorý svojou silou presahuje desať milión krát relatívny svetelný prúd zo slnka. Tento záblesk svetla spôsobuje závažné poškodenie sietnice oka a dočasnú slepotu, ktoré môžu pretrvávať niekoľko minút, až dní.

Ďalším energetickým prejavom pri explózii je elektromagnetické pulzné žiarenie (EMP). Vzniká ako následok silného röntgenového žiarenia a prejavuje sa ako silný výboj elektromagnetického poľa, ktorý síce nie je škodlivý pre ľudské zdravie, indukuje však extrémne napätie vo vodičoch elektrického prúdu a ničí všetky elektronické zariadenia. Následky tohto

výboja sa prejavujú niekoľko minút viditeľnou atmosférickou vertikálnou stopou, ktorá siaha do najvyšších vrstiev stratosféry (Federation of American Scientists, 1998).

- **Fáza tlakovej vlny**

V expanznej fáze izotermálnej sféry zmes rozžiarených častíc postupne chladne na teplotu asi 200 až 300 tisíc °C. Tým, že emitované častice sféry svojím rýchlym rozpínaním zaberú priestor vzduchovým masám, vytláčajú ich do okolia. Ide o efekt hydrodynamickej separácie. Keďže sa to deje obrovskou rýchlosťou, vzniká silná tlaková vlna, ktorá uniká smerom od sféry rýchlosťou asi 30 km.s⁻¹. V týchto štádiách má sféra na povrchu teplotu asi tridsať tisíc °C. Po tom, ako rázová vlna smeruje do okolia sa jej časť odrazí od zeme v hypocentre výbuchu, pričom sa pod určitým uhlom stretne s prvotnou vlnou a ich sila sa fázovo sčíta. Jedná sa o aerodynamický Machov efekt. Vlna šíriaca sa do okolia tak zvyšuje deštruktívne následky výbuchu.

Počas výbuchu vznikajú dva tlakové efekty: statický pretlak a dynamické prúdenie. Statický pretlak oslabuje pevnosť dutinových hmôt a dynamické prúdenie ich následne trhá a láme, čo sa prejavuje na ničení stromov, obydľí a iných stavieb. Na ľudskom tele sa tlakové extrémny prejavujú hlavne na roztrhnutí ušných bubienkov, poškodení pľúc a na miestach, kde sa stretávajú tkanivá rôznej hustoty, ako sú kosti a svaly. Celková energia výbuchu je spotrebovaná na rôzne energetické a časticové efekty (Tab. 1 a Obr. 1 v prílohe).

1.1.4 IONIZUJÚCA RADIÁCIA

Rozoznávame štyri typy ionizujúcej radiácie:

Žiarenie alfa – relatívne ťažké častice vyžarované prvkami, ako je urán a plutónium. Ich penetrácia hmotou je veľmi obmedzená a nedokážu preniknúť ani pokožkou ruky.

Žiarenie beta – sú to elektróny pohybujúce sa veľkou rýchlosťou. Dokážu preniknúť do tela, ale ako ochrana proti nim postačí niekoľko milimetrová vrstva hliníka. Zadrží ich aj pevné oblečenie a obuv, ale pri kontakte s pokožkou vytvárajú popáleniny a sú nebezpečné pri vdýchnutí a prehltnutí, kedy pomaly ničia kosti a ostatné orgány tela.

Gama lúče – sú podobné röntgenovému žiareniu, ale majú vyššiu intenzitu. Ľahko prenikajú ľudským telom a poškodzujú tkanivá orgánov. Zastaviť ich dokáže až hrubá vrstva olova a betónu.

Neutróny – neutrálne častice vyžarované počas jadrovej reakcie. Majú silnú schopnosť penetrácie a tiež spôsobujú veľmi silné poškodenie živých tkanív. Ako tienenie sú potrebné hrubé vrstvy betónu a olova (World Information Service on Energy - Nuclear Information and Resource Service, 2002).

1.2 RÁDIOAKTÍVNE ZBRANE

Zbrane boli v histórii ľudstva primárne určené na získanie výhody v boji, ale po boji už prakticky neúčinkovali, čím sa dal dobre dávkovať ich bojový účinok. Výnimkou z tejto skúsenosti sú rádioaktívne a rádiologické zbrane.

Materiály, z ktorých sa skladajú ich bojové časti, alebo obaly sú rádionuklidy a ich rádioaktívne nestabilné izotopy iných prvkov, ktoré počas rádioaktívneho rozpadu spontánne vyžarujú gama lúče, ionizujúcu radiáciu a tiež dosahujú vysokú úroveň toxicity pre biologické systémy. Podľa Besedu a i. (1997) sa jedná sa o prvky ako urán, plutónium, kobalt, rádium, stroncium, cézium, amerícium, kalifornium, irídium, tórium, fluór, technécium, molybdénium, uhlík, jód a mnohé ďalšie. Ich použitie v zbraniach je dané ich špecifickými vlastnosťami, ako sú vysoká hustota, priehľadnosť, trieštivosť, zápalné vlastnosti, či dokonca schopnosť rádioaktívneho zamorenia. Tieto zbrane síce nemajú za účel vyvolať jadrovú štiepnu, či fúznú reakciu, ale ich devastačný účinok na životné prostredie a zdravie je rovnako veľmi závažný, lebo rádioaktívne látky rozptyľujú do okolia svojho účinku a vytvárajú veľmi intenzívnu a dlhodobú kontamináciu v rádovo tisícoch až miliónoch rokov. Hrozba týchto zbraní spočíva najmä v ľahkej dostupnosti pre bojové nasadenie, vo veľmi nízkych bezpečnostných opatreniach, ktoré sa prejavujú v oveľa širšom spektre taktických a strategických možností, kedy sa rádioaktívne zbrane používajú v porovnaní so štiepnymi a fúznymi jadrovými zbraňami. Ich použitie nie je často vnímané verejnosťou, ani obrannými zložkami štátov ako rovnako nebezpečné možno preto, lebo v momente nasadenia nevytvárajú také dramatické prejavy ako zbrane jadrové. O to horšie sú však ich účinky dlhodobé a neraz sa im v tomto smere vyrovnajú, či ich dokonca v ničivých aspektoch môžu prekonať. Podľa Besedu a i. (1997) sa jedná o subakútny a chronický toxický

účinnok, kedy dochádza ku kumulatívnym vlastnostiam rádioaktívnych xenobiotík. Je potrebné znova zvážiť následky a pravidlá použitia takých zbraní, lebo ich kontaminačná kapacita je príliš veľká na to, aby boli posudzované iba podľa explozívnej sily, ktorá sa prakticky nelíši od konvenčných zbraní. Skutočnosťou je, že pri súčasnom spôsobe používania vznikajú na svete zóny rádioaktívneho zamorenia, ktoré majú veľmi podobný charakter ako lokalita Černobyľskej katastrofy.

1.2.1 DELENIE RÁDIOAKTÍVNYCH ZBRANÍ

Prvý navrhnutý typ zbraní používajúcich rádioaktívne látky sú rádiologické bomby. Ich účelom je vyvolať intenzívnu kontamináciu prostredia, ktorá bude mať devastujúce následky na obranné zložky a civilnú infraštruktúru protivníka.

Ďalší hlavný typ rádioaktívnych zbraní sú projektily vyrobené z ochudobneného uránu. Rádioaktívne zbrane umožňujú vďaka mimoriadnym fyzikálnym vlastnostiam materiálov, z ktorých pozostávajú viaceré špecifické efekty, kvôli ktorým sú vo vojenstve používané napriek ich vedľajším negatívnym následkom. Tieto zvláštne vlastnosti materiálov ich predurčujú na použitie v balistických projektiloch rôznych kalibrov so zvýšenou prieraznosťou panciera. Ich podrobnejšiemu popisu a budeme venovať v ďalších kapitolách.

- **Rádiologické bomby**

Rádiologické bomby sa často označujú aj pojmom „špinavé bomby“. Ich princíp fungovania je založený na predstave čo najširšieho rozptýlenia rádioaktívneho materiálu v cieľovej oblasti. Dizajn je tvorený klasickou explozívnou náložou, ktorá je obklopená obalom, alebo prachom z rádioaktívnych prvkov. Iniciácia nálože zabezpečí silné rozptýlenie rádioaktívneho prachu do ovzdušia, vody aj pôdy. Nebezpečenstvo špinavej bomby spočíva aj v tom, že množstvo rádioaktívneho materiálu potrebné na jej disperznú časť môže byť relatívne malé, aj niekoľko desiatok gramov. Najnebezpečnejšie materiály sú v tomto ohľade rádioaktívne materiály, ktoré vyžarujú najmä žiarenie alfa, ktoré má veľmi silné letálne účinky na organizmus pri prehltnutí, alebo inhalácii. Tieto materiály sú tiež ťažko detekovateľné, lebo žiarenie alfa preniká do okolia iba na malú vzdialenosť (Zimmerman – Loeb, 2004).

V prípade explózie rádiologickej bomby v mestskom prostredí by vznikla silne zamorená oblasť, ktorá by znamenala vysoké straty na životoch a ťažké zdravotné poškodenia, pričom samotný výbuch by nemusel byť vôbec dramatickým javom, ako pri jadrovom výbuchu. To by sťažovalo evakuáciu a efektivitu prvkov civilnej obrany a ďalej zvyšovalo ničivé následky takej zbrane. Doba zamorenia by bola veľmi rozdielna, podľa polčasu rozpadu rádioaktívneho materiálu, ktorý by obsahovala (Krock – Deusser, 2003, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2002).

- **Balistické kinetické projektily**

Tento typ bojových prostriedkov je v zásade typický projektil, ktorý má zvýšený prierný účinok. Je zhotovený z vysokohustého materiálu a to mu zaručuje vysokú zotrvačnú kinetickú energiu, ktorú môže svojmu cieľu odovzdať pri náraze. Vďaka tomu sa účinok deštrukcie zosilní. Projektily nábojov rôznych priemerov (väčšinou 25 až 120 mm) a tvarov sú určené na prerážanie opancierovaných cieľov ako sú tanky, obrnené vozidlá, opevnenia, budovy so zvýšenou odolnosťou, osobné panciere a pod. Materiál, z ktorého sa tieto projektily zhotovujú, je ochudobnený urán U-238 a malé množstvo uránu U-235. Okrem hlavných projektilov sa ochudobnený urán používa aj na oplášťovanie protibunkrových bômb. V týchto zbraniach sa ho nachádza veľké množstvo, pri niektorých typoch aj niekoľko ton na jednu bombu, lebo ich plášť musí byť extrémne hrubý a ťažký, aby dosiahol prierné charakteristiky.

Na rozdiel od prírodného uránu U-238, ktorý obsahuje 0,7% uránu U-235, ochudobnený urán ho obsahuje len 0,23%. Tento materiál vzniká pri procese výroby palivových tyčí pre atómové elektrárne. V nich dochádza pri procese obohacovania uránu k separácii materiálu na obohatený urán a ochudobnený urán. Obohatený urán je použiteľný pre jadrové reaktory a ochudobnený urán je vedľajším produktom, ktorý je buď skladovaný ako rádioaktívny odpad, alebo sa z neho vyrábajú ďalšie produkty. Tak sú vytvárané dostatočné, dostupné a lacné prebytky ochudobneného uránu a je možné ho použiť na výrobu zbraňových systémov. Okrem toho sa používa na výrobu tienenia röntgenového žiarenia pre zdravotnícke prístroje, v radiačnej terapii, rádiografii, alebo ako balastné vyvažovacie hmoty pre lietadlá. Jeho hustota je 19,07 g/cm³, čo predstavuje takmer dvojnásobok hustoty a hmotnosti olova. Vyparovanie uránu nastáva pri teplote okolo šesťsto °C. Polčas rozpadu uránu U-238 je až 4,5 miliardy rokov (Rostker, 2000).

Nebezpečenstvo uránu plynie z jeho rádioaktívnosti, ale aj z vysokej biologickej toxicity. Pri použití v projektiloch sa pri náraze projektilu urán mení v hustý oblak rádioaktívneho aerosólu a tiež dochádza k jeho zapáleniu. Týmto spôsobom vzniká rozsiahla kontaminácia prostredia, kde došlo k nárazu projektilu z ochudobneného uránu. Oblak uránového prachu má tendenciu ľahko sa šíriť na veľké vzdialenosti od miesta bojového použitia. V jednom prípade bola zistená prítomnosť kontaminácie izotopov z uránovej strely až 42 km od miesta nárazu strely (Miraki, 2002). Silne zamorené zostávajú aj trosky cieľa zasiahnutého strelivom z ochudobneného uránu. Trosky nemôžu byť zošrotované a znova použité na roztavenie, lebo predstavujú silný zdroj kontaminovaného materiálu a ich ďalší manažment je veľmi problematický. Možnosťou je vyčistenie takejto ocele od uránových kontaminantov, to je však technologicky a finančne veľmi nákladný proces. Tak vznikajú ďalšie riziká potenciálnej kontaminácie pridružených prostredí a látok v procese spracovania ocele. Nebezpečenstvo ďalej narastá, keď zväžíme fakt, že bremeno spracovania takýchto trosiek znáša práve krajina, ktorá bola vystavená vojnovému konfliktu a útoku zbraňami z ochudobneného uránu. Je vysoko pravdepodobné, že taká krajina nebude disponovať dostatočnými možnosťami na adekvátne a bezpečné zaobchádzanie s kontaminovanými troskami kvôli rozvráteným hospodárskym kapacitám a celkovému vyčerpaniu konfliktom (Pesic, 2002).

I keď má urán U-238 relatívne nízku intenzitu vyžarovania, ide o prvok s veľmi dlhým polčasom rozpadu a preto je schopnosť prostredia vyrovnať sa s následkami kontaminácie prakticky nemožná. Napriek svojej nízkej intenzite ionizujúcej radiácie spôsobuje urán pri inhalácii vzduchom, alebo pri požití cez potravu a vodu silné poškodenia. To predstavuje pre prírodné ekosystémy a človeka neodvratné riziko genetických mutácií a chorôb z ožiarenia. Použitím ochudobneného uránu vznikajú ešte horšie celkové dávky ožiarenia, ako spôsobujú jadrové zbrane, ktoré sú považované za vrcholnú hrozbu pre život na Zemi.

- **Pancierovanie z ochudobneného uránu**

Dôvod na použitie uránu v pancierovaní je podobný ako v prípade balistických projektilov. Projektily z uránu využívajú svoju vysokú mernú hmotnosť na dosiahnutie vysokých prenosov dynamickej kinetickej energie na malé miesto, čo vyvoláva penetráciu oceľového panciera. Pancierovanie z ochudobneného uránu má opačný efekt, lebo tým že má vysokú hustotu a hmotnosť, je schopné pohltiť omnoho vyššie množstvá energie, ako oceľové pancierovanie. Problémom je opäť vznik aerosólového oblaku, ktorý vzniká pri dopade projektilov na uránové

pancierovanie. Dochádza k rovnakému efektu zamorovania prostredia, kde sa oblak vytvoril. Ohrozené sú nielen posádky takých bojových systémov, ktoré sú vybavené pancierovaním z ochudobneného uránu, ale aj všetci ľudia, čo s takouto technikou prídu po bojovom incidente do kontaktu. Všetky látky, ktoré slúžia na čistenie a údržbu takto vybavenej bojovej techniky možno takisto považovať za rádioaktívne kontaminované a zdraviu nebezpečné. Tým vznikajú pridružené vysoké objemy hmôt, ktoré treba považovať za rádioaktívny odpad a skladovať ho adekvátne k jeho povahe. Realita je však taká, že toto sa často nedeje a rádioaktívne kontaminované látky a materiály unikajú voľne do prostredia.

Posledným potenciálnym zdrojom úniku ochudobneného uránu je výroba a recyklácia týchto bojových systémov. Množstvá uránu, ktorý takto môže uniknúť do prostredia je teoreticky malý, lebo výrobné a recyklačné závody by mali dodržiavať zásady bezpečnosti pri spracovaní a manipulácii s rádioaktívnymi látkami. Vzhľadom na fakt, že sa tieto procesy odohrávajú vo vojenskom a nie civilnom sektore prístupnom verejnej kontrole, môžu byť niektoré riziká prehliadané, ak sa jedná o strategické záujmy dodávok systémov, ktoré svojou obrannou prioritou a naliehavosťou môžu vyústiť do zámerného nedodržania bezpečnostných hľadísk, aby sa urýchlila produkcia.

1.2.2 POPIS ŠKODLIVÝCH ÚČINKOV NA PROSTREDIE A ČLOVEKA

Ako sme už spomenuli vyššie, rádioaktívne zbrane spôsobujú širokú škálu chemických a fyzikálnych efektov, ktoré predstavujú intenzívnu hrozbu pre živé ekosystémy a životné prostredie človeka. To, ako sa prejavia ich účinky závisí od mnohých faktorov.

V prvom rade ide o typ a množstvo rádioaktívnej látky, ktorá kontaminuje prostredie. Niektoré rádioaktívne prvky majú veľmi dlhý polčas rozpadu, čo sa prejavuje na ich malej intenzite gama žiarenia, lebo svoju celkovú energiu vyžiaria za dlhý čas. Ich nebezpečenstvo však spočíva v možnosti, že sa tieto látky dostanú z kontaminovanej pôdy, vody a vzduchu do tiel primárnych producentov a konzumentov, kde hrá významnú rolu žiarenie alfa a beta, ktoré má na ne veľmi patogénne účinky. Tieto prvky sú silne toxické a vytvárajú génové mutácie poškodením aminokyselinových párov DNA. V prípade prvkov s krátkym polčasom rozpadu je situácia opačná, lebo celková energia je vyžiarená za krátky čas vo forme intenzívneho gama žiarenia, ktorého následky sú často smrteľné, podľa dĺžky expozície, odolnosti a zdravotného stavu

postihnutého jedinca. Intenzita žiarenia alfa a beta je síce tiež proporciálne väčšia v porovnaní s prvkami s veľmi dlhým polčasom rozpadu, ale pri intenzite a letálnych účinkoch lúčov gama sú ich následky relatívne malé. Prvky s veľmi krátkym polčasom rozpadu sú teda spočiatku silnými rádiologickými žiaričmi, ale postupom času ich intenzita žiarenia rýchlo klesá. Sú to napríklad radón Rn222, ktorý má polčas rozpadu 3,82 dňa a je silným alfa žiaričom, či zlato Au198, ktoré polovicu energie vyžiari vo forme beta lúčov už za 2,7 dňa. Prvky s dlhým polčasom rozpadu sú slabými žiaričmi a rozpadajú sa veľmi dlhú dobu, ako napríklad urán U238, ktorý žiari v oblasti alfa až 4,5 miliardy rokov (Vanderbilt Environmental Health & Safety, 2007). Tým sa zvyšuje riziko sekundárnej radiačnej kontaminácie napríklad u živočíšnych a rastlinných druhov s dlhým reprodukčným cyklom. Dá sa predpokladať, že napríklad v Srbsku, kde bol ochudobnený urán použitý v bojoch, budú stromy vytvárať jeho významné depozity a tak sa môže spaľovaním opakovane recirkulovať do prostredia a jeho perzistencia bude veľmi vysoká.

Bez ohľadu na dobu rozpadu rádionuklidov, väčšina z nich sa zaraďuje do vysokej až veľmi vysokej vnútornej toxickej triedy. To teda určuje, že nielen typ rádionuklidu, ale aj spôsob jeho introdukcie do prostredia bude veľmi ovplyvňovať jeho škodlivosť pre živé systémy. Ak sa látka dostane v kompaktnom tvare iba na jedno izolované miesto, kontaminácia prostredia môže byť síce relatívne intenzívna, ale bude priestorovo izolovaná. Ak sa však rozpráši na malé prachové častice, či aerosól, môže dôjsť k transportu na veľké vzdialenosti v rozsahu až desiatok a stoviek kilometrov. Kontaminácia závisí od podmienok exponovanej plochy, či sa udiala na lokalite s prašným a suchým povrchom, pričom pôjde hlavne o eolický transport do šírky, alebo na mieste, kde je dostatok vlhky a pôjde skôr o transport v líniiach pozdĺž hydrologických koridorov. Kontaminácia v neobývanej a organicky slabo osídlenej oblasti je významovo menšia ako kontaminácia ku ktorej dôjde v husto obývanej oblasti, alebo v oblasti, kde je vysoká produkcia biomasy a intenzívne zastúpenie biologických druhov. Na to nadväzuje aj dynamika kontaminácie z hľadiska časovej funkcie. Primárna kontaminácia nemusí byť príliš vysoká, ale neskôr vplyvom transportu sa môžu vytvárať sekundárne ohniská - miesta akumulovanej vysokej kontaminácie prostredia, ako napríklad na dne jazier, riek, v dreve stromov, na záveterných návevoch prachu a piesku, alebo v telách organizmov, ktorých habitat je v prostredí exponovanom rádionuklidom. Ďalším aspektom, ktorý prispieva k zvyšovaniu koncentrácie rádionuklidov je potravinový reťazec a trofická pyramída. Druhy, ktoré sa vyskytujú na spodných etážach trofickej pyramídy budú mať vo svojich telách naakumulované iba malé množstvo týchto látok, avšak druhy nachádzajúce sa bližšie smerom k vrcholu trofickej pyramídy ich budú

obsahovať progradujúco viac a aj ich poškodenia budú závažnejšie, ako by sa dalo očakávať iba podľa primárnej kontaminácie. Rovnako bude závisieť transport kontaminantov od pohybového rádiusu organizmov na vyšších etážach trofickej pyramídy. Signifikantnú rolu v tomto smere hrajú napríklad vtáci, ktorí koncentrujú rádioaktívne prvky zo vzduchu ako média svojho pohybu, jednako to vyplýva z faktu, že sú často finálnymi konzumentmi a tiež z ich schopnosti rýchleho pohybu na veľmi veľké vzdialenosti. Ako uvádzajú Beseda a i. (1997), významne sa u nich prejavujú kumulatívne vlastnosti rádioaktívnych xenobiotík.

Závažnosť následkov kontaminácie prostredia rádionuklidmi teda nie je závislá iba od typu rádionuklidu, jeho primárnej koncentrácie, ale aj od reliéfu krajiny, vodného režimu krajiny, pôdneho zloženia, poveternostných a klimatických podmienok, počtu biologických druhov, množstva biomasy, migrácie druhov, intenzity hospodárenia a hustoty osídlenia.

2. CIEĽ PRÁCE

Cieľom predloženej bakalárskej práce bolo analyzovať a zhodnotiť ekologické účinky jadrových a rádioaktívnych zbraní na jednotlivé zložky životného prostredia, ako aj vplyv na zdravie ľudskej populácie. Parciálnym cieľom bolo posúdiť konkrétne prípady použitia týchto zbraní v ich lokalitách.

3. MATERIÁL A METODIKA

3.1 VYMEDZENIE ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA

Pre našu prácu sme si vybrali niekoľko miest, kde boli použité jadrové a rádioaktívne zbrane. Jadrovými zbraňami boli zničené mestá Hirošima a Nagasaki. Hirošima je situovaná na juhu japonského ostrova Honšú a mesto Nagasaki leží na juhu japonského ostrova Kjúšú. Rádioaktívne zbrane boli a sú na niektorých miestach ešte aj dnes aktívne využívané vo vojnových konfliktoch. Mesto Falúdža sa nachádza v centrálnom Iraku, v regióne blízkeho východu. Mesto Džalalabad môžeme lokalizovať v severovýchodnom Afganistane. V Prištine - mesto na juhu Srbskej Republiky - sa síce v súčasnosti nebojuje, ale v minulosti tu bola tiež využitá ničivá sila rádioaktívnych zbraní (Kolektív autorov, 2010).

3.2 CHARAKTERISTIKA PRÍRODNÝCH PODMIENOK ÚZEMIA

Charakteristika prírodných podmienok území, kde boli použité jadrové zbrane:

➤ Nadmorská výška Hirošimy je približne 10 m.n.m., nachádza sa na delte rieky Ota, na pobreží mora Seto (Bertilsson, 1999). Obkolesujú ho pohoria Čugoku na severe a Šikoku na západe. Klimatické pomery sú typické pre severné mierne pásmo s prímorským rázom a miernymi teplotnými rozdielmi. Zrážky sú prítomné počas celého roka a maximum dosahujú v letných mesiacoch (Climatetemp.info, 2010).

➤ Nadmorská výška Nagasaki je niekoľko málo metrov až niekoľko desiatok metrov nad morom, pretože zo zálivnej nížiny vystupuje roztrúsená pahorkatina, na ktorej mesto leží, preteká ním rieka Urakami (Encyclopædia Britannica, 2010). Klimatické pomery sú mierne. Prevláda prímorský ráz s miernymi teplotnými extrémami a výdatnými zrážkami počas celého roka (Climatetemp.info, 2010).

Charakteristika prírodných podmienok území, kde boli použité rádioaktívne zbrane:

➤ Klimatické pomery Falúdže sú výsledkom subtropického pásma, ktoré ich predurčuje na veľmi suché, veľmi teplé, s nízkymi celkovými zrážkami a nízkou oblačnosťou, aj keď na jar

prichádzajú záplavy od hôr. Typickou a prevládajúcou krajinnou črtou sú púšte a polopúšte s riedkou vegetáciou. Nadmorská výška je približne 50 m.n.m. Mesto sa nachádza v centrálnej nížine a preteká ním rieka Eufkrat (Macdonald, 2010).

➤ Priština s nadmorskou výškou 600 m.n.m., leží na úpätí Šarských vrchov. Klimatické pomery zodpovedajú severnému miernemu pásmu, do ktorého z juhu zasahuje vplyv teplého tropického pásma s mediteránnym rázom počasia. Charakteristickou je teda relatívne teplá klíma s úbytkom zrážok a oblačnosti smerom na juh. Pod mestom preteká v tuneli rieka. Krajinný ráz dotvára bohatá vegetácia listnatých lesov (About.com: Geography, 2005).

➤ Mesto Džalalabad má nadmorskú výšku 560 m.n.m. a nachádza sa v Laghmanskom údolí, na sútoku riek Kábul a Kunar. Podnebné pásmo je subtropické, ale vďaka vplyvu pohoria Hindukúš sa podobá klimatickými podmienkami miernemu pásmu. Má silne vnútrozemský charakter kvôli vplyvu rozsiahlych pohorí, čo zapríčiňuje horúce letá a studené zimy. Zrážkové pomery sú sezónne výdatné a sú dané vplyvom monzúnov, ktoré sem zasahujú z oblasti Indie (Infoplease.com, 2009).

3.3 METÓDY

V závislosti od jednotlivých fáz získavania, skúmania a spracovávanía informácií, ktoré sú pre našu prácu kľúčové, sme metódy rozdelili do troch skupín:

- **Metóda prípravy na vedecko-výskumnú činnosť**

Do tejto skupiny sme zaradili Štúdium archívnych materiálov. Prostredníctvom tejto metódy sme sa zorientovali v danej problematike, určili sme, akým smerom sa bude naša práca uberať, čo bude pre prácu prínosné a čo redundantné. Naším cieľom bolo nazbierať čo možno najviac aspektov k našej téme, z ktorých sme si neskôr vytvorili osnovu práce, ktorá má byť prínosom svojim novým pohľadom na riešenú problematiku. Na to sme použili prevažne bakalárske a diplomové práce študentov SPU.

- **Metóda získavania údajov a faktov**

Pomocou tejto metódy sme získali množstvo informácií o nami skúmanom probléme. Smerodajné pre nás boli pohľady a názory rôznych odborníkov, inštitúcií, organizácií a štatistik. Knižné, ale prevažne aktuálne informácie z internetových zdrojov sme preskúmali metódou štúdia dokumentov.

- **Metódy spracovania získaných faktov**

- Kvantitatívna metóda

Touto metódou sme štatisticky porovnali získané fakty, ktoré nám pomohli poodhaliť rozdiel medzi pôvodným stavom a stavom po zmene (ide napr. o štatistický rozdiel v úmrtnosti alebo degeneratívnych ochorení pred a po výbuchu atómovej bomby, mieru zamorenia rádioaktivitou pred a po explózii a pod.) Získané fakty porovnáваме aj vizuálne v tabuľke v prílohe.

- Kvalitatívne metódy

Medzi metódy, ktoré sme pri písaní našej práce aktívne využívali patrí analýza. Problematiku sme rozdelili na kapitoly, ktorých poznatky vysvetľujeme faktickým rozborom. Opačný princíp syntéza bola pre nás dôležitá pri stanovovaní záverov a výsledkov našej práce. Ďalšou metódou je indukcia, pozorovaním faktov vyvodzujeme všeobecné zákonitosti a tvrdenia (toto sa vzťahuje prevažne na fyzikálno-chemické reakcie a z nich odvodené následky). Zo všeobecných zákonitostí získaných indukciou sme potom prostredníctvom dedukcie odvodzovali všetky dôsledky (napr. ak je zákonitosťou výbuchu jadrovej zbrane tepelná reakcia, jej dôsledkom potom budú požiare a popáleniny na ľudskom tele, nachádzajúcom sa v blízkosti explózie.) Poslednou metódou tejto skupiny je komparácia. Je to jedna z najdôležitejších metód, ktoré sme v našej práci aktívne využívali. Pomocou nej sme porovnávali nielen výpovede a názory odborníkov, výskumníkov a teoretikov, ale aj naše hypotézy, ktoré sme si stanovili v úvode tejto bakalárskej práce s výsledkami, ku ktorým sme sa dostali v jej závere.

4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

4.1 HIROŠIMA A NAGASAKI - LOKALITY POUŽITIA ATÓMOVÝCH ZBRANÍ

Ako popisuje Pacner (1994), druhá svetová vojna v závere priniesla zmeny v technologickej úrovni zbraní a posunula ich vývoj, pričom najvýznamnejším posunom na poli apologetiky bolo práve vynájdenie atómovej bomby. Vývoj jadrovej bomby bol ukončený ako prvý v Amerike počas projektu Manhattan. Ku koncu druhej svetovej vojny došlo ku katastrofickému potvrdeniu práce vedcov, ktorí pracovali na vývoji bomby - k reálnemu odpáleniu atómovej bomby na civilných sídlach - japonských mestách Hirošima a Nagasaki, k totálnemu zničeniu ich infraštruktúry a takmer k vyhladeniu ich obyvateľov. Škody boli bezprecedentné a ukázali obrovskú ničivú silu atómových bômb v momente explózie, ale aj dlhodobé účinky radiačného zamorenia.

Iojoyš a i. (1984) o udalosti uvádzajú, že následky výbuchov z 6. a 9. augusta 1945 boli hrozivé a mali oveľa väčšiu ničivú silu, ako sa očakávalo. Pre tieto mestá útoky znamenali dohromady 410 tisíc obetí na životoch, ktorí zomreli v momente výbuchu, ale aj krátko po ňom v dôsledku ožiarenia a zranení. Bližšie údaje o akútnych úmrtiach počas útokov na mestá Hirošima a Nagasaki uvádzame v prílohe (Tab. 2 a Obr. 2. v prílohe). Atómové bomby však nezničili japonskú armádu, lebo len 5% obetí bômb boli vojenské jednotky a až 95% obetí boli neozbrojení obyvatelia miest. Následky týchto útokov sú prítomné dodnes, lebo kontaminácia prostredia rádioaktivitou a poškodenie génov vytvára ochorenia a vývojové poruchy aj po takmer 70 rokoch od udalosti.

4.1.1 VÝBUCH ATÓMOVEJ BOMBY V HIROŠIME A V NAGASAKI

Z pohľadu posádky bombardéra v prvom momente po odpálení atómovej bomby Little Boy dňa 6. augusta 1945 zažiarilo všade oslepujúce svetlo, nasledovala explozívna tlaková vlna, nad mestom sa dvíhal plamenný atómový oblak v tvare hríbu. Dosiahol výšku 12 km nad

hypocentrom výbuchu a spôsobil rádioaktívny spad formou čierneho dažďa padajúceho na ruiny mesta v plameňoch (Gensuikin, 2009).

Z pohľadu pozemného pozorovateľa po rozbehnutí reťazovej reakcie zažiaril na oblohe nad Hirošimou silný prúd svetla, ktorý dosahoval svietivosť tisíc násobku slnka. Potom sa ohnivá guľa rozrástla do priemeru 300 m a tepelná radiácia zohriala prostredie mesta v okamihu na teplotu päťtisíc °C, čo spôsobilo, že objekty vo vzdialenosti do 2 km sa vyparili, alebo roztavili na sklovitú amorfnú vrstvu. Radiačná tepelná vlna roztavila kamenné múry, vozovky, autá, voda v rieke vreľa. Ľudia, ktorí boli vo vzdialenosti do 2 km sa v momente výbuchu vyparili. Tí, ktorí sa nachádzali vo väčšej vzdialenosti zhoreli, alebo utrpeli ťažké popáleniny, ktorých následkom čoskoro podľahli. Prežil iba nepatrný zlomok ľudí, ktorí boli v tejto oblasti (Greenpeace, 2001). Po tepelnej vlne prišla nadzvuková tlaková vlna, ktorej rýchlosť dosiahla 1600 km za hodinu. Zničila všetky budovy, stromy a vertikálne útvary. V priebehu 2-3 sekúnd boli zničené všetky budovy v okruhu 2 km. Dynamická tlaková vlna rozbitím všetkých okenných tabúl vytvorila mračná sklenených črepín, ktoré sa hnali tesne za jej čelom v rozširujúcom sa kruhu od hypocentra výbuchu a zapichávali sa do všetkého, čo im stálo v ceste (Corley, 2009).

Zopár budov, ktoré mali spevnenú konštrukciu ako banky, modernejšie hotely neboli úplne zničené a ich železobetónové torzá zostali stát, aj keď interiéry boli rozlámané a zhorené. Výbuch jadrovej zbrane vydržalo iba 1% budov mesta do okruhu 6 km od výbuchu a všetky okná v okruhu 15 km boli rozbité. Vzhľadom na totálnu deštrukciu infraštruktúry dochádzalo k nekontrolovateľným únikom plynu a vody, čo zapríčinilo ďalšie živenie a rozrastanie požiarov, ako aj nemožnosť ich hasiť. Tlaková vlna z ľudí strhávala oblečenie. Následkom sily výbuchu zanikli ulice a všade bola len súvislá vrstva horiacich trosiek. Po týchto vlnách pôsobila ďalej iba reziduálna radiácia a spad, ktorých hodnoty boli veľmi vysoké a spôsobili masívny výskyt rakoviny a v dlhodobom meradle nezvratné genetické poškodenia, telesné malformácie a orgánové mutácie (Gensuikin, 2009).

9. augusta 1945 bola zhodená druhá jadrová bomba Fat Man na mesto Nagasaki. Primárne následky explózie v Nagasaki boli veľmi podobné tým z Hirošimy aj keď o trochu miernejšieho charakteru vďaka inému krajinnému reliéfu. Prirodzené terénne vlny tu dokázali pohltiť časť energie výbuchu a zároveň čiastočne cloniť šíreniu energetických a časticových tokov v prostredí. Následkom toho boli aj požiare v ruinách mesta miernejšie a podarilo sa ich uhasiť už za niekoľko hodín. O to ničivejšie následky však mala dramaticky zvýšená radiácia a spad vyplývajúce z dizajnu bomby založeného na plutóniovom základe, namiesto uránového.

Spôsobilo to ešte závažnejšie krátkodobé poškodenia zdravia ako sú choroby z ožiarenia, aj dlhodobé následky na ľudskom zdraví, rozsiahlejšiu sterilizáciu, vývinové poškodenia a fyzické defekty (Atomicarchive. 2009).

- **Bezprostredné poškodenie zdravia následkom ožiarenia**

Zdravý organizmus dokáže v procese metabolizmu úspešne neutralizovať nestabilné voľné radikály, ktoré ho poškodzujú. Ak sa ľudský organizmus nachádza určitý čas v prostredí kde pôsobí radiácia, začnú sa prejavovať u neho jej účinky symptómami choroby z ožiarenia. Ionizujúca radiácia preniká hlboko do tkanív, vytvára nezvládnuteľné množstvo voľných radikálov, ktoré obranný mechanizmus človeka nedokáže eliminovať. Tak nastáva rozpad bunkových štruktúr až zlyhanie životných funkcií v čase, ktorý závisí od intenzity ožiarenia.

- Radiácia od 20-50 rem: žiadne symptómy, zníženie stavu bielych krviniek
- Radiácia do 100 rem: mierne nevoľnosti, bolesti hlavy, mierne zmeny krvného obrazu, zvýšené riziko infekcie, dočasná sterilita mužov
- 100 rem – 200 rem: zažívacie problémy spôsobené rozvratom črevného prostredia, zníženie krvotvorby, po latentnej fáze únava, vyčerpanosť, nechúť do jedla, riziko infekcie s ťažkým priebehom, sterilita mužov, narušenie gravidity u žien
- 200 rem – 400 rem: nezastaviteľné krvácanie z úst, pod kožou a v obličkách, po latentnej fáze strata hmotnosti (do 50%), únava, zoslabnutie, silný úbytok leukocytov, sterilita žien
- 400 rem – 600 rem: letálna dávka dosahuje LD₆₀ až LD₉₀ po 30 dňoch, ženská sterilita, rozsiahle vnútorné krvácanie a infekcie
- 600 rem – 1.000 rem: akútne ožiarenie, smrť nastáva v takmer 100% prípadoch po 14 dňoch, zničenie kostnej drene, rozvrat biotického prostredia čriev, silná dehydratácia, infekcie, vnútorné krvácanie
- 1.000 rem – 5.000 rem: letálna dávka dosahuje LD₁₀₀ po 7 dňoch, silná vyčerpanosť, nevoľnosť, začervenanie kože, strata ochlpenia, nekróza tkaniva, úplný kolaps metabolizmu, delírium, kóma
- Radiácia nad 5.000 rem: okamžitý kolaps metabolizmu a nervového systému, dezorientácia, krvácanie, explozívne záchvaty dávenia, krajná dehydratácia, silné kŕče celého tela, kóma, smrť nastáva takmer okamžite, najneskôr však do 48 hodín

Neutrónové bomby, ktoré majú zosilnený žiarivý účinok môžu na malú vzdialenosť vyžiariť dávku niekoľko desaťtisíc až stotisíc rem (Jet Propulsion Laboratories, 2006). Podobne sa vyjadrujú viacerí autori (Global Oneness, 2010, E-Mission, 2004).

- **Oneskorené poškodenie zdravia následkom ožiarenia**

Vplyv radiácie na živé tkanivá vedie k poškodeniam bunecných štruktúr rôzneho rozsahu, ale aj k samotnej degenerácii genetického kódu, k mutáciám pohlavných buniek, kedy dôjde k narušeniu aminokyselinového sledu tripletov v DNA kóde, ktoré nemôžu byť rekonštruované do pôvodných sekvencií a zostávajú trvale poškodené.

- **Fauna a flóra**

Podľa Besedu a i. (1997) odpovedajú živé organizmy na ožiarenie rôzne, podľa miery ich citlivosti na radiáciu, podľa komplexnosti a mechanizmov obnovy telesných štruktúr, ktoré vyplývajú z rozdielov v metabolizme a v celkovej telesnej skladbe. Najodolnejšie sa ukazujú byť jednoduché, archaickejšie formy života ako sú pavúkovce, hmyz, či jednobunkovce. Komplexnejšie organizmy ako ryby, vtáky a cicavce sú vďaka svojej vysokej štruktúrálnej diferencovanosti a kvôli zložitosti procesov v nich prebiehajúcich omnoho zraniteľnejšie na poškodenie ožiarení. Tie zvieratá, ktorých prirodzený habitat je aspoň čiastočne mimo priameho dosahu žiarenia sú menej vystavené žiareniu ako tie, čo sú mu priamo vystavené na povrchu. V norách a dierach v zemi žijúce králiky, jazvece, hraboši a ďalšie vyššie stavovce sú teda aj lepším zdrojom potravy v prípade jadrovej katastrofy. Rizikovejšie sú ryby a najmä vtáky, pretože médium vody a vzduchu poskytuje oveľa slabšie tienenie pred ionizujúcim žiarením. Vzduch a voda absorbujú a po dlhú dobu transportujú rádioaktívne častice. Moisejev (1989) uvádza, že v prípade rozsiahlejšieho jadrového konfliktu vedúceho k vzniku nukleárnej zimy by mohli byť vážne ohrozené celé potravinové reťazce a nastať rozsiahle vymieranie rastlinných aj živočíšnych druhov Zeme.

Potraviny musia byť chránené v skladoch pod zemou, prípadne musia byť chránené protiradiačnými obalmi. Z hľadiska absorpcie rádioaktivity sú najnevhodnejšie na konzumáciu jedlá, ktoré obsahujú veľké množstvá soli. Nevhodné sú aj produkty z mlieka a morské jedlá. Naopak najvhodnejšie sú konzervované, denaturované a vákuovo balené potraviny ako sú

mäsové konzervy, zeleninové i ovocné zaváraniny a ďalšie potraviny v nepriedušných obaloch. Znížené dávky rádioaktivity možno očakávať v zelenine a rastlinách, ktorých jedlá časť sa nachádza v zemi a je tak chránená pred ožiaraním a kontamináciou. Z nadzemných plodín a plodov by sa mali konzumovať iba tie, ktoré majú kompaktný, ľahko umývateľný povrch bez pórov a sú pokryté odstrániteľnou šupkou. Všeobecne je na absorpciu rádioaktivity veľmi náchylné mäso a kosti, pričom malej absorpcii podliehajú tuky a masťné výrobky.

Pri vyhľadávaní vodných zdrojov je potrebné dodržať obozretnosť, lebo tieto sú po explózii jadrovej zbrane rôzne silno kontaminované. Beseda a i. (1997) konštatujú, že človek priemerne skonzumuje 550 – 700 l vody za rok a tá sa stáva médiom, ktorým sa rádionuklid inkorporuje do ľudského organizmu. Iným spôsobom je konzumácia rybieho mäsa. Najviac býva kontaminovaná voda v jazerách a pomaly tečúcich riekach, priehradách a kalužiach. Menej rádioaktívnych kontaminantov sa vyskytuje v hlbokých studniach, blízko pri prameni tokov a v rýchlo tečúcich tokoch. Kvalitu takejto vody možno zlepšiť filtráciou a prevarením. Najvhodnejšia je voda z chránenej infraštruktúry miest, podzemných umelých rezervoárov privádzaná trúbkami.

4.2 IRAK, SRBSKO, AFGANISTAN - LOKALITY POUŽITIA RÁDIOAKTÍVNYCH ZBRANÍ

Zbrane z ochudobneného uránu boli najmä v 20. a 21. storočí použité v niekoľkých konfliktoch, pri ktorých je ich nasadenie dobre dokázané a ich následky sa dodnes vyhodnocujú.

Prvou lokalitou použitia bola tzv. prvá vojna v zálive z roku 1991, kedy americká armáda bojovala proti armáde Iraku a Američania použili kinetické pribojné tankové strely, ale aj náboje menších ráží zhotovené z ochudobneného uránu (Maarten van den Berg, 2003). Rádioaktivita v niektorých miestach Irackého bojiska vykazuje viac ako 1000 násobné prekročenie rádioaktívneho žiarenia oproti prirodzenej pozadovej rádioaktivite. Na miestach vzdialených stovky metrov od dopadu uránových projektív bola nameraná priemerne 100 násobne prekročená prirodzená úroveň rádioaktivity. V prvej vojne v zálive bolo do prostredia sedimentovaných približne 320 – 1000 ton uránu na irackých bojiskách (Johnson, 2002).

Ďalším miestom použitia rádioaktívnych projektív bol konflikt v Srbsku v roku 1995. Armáda NATO pri útokoch na srbské strategické body zhadzovala prierazné bomby, ktoré mali

oplášťovanie z ochudobneného uránu. Taktiež došlo aj k použitiu veľkého množstva protitankových striel. Zamorenie a zdravotné následky sa neustále prehodnocujú (Johnson, 2002).

Nasledujúcim prípadom použitia zbraní z ochudobneného uránu je americká invázia do Iraku z roku 2003. Rovnako, ako pri predošlých konfliktoch, sa využili všetky typy rádioaktívnych zbraní: guľometné projektily, protitankové strely, prierazné bomby aj uránové pancierovanie (Maarten van den Berg, 2003). Celkovo sa v tejto oblasti spotrebovalo zhruba 2700 ton uránu so zníženou rádioaktivitou U 238 (Mackay, 2003).

Posledným miestom, kde v súčasnosti dochádza k použitiu uránových zbraní je Afganistan. Podľa dostupných výpovedí a podľa miery nasadenia zbraňových systémov obsahujúcich ochudobnený urán budú jeho celkové objemy kontaminácie mnohonásobne prevyšovať prípady zo Srbska a Iraku. Tieto údaje sú však slabo dostupné, pretože konflikt ešte stále prebieha a nie je tak možné získať ucelené závery o použitých množstvách ochudobneného uránu a povahe zamorenia území (Eyre, 2009).

Množstvá ochudobneného uránu použité v týchto lokalitách dosahujú hmotnosť desaťtisícov ton. Jeden projektil obsahuje až 0,3 kg ochudobneného uránu, ktorý sa premení pri dopade na extrémne toxický oblak, ktorý je po vstupe do organizmu silným alfa žiaričom a teda aj rakovinotvorným a mutagénnym prvkom. Len samotný protitankový guľomet vypáli 4200 uránových projektilov striel za minútu. V Srbsku bolo vystrelených približne 42000 uránových striel. Jedna kanónová strela obsahuje niekoľko kilogramov a prierazná bomba dokonca stovky kilogramov, až niekoľko ton uránu, ktorý dopadne na cieľ a zamorí ho (Maarten Van den Berg, 2003).

4.2.1 CHOROBY Z OŽIARENIA

Rádioaktívne materiály vyžarujú do okolia ionizujúce žiarenie rôznej dĺžky a povahy, líšiace sa účinkom na živé organizmy. Žiarenie sa dá rozdeliť na dva hlavné typy:

- elektromagnetické žiarenie, kde zaradíme elektromagnetické žiarenie a žiarenie gama
- časticové (korpuskulárne) žiarenie; teda žiarenie alfa, beta, protónové a neutrónové žiarenie

Vlastnosťou elektromagnetického žiarenia je, že dokáže pomerne ľahko prenikať do hĺbky tkanív a ionizovať tkanivá. Prenikavosť korpuskulárneho žiarenia závisí od náboja,

rýchlosti a hmotnosti častíc, ktoré ho tvoria. Následkom prenikania protónov do tkanív sa vytvárajú v bunkách voľné radikály H⁺ a OH⁻, ktoré poškodzujú DNA. Podľa Besedu a i. (1997) to vedie k fyzikálne podmieneným mutáciám a somatickým zmenám alebo k neoplastickým transformáciám poškodenej bunky .

Poškodenie tkanív závisí od absorbovanej dávky žiarenia. Jednotkou dávky žiarenia je joule na kilogram (J/kg) a nazýva sa gray (Gy). Dávkový ekvivalent žiarenia vyjadrujeme ako súčin absorbovanej dávky žiarenia a faktoru Q (vplyvu rôznych typov žiarenia), jednotkou je sievert (Sv). Z uvedeného vyplýva, že poškodenie ionizujúcim žiarením závisí na dávke, trvaní expozície, mieste, funkcii a teplote orgánu, ktorý bol ožiarený. Všetky živé organizmy sú vystavené efektu nízkodávkového radiačného pozadia a pohybuje sa medzi 2-4 mSv/rok. 80% absorbovanej dávky pochádza z prirodzených zdrojov - radón, kozmické žiarenia, rádionuklidy v pôde. Zostatok pozadia radiácie súvisí s diagnostickým využitím rádioaktívnych zdrojov v medicíne (Uhliariková – Hlinková, 2002). Najzávažnejšej expozícii ionizujúceho a časticového žiarenia bývajú v posledných rokoch vystavení práve obyvatelia krajín, kde došlo k vojne, v ktorej boli použité zbrane z ochudobneného uránu.

- **Akútne poškodenie z ožiarenia**

Beseda a i. (1997) konštatujú, že ožiarenie sa u človeka prejaví v prípade akútneho poškodenia viacerými syndrómami, ktorých prítomnosť je závislá od intenzity žiarenia, doby expozície, množstva zasiahnutého tkaniva, obrannej odpovede organizmu a liečby. Následkom je napr. postiradiačný syndróm, lokálne poškodenie, poškodenie zárodka alebo plodu. Podľa Uhliarikovej a Hlinkovej (2002) možno syndrómy z ožiarenia rozdeliť na 3 hlavné skupiny:

- Neurovaskulárny syndróm (dávka > 50 Gy): nausea, dávenie, apatia, ataxia, letargia, svalové kŕče, šok, srdcová arytmia, smrť nastáva po 24 až 48 hodinách
- Gastrointestinálny syndróm (dávka 10 Gy - 30 Gy): anorexia, dávenie, dehydrácia, obehové kolapsy, odumieranie črevnej sliznice, rozsiahle straty plazmy, rekonvalescencia býva ťažká a smrť nastáva u viac ako polovice zasiahnutých osôb
- Hemopoetický syndróm (dávka 2 – 10 Gy): príznaky sa prejavia 6 – 12 hodín po expozícii, nausea, dávenie, anorexia, podráždenie a začervenanie kože a spojiviek, poškodenie kostnej drene, lymfatického systému, krvotvorby, sleziny a ďalších

radiosenzitivných tkanív, rekonvalescencia nastupuje po 4 – 8 týždni od ožiarenia a trvá väčšinou do 1 roka

Mortalita pri dávke 1 Gy a menej je zanedbateľná. Pri dávke 15 a viac Gy je takmer 100%. Mnoho chorých po expozícií 7-10 Gy prežíva po transplantácii kostnej drene a rastových faktorov. Nepoznáme žiadne liečenie, ktoré by bolo schopné ovplyvniť neskoré následky iradiácie.

- **Neskoré prejavy poškodenia z ožiarenia**

Táto kategória zdravotných poškodení je typicky prítomná u obetí, ktoré boli vystavené kontaminácii pri súčasných vojnových konfliktoch v oblastiach, kde sa rádioaktívne zbrane z ochudobneného uránu použili. Jedná sa o krajiny: Irak, Macedónsko, Srbsko a Afganistan. Spojenecké vojská používali v týchto konfliktoch kinetické priebojné projektily z ochudobneného uránu U 238 kalibernej veľkosti 20 – 30 mm ako významnú protitankovú zbraň. Tým sa mnoho uránu 238 dostalo do ovzdušia, pôdy, vody, kde bude trvalo prítomné miliardy rokov. Mnohí obyvatelia zasiahnutých oblastí trpia dosiaľ nevyskytujúcimi sa ochoreniami. Dnes sa čoraz častejšie týmto ochoreniam hovorí „syndróm vojny v zálive“. Zahŕňa poškodenie kože, krvotvorby, očnej šošovky, genetické poškodenia vývojové orgánové poruchy, nádorové ochorenia, poškodenia imunitného systému, prenatálne vývojové deformácie a malformácie orgánov, zvýšený výskyt sterility, neurologické ochorenia, úmrtia, pričom ich výskyt priamo koreluje s výskytom uránu U 238 v telách ľudí (Bertell, 2007). Beseda a i. (1997) sa týmito vývojovými poškodeniami a malformáciami zaoberajú pri štúdiu teratogenity. Zvýšenie výskytu rakoviny v lokalitách Iraku zasiahnutých ochudobneným uránom ilustrujeme v prílohe (Tab. 3 a Obr. 3 v prílohe).

V roku 1989 pripadalo na 100000 narodení iba 11 s vrodenými poruchami. V roku 2001, teda po kontaminácii ochudobneným uránom počas konfliktov to bolo až 116 vrodených porúch na 100000 narodení (Tab. 4 a Obr. 4 v prílohe). Veteráni – vojaci vojny v zálive vykazujú v 67% prípadov narodenia svojich detí závažné vývojové vady ako nevyvinuté kostrové časti, chýbajúce oči, či deformácie orgánov. Pri výskume zameranom na týchto vojakov bol zistený urán U 238 až u 14 z 27 z nich. Takisto bol zistený jeho výskyt v ich pľúcach a kostiach (Johnson, 2002). Odhad britskej UK Atomic Energy Authority hovorí, že do konca 21. storočia zomrie následkom uránovej kontaminácie v Iraku ďalších približne 500000 ľudí (Mackay, 2003). Množstvo

vrodených porúch následkom poškodenia pohlavných buniek spomínané pri konflikte v Iraku je svojimi rozmermi neporovnateľne vyššie ako bolo zaznamenané po atómových výbuchoch v Hirošime a Nagasaki. Ohľadom dlhodobých následkov na ľudské zdravie sa preto rádioaktívne zbrane z ochudobneného uránu U 238 javia neporovnateľne nebezpečnejšie ako samotné jadrové zbrane, ktoré sú považované za najhoršiu hrozbu pre ľudstvo. Počiatočná zdanlivá neškodnosť rádioaktívnych projektilov a bômb však vytvára riziko podcenenia tejto hrozby a preto ich možno považovať za omnoho reálnejšie a vážnejšie nebezpečenstvo pre zdravie ľudí, kontamináciu životného prostredia a rozsiahle mutácie naprieč ekosystémami, než jadrové zbrane.

5. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

Ako sme zistili v predošlej kapitole, jadrové a rádioaktívne zbrane vytvárajú veľmi rozsiahle a takmer neodvratné poškodenia ekosystémov, životného prostredia, zdravia ľudí a hospodárske škody. Ich kumulovaná škodlivá sila je v porovnaní s inými zbraňami bezprecedentná, pretože účinkuje neustále desiatky až miliardy rokov po samotnom ukončení bojových aktivít. Preto táto škodlivá sila predstavuje jednu z najväznejších hrozieb pre všetky budúce ekosystémy a generácie ľudí, ktoré budú nevyhnutne trpieť následkami použitia zbraní predovšetkým z ochudobneného uránu, ale aj ďalších rádionuklidov. Porovnaním stavov prostredia pred použitím zbraní s rádioaktívnym účinkom a po ňom sme zistili, že tieto vytvárajú rozsiahle poškodenia biologických tkanív, toxické, genetické a teratogénne, poškodenia, ich rádioaktívne rezíduá majú extrémnu perzistenciu v prostredí a sú prakticky neodbúrateľné.

S ohľadom na tieto skutočnosti by sme chceli upozorniť na možnosti východísk z tejto situácie a uvedením faktov do súvislostí pripraviť informačnú bázu pre ďalšie štúdium a aktivity v tomto smere. Základom pre zlepšenie musí byť zmena percepcie zbraní s rádioaktívnym účinkom laickou verejnosťou, odbornými kruhmi a orgánmi na štátnej úrovni. Široká verejnosť si musí hlbšie uvedomovať naliehavosť ich hrozby pre súčasnosť aj pre najvzdialenejšiu budúcnosť. Na tento účel by sa mali zorganizovať osvetové programy, adresovať médiá, aby aktívne informovali o tejto hrozbe, vytvorili pravidelnú informačnú platformu integrovanú na vládnej aj mimovládnej úrovni. Chceli by sme tiež vytvoriť stimul pre začlenenie spomenutých informácií do učebných osnov všetkých stupňov škôl, aby vzrástlo environmentálne povedomie a zodpovednosť v tejto špecifickej a rozhodujúcej oblasti. Malo by vzniknúť trvalé úsilie o rozvoj občianskych združení zaoberajúcich sa touto problematikou na poli tretieho sektora vo forme prípadných stimulov a dotácií, čo by bolo adekvátnym prejavom zodpovednosti štátu v tejto oblasti. Rovnako by sa mal zmeniť prístup štátnych orgánov k tvorbe zákonov, ktoré by vylúčili akúkoľvek výrobu a participáciu na programoch podieľajúcich sa na produkcii, predaji, alebo službách spojených s rádioaktívnymi zbraňami a ich pridruženými systémami.

Dávame návrh na úvahu o podpore rozvoja štúdia problematiky rádioaktívnej kontaminácie. Bolo by prínosné, ak by sa podarilo vďaka uvedomeniu v tejto oblasti rozvinúť adekvátny výskum účinkov rádioaktívnych zbraní na prostredie a človeka ohľadom krátkodobých a dlhodobých účinkov, vypracovať metodiky, testovacie metódy, ktoré by umožnili získavať dôležité dáta o šírení rádioaktívnych kontaminantov v prostredí.

Veľmi efektívnym nástrojom by mohlo byť iniciovanie vytvorenia štátneho centrálného repozitória v podobe elektronického informačného portálu zhromažďujúceho a vyhodnocujúceho aktuálne poznatky o kontaminácii prostredia rádioaktívnymi zbraňami obsahujúcimi ochudobnený urán ako aj o ich následkoch. Tým by sa výrazne zlepšila dostupnosť kvalitných relevantných údajov o tejto závažnej problematike pre inštitúcie a jednotlivcov, ktorí by mohli pracovať s relevantnými dátami a efektívne ich využívať na osvetu a vzdelávanie. Program s týmto zameraním by iste našiel odozvu aj v zahraničí, najmä ako pravidelná participačná aktivita s krajinami regiónu bývalej Juhoslávie, ktorých sa tento problém bezprostredne dotýka. Takýto program bol by účinným nástrojom v informovaní a boji proti zamorovaniu životného prostredia rezíduami zbraní z ochudobneného uránu.

Okrem štátnej úrovne starostlivosti o ich elimináciu by sme mali pristúpiť ako krajina k presadzovaniu agendy za vylúčenie ochudobneného uránu zo zbraňových systémov aj ako člen medzinárodných inštitúcií ako sú EÚ, OSN, MAAE, NATO, a ďalších, kde je možné vytvárať tlak na úplný zákaz týchto mimoriadne nebezpečných zdrojov veľmi vážneho poškodzovania životného prostredia. Tieto politické snahy by mali čo najskôr vyústiť do výsledkov, pretože zamorovanie prírodného prostredia rádioaktívnymi materiálmi súčasným tempom spôsobí neodvratné škody doteraz nepoznaných rozmerov.

Preto navrhujeme prinášať a zhromažďovať do celkov relevantné informácie, ktoré budú nabádať k zodpovednosti a racionálnej aktivite v problematike kontaminácie rádioaktívnymi zbraňami so všetkými jej špecifikami, vyvolávať diskusiu a aktivizovať čo najširšiu časť odbornej vedeckej obce a širokej verejnosti.

6. ZÁVER

V tejto bakalárskej práci sme zhodnotili hlavné aspekty vplyvu jadrových a rádioaktívnych zbraní na biotu, životné prostredie a človeka. Stručnou charakteristikou riešených zbraní, princípom fungovania a skúmaním prípadových štúdií sme sa dopracovali k nasledovným zisteniam o ich škodlivých účinkoch na životné prostredie:

- rádioaktívne, genetické, teratogénne a toxické
- extrémna perzistencia kontaminácie prostredia
- súhrn následkov použitia zbraní na faunu a flóru
- vzťah následkov použitia k faune a flóre podľa charakteristiky prostredia a okolností, za ktorých k ich použitiu dôjde
- závislosť ekologických dopadov zbraní od typu reliéfu krajiny, klimatických pomerov, vodného režimu, pôdneho zloženia, poveternostných podmienok, polohy exponovaného územia a ďalších ekologicky významných faktorov

Pomocou štúdia konkrétnych prípadov použitia jadrových zbraní v mestách Hirošima a Nagasaki sme zistili, že v týchto lokalitách riešené zbrane spôsobili:

- krátkodobé bezprostredné letálne účinky
- dlhodobé chronické následky

Skúmaním lokalít v krajinách Irak, Srbsko a Afganistan, kde došlo k nasadeniu bojových prostriedkov využívajúcich obohatený urán U-238 sme zistili:

- intenzívnu kontamináciu prostredia rádionuklidmi uránu
- nemožnosť odbúrania uránovej kontaminácie v prostredí prirodzenými spôsobmi

Porovnaním oboch typov zbraní a ich účinkov na životné prostredie sme skonštatovali, že napriek relatívne nízkym bezprostredným škodlivým účinkom zbraní obsahujúcich obohatený urán sú tieto z dlhodobého hľadiska oveľa nebezpečnejšie, ako zbrane jadrové. Na základe týchto zistení a aj faktu, že tieto zbrane v súčasnosti nepodliehajú ani vzdialene takej extenzívnej a intenzívnej regulácii ako zbrane jadrové, sme došli k záverom, že sú veľmi vážnou hrozbou pre ekologickú stabilitu životného prostredia, bioty a človeka, ktorá predstavuje riziko bezprecedentných škôd. Preto sme záverom vyjadrili výzvu na vedecké aj verejné angažovanie v oblasti výskumu následkov použitia, regulácie a eliminácie jadrových a rádioaktívnych zbraní ako najzávažnejšej hrozby existencie ireverzibilne nenarušených ekosystémov a ľudstva na zemi.

7. POUŽITÁ LITERATÚRA

1. About.com: Geography. 2005. Geography and Map of Serbia and Montenegro (Yugoslavia). In *About.com: Geography* [online]. 2005, [cit. 2009-06-10]. Dostupné na internete: <<http://geography.about.com/library/cia/blcserbia.htm?rd=1>>.
2. ALBERT, Dietmar. 1964. *Nepatrné atómové jadrá- zdroje obrovskej energie*. 1. vyd., Bratislava : Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1964. 200 s. Bez ISBN.
3. Atomicarchive. 2009. The Atomic Bombings of Hiroshima and Nagasaki. Nagasaki. In *Atomicarchive* [online]. 2009, [cit. 2009-29-09]. Dostupné na internete: <http://www.atomicarchive.com/Docs/MED/med_chp7.shtml#Nagasaki>.
4. BERTELL, Rosalie. 2007. Gulf War Syndrome, Depleted Uranium and the Dangers of Low-Level Radiation. In *Canadian Coalition for Nuclear Responsibility CCNR* [online]. 2007, [cit. 2010-12-02]. Dostupné na internete: <http://www.ccnr.org/bertell_book.html>.
5. BERTILSSON, Andreas. 1999. Hiroshima, Geography. In *Swedish Alliance Mission in Japan* [online]. 1999, [cit. 2009-06-10]. Dostupné na internete: <<http://sam.crossnet.se/japan/Hiroshima/Hiroshima.htm>>.
6. BESEDA, Imrich a i. 1997. *Toxikológia*. 2. vyd. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 1997. 179 s. ISBN 80-228-0657-9.
7. Climatetemp.info. 2010. What is the Climate, Average Temperature/ Weather in Hiroshima? In *climatetemp.info* [online]. 2010, [cit. 2010-18-02]. Dostupné na internete: <<http://www.climatetemp.info/japan/hiroshima.html>>.
8. Climatetemp.info. 2010. What is the Climate, Average Temperature/ Weather in Nagasaki? In *climatetemp.info* [online]. 2010, [cit. 2010-18-02]. Dostupné na internete: <<http://www.climatetemp.info/japan/nagasaki.html>>.
9. CORLEY, James R. c 2009. "Atomic Bombing of Hiroshima". The Eyewitness Account of Father P. Siomes. In *Nuclear Files.org. Projekt of the Nuclear Age Peace Foundation* [online]. c 2009, [cit. 2009-07-11]. Dostupné na internete: <<http://www.nuclearfiles.org/menu/key-issues/nuclear-weapons/history/pre-cold-war/hiroshima-nagasaki/eyewitness-father-siomes.htm>>.
10. DUŠEK, Jiří - PÍŠALA, Jan. 2006. *Jaderné zbraně - Stručná historie*. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2006. 88 s. ISBN 80-251-0817-1.

11. E-Mission. 2004. Radiation Reference Guide V7. In *E-Mission*. [pdf]. 2004, [cit. 2009-19-12]. Dostupné na internete: <<http://www.e-missions.net/ssa/pdf/ReferenceGuide%20Radiation.pdf>>.
12. Encyclopædia Britannica. 2010. Nagasaki. In *Encyclopædia Britannica* [online]. 2010, [cit. 2010-18-04]. Dostupné na internete: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/401619/Nagasaki>>.
13. EYRE, Peter. 2009. The Deceit of Depleted Uranium Use in Afghanistan: Part 2 – The Vital Evidence. In *The Palestine Telegraph* [online]. 2009, [cit. 2010-13-02]. Dostupné na internete: <<http://www.paltelegraph.com/opinions/editorials/2674-the-deceit-of-depleted-uranium-use-in-afghanistan-part-2-the-vital-evidence>>.
14. Federation of American Scientists FAS. 1998. Nuclear Weapon Thermal Effects. In *Federation of American Scientists FAS* [online]. 1998, [cit. 2009-17-11]. Dostupné na internete: <<http://www.fas.org/nuke/intro/nuke/thermal.htm>>.
15. FREMUTH, František. 1981. *Účinky záření a chemických látek na buňky a organismus*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1981. 272 s. Bez ISBN.
16. Gensuikin. 2009. Photographs of Hiroshima and Nagasaki. In *Gensuikin* [online]. 2009, [cit. 2009-28-10]. Dostupné na internete: <<http://www.gensuikin.org/english/photo.html>>.
17. GlobalSecurity.org. 2010. Weapons of Mass Destruction (WMD). Nuclear Weapon Underground Testing. In *GlobalSecurity.org* [online]. 2010, [cit. 2010-06-01]. Dostupné na internete: <<http://www.globalsecurity.org/wmd/intro/ugt.htm>>.
18. Global Oneness. 2010. Radiation poisoning - Table of exposure levels and symptoms. In *Global Oneness* [online]. 2010, [cit. 2010-10-02]. Dostupné na internete: <http://www.experiencefestival.com/radiation_poisoning_-_table_of_exposure_levels_and_symptoms>.
19. GOSLING, F. G. 1999. The Manhattan Project: Making the Atomic Bomb. In *U.S. Department of Energy* [online]. 1999, [cit. 2010-10-02]. Dostupné na internete: <<http://www.cfo.doe.gov/me70/manhattan/hiroshima.htm>>.
20. Greenpeace. 2001. Hrôza Hirošimy a Nagasaki. In *Greenpeace* [online]. 2001, [cit. 2009-26-09]. Dostupné na internete: <http://www.greenpeace.sk/medianet/archiv/national/story/story_78.html>.
21. HARENBERG, Bodo (zostavovateľ). 1992. *Kronika ľudstva*. 1. vyd. Bratislava : Fortuna Print, 1992. 969 s. ISBN 80-7153-038-7.

22. Infoplease.com. c 2009. Jalalabad. In *Infoplease.com. Encyclopedia* [online]. c 2009, [cit. 2009-06-10]. Dostupné na internete: <<http://www.infoplease.com/ce6/world/A0825898.html>>.
23. IOJRYŠ, Abram Isaakovič - MOROCHOV, Igor Dmitrijevič - IVANOV, Sergej Kuzmič. 1984. *A bomba*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Svoboda, 1984. 389 s. Bez ISBN.
24. Jet Propulsion Laboratories, Inc. 2006. Effect of Radiation. In *Jet Propulsion Laboratories, Inc.* [online]. 2006, [cit. 2010-10-02]. Dostupné na internete: <http://www.jplabs.com/html/effect_of_radiation.HTM>.
25. JOHNSON, Larry. 2002. Iraqi cancers, birth defects blamed on U.S. depleted uranium. In *Seattlepi.com* [online]. 2002, [cit. 2009-24-11]. Dostupné na internete: <http://www.seattlepi.com/national/95178_du12.shtml>.
26. Kolektiv autorov. 1984. *Československá ložiska uranu; zájmový náklad Československého uranového průmyslu*. 1. vyd. Praha : SNTL- Nakladatelství technické literatury ve středisku interních publikací, 1984. 368 s. Bez ISBN.
27. Kolektiv autorov. 2010. *Atlas sveta*. 2. vyd. Bratislava : SPN - Mladé letá, 2010. 128 s. ISBN 9788010017706.
28. KROCK, Lexi – DEUSSER, Rebecca. 2003. Dirty Bomb. Chronology of Events. In *Nova Science* [online]. 2003, [cit. 2010-27-01]. Dostupné na internete: <<http://www.pbs.org/wgbh/nova/dirtybomb/chrono.html>>.
29. MACDONALD, Cyndi. 2010. FALLUJAH, IRAQ Geography. In *KFOX Weather Foxes* [pdf]. 2010, [cit. 2010-18-02]. Dostupné na internete: <http://kfoxweatherfox.com/index_files/FALLUJAH.pdf>.
30. MACKAY, Neil. 2003. US Forces' Use of Depleted Uranium Weapons is 'Illegal'. In *Common Dreams.org* [online]. 2003, [cit. 2010-10-01]. Dostupné na internete: <<http://www.commondreams.org/headlines03/0330-02.htm>>.
31. MAJER, Vladimír a i. 1981. *Základy jaderné chemie*. 2.vyd. Praha : SNTL- Nakladatelství technické literatury; Bratislava : ALFA- vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1981. 612 s. Bez ISBN.
32. MAARTEN VAN DEN BERG, H.J. 2003. Electronic Iraq. In *NucNews* [online]. 2003, [cit. 2010-13-02]. Dostupné na internete: <<http://nucnews.net/nucnews/2003nn/0308nn/030804nn.htm>>.

33. MIRAKI, Mohammed D. 2002. DU / NU in Afghanistan. In *Freelance Academic Afghan-American Interviews* [online]. 2002, [cit. 2010-18-02]. Dostupné na internete: <<http://www.xs4all.nl/~stgvisie/VISIE/du-afghanistan2.html>>.
34. MOISEJEV, Nikita. 1989. *Člověk, příroda a budoucnost civilizace*. 1. vyd. Praha : Práce, 1989. 86 s. ISBN 80-208-0564-8.
35. NAVRÁTIL, Oldřich a i. 1985. *Jaderná chemie*. 1. vyd. Praha : ACADEMIA-nakladatelství československé akademie věd, 1985. 304 s. Bez ISBN.
36. PACNER, Karel. 1994. *Atomoví špióni. Historie atomové špionáže 1938-45*. 1. vyd. Praha : Šulc a spol., 1994. 483 s. ISBN 80-85636-11-5.
37. PAULIČKA, Ivan a i. 2005. *Všeobecný encyklopedický slovník. S-Ž*. Praha : OTTOVO NAKLADATELSTVÍ, s.r.o., 2005. 1064 s. ISBN 80-7181-768-6.
38. PAULIČKA, Ivan a i. 2005. *Všeobecný encyklopedický slovník. G-L*. Praha : OTTOVO NAKLADATELSTVÍ, s.r.o., 2005. 943 s. ISBN 80-7181-659-0.
39. PESIC, Iliya. 2002. Depleted Uranium Ethics of the Silver Bullet. In *Santa Clara University. School of Engineering* [online]. 2002, [cit. 2010-12-02]. Dostupné na internete: <<http://cseserv.engr.scu.edu/StudentWebPages/IPesic/ResearchPaper.htm>>.
40. PITSCHMANN, Vladimír. 2005. *Jaderné zbraně: nejvyšší forma zabíjení*. 1. vyd. Praha: Naše vojsko, 2005. 390 s. ISBN 80-206-0784-6.
41. REMM Radiation Event Medical Management. 2010. Nuclear Explosions: Weapons, Improvised Nuclear Devices. In *REMM Radiation Event Medical Management* [online]. 2010, [cit. 2010-06-01]. Dostupné na internete: <<http://www.remm.nlm.gov/nuclearexplosion.htm>>.
42. ROSTKER, Bernard. 2000. Environmental Exposure Report. Properties and Characteristics of DU. In *Gulflink. Office of the Special Assistant for Gulf War Illnesses* [online]. 2000, [cit. 2010-03-02]. Dostupné na internete: <http://www.gulflink.osd.mil/du_ii/du_ii_tabc.htm>.
43. ROSTKER, Bernard. 2000. TAB C – Properties and Characteristics of DU. In *Environmental Exposure Report* [online]. 2000, [cit. 2010-03-02]. Dostupné na internete: <http://www.gulflink.osd.mil/du_ii/du_ii_tabc.htm>.
44. SYRUČEK, Milan. 2008. *Na prahu atomové války. Svět mohl být mnohokrát zničen, aniž to tušil*. 1. vyd. PRAHA : Epoque, 2008. 272 s. ISBN 978-80-87027-86-8.

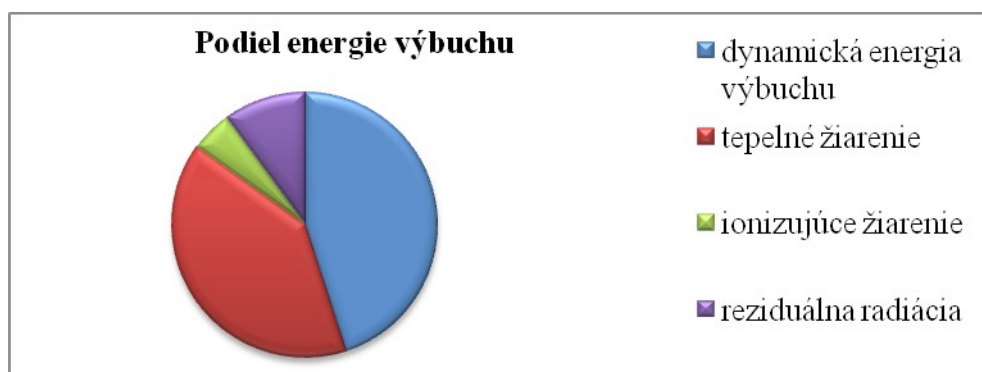
45. ŠÁRO, Štefan - TÖLGYESSY, Juraj. 1985. *Rádioaktivita prostredia*. 1. vyd. Bratislava : ALFA- vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry; PRAHA : SNTL- Nakladatelství technické literatury, 1985. 304 s. Bez ISBN.
46. TÖLGYESSY, Juraj - KENDA, Milan. 1976. *Žiarenie- hrozba i nádej*. Bratislava : Vydavateľstvo OBZOR, 1976. 374 s. Bez ISBN.
47. UHLIARIKOVÁ, Kristína – HLINKOVÁ, Andrea. 2002. Choroba z ožiarenia. In *Medinfo.sk* [online]. 2002, [cit. 2010-03-03]. Dostupné na internete: <<http://www.medinfo.sk/?s=heslo&id=750>>.
48. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2002. Fact Sheet on Dirty Bombs. In *U.S. Air Force Counterproliferation Center* [online]. 2002, [cit. 2010-22-02]. Dostupné na internete: <<http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/nrc/dirty-bombs.htm>>.
49. Vanderbilt Environmental Health & Safety. 2007. Table of Radionuclides Appendix B. In *Vanderbilt University Online Radiation Safety Policies & Procedures Manua*. [pdf]. 2007, [cit. 2009-19-12]. Dostupné na internete: <http://www.safety.vanderbilt.edu/resources/radmanual/radiation_manual_appendixB.pdf>.
50. VARGA, Štefan - TÖLGYESSY, Juraj. 1982. *Základy radiačnej chémie a radiačnej technológie*. 1. vyd. Bratislava : ALFA- vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1982. 336 s. Bez ISBN.
51. World Information Service on Energy - Nuclear Information and Resource Service. 2002. Jadrová energia slepá ulička. In *Za matku Zem - občianske združenie ochrancov prírody a ľudských práv* [pdf]. 2002, [cit. 2009-11-11]. Dostupné na internete: <www.zmz.sk/doc/slepa_ulicka.pdf>.
52. ZIMMERMAN, Peter D. – LOEB, Cheryl. 2004. Dirty Bombs: The Threat Revisited. In *Defense Horizons* [online]. 2004, [cit. 2010-13-02]. Dostupné na internete: <http://hps.org/documents/RDD_report.pdf>.

8. PRÍLOHY

Tab. 1 Distribúcia energie na jednotlivé prejavy výbuchu

Distribúcia energie na jednotlivé prejavy výbuchu	Zastúpenie
dynamická energia výbuchu	45%
tepelné žiarenie	40%
ionizujúce žiarenie	5%
reziduálna radiácia	10%

Zdroj: Radiation Event Medical Management, 2010

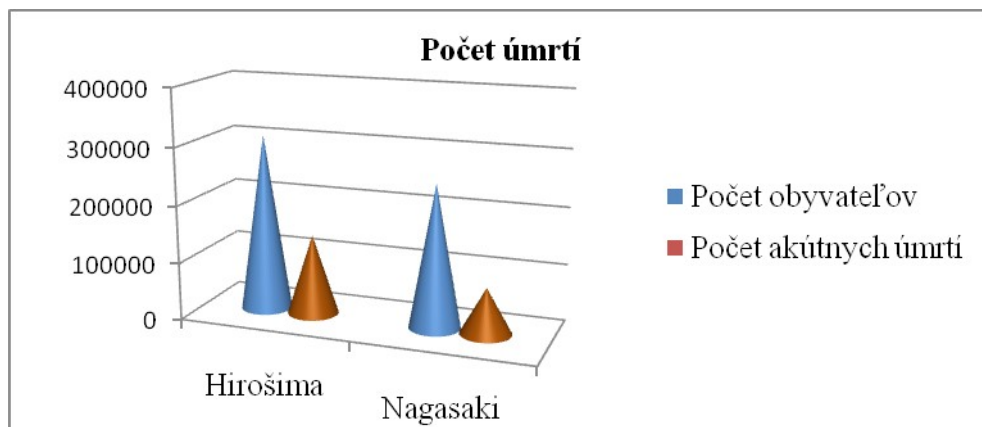


Obr. 1 Distribúcia energie na jednotlivé prejavy výbuchu (Radiation Event Medical Management, 2010)

Tab. 2 Počet úmrtí v Hirošime a Nagasaki na bezprostredné následky výbuchov

	Hirošima	Nagasaki
Počet obyvateľov	310000	250000
Počet akútnych úmrtí	140000	80000

Zdroj: Gosling, 1999

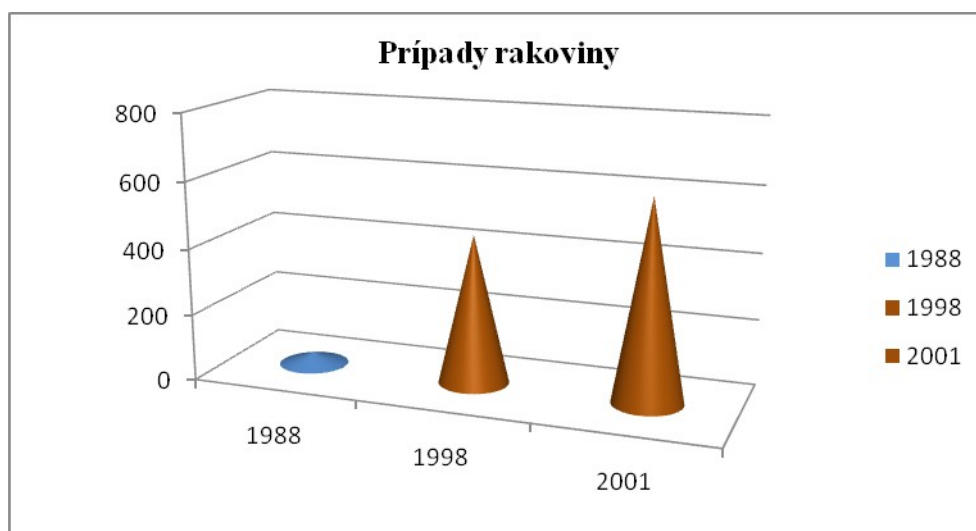


Obr. 2 Počet úmrtí v Hirošime a Nagasaki na bezprostredné následky výbuchov (Gosling, 1999)

Tab. 3 Počet prípadov rakoviny vo Falúdži v Iraku

Rok	Počet prípadov rakoviny
1988	34
1998	450
2001	603

Zdroj: Maarten van den Berg, 2003

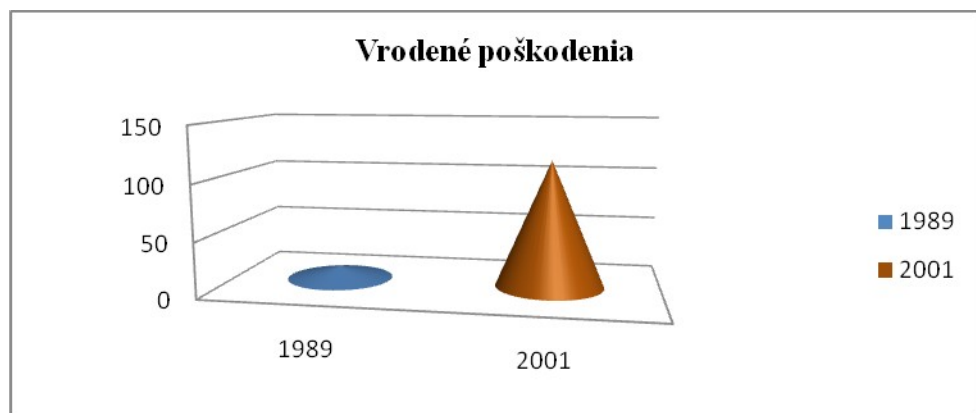


Obr. 3 Počet prípadov rakoviny vo Falúdži v Iraku (Maarten van den Berg, 2003)

Tab. 4 Počet vrodených poškodení na 100000 narodení vo Falúdži v Iraku

Stav do roku	Počet vrodených poškodení na 100000 narodení
1989	11
2001	116

Zdroj: Johnson, 2002



Obr. 4 Počet vrodených poškodení na 100000 narodení vo Falúdži v Iraku (Johnson, 2002)