

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

1127845

**VPLYV JADROVEJ ELEKTRÁRNE MOCHOVCE NA
ŽIVOTNÉ PROSTREDIE**

2010

Michaela Svetíková

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

**VPLYV JADROVEJ ELEKTRÁRNE MOCHOVCE NA
ŽIVOTNÉ PROSTREDIE
Bakalárska práca**

Študijný program:

Ochrana pred prírodnými a hospodárskymi
katastrofami

Študijný odbor:

8.3.7. Občianska bezpečnosť

Školiace pracovisko:

Katedra trvalo udržateľného rozvoja

Školiteľ:

Ing. Martin Prčík, PhD.

Nitra, 2010

Michaela Svetíková

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Michaela Svetíková vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Vplyv jadrovej elektrárne Mochovce na životné prostredie“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, 21.5.2010

.....

Michaela Svetíková

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie pánovi Ing. Martinovi Prčíkovi, PhD. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní záverečnej práce.

Abstrakt

Jadrové elektrárne sú v súčasnosti súčasťou energetickej sústavy väčšiny krajín, pretože pomáhajú doplniť narastajúci dopyt po energii v spoločnosti. Pri ich prevádzke sa vynárajú otázky týkajúce sa ich bezpečnosti a vplyvu na životné prostredie, či už pozitívneho alebo negatívneho.

Cieľom bakalárskej práce bolo priblížiť problematiku vplyvu jadrovej elektrárne Mochovce na zložky životného prostredia (ovzdušie, hydrosféra) a život obyvateľov a tiež stručne popísať princíp výroby energie.

Pri hodnotení vplyvu jadrovej elektrárne na životné prostredie sme použili metódu analýzy po preštudovaní získaných materiálov zaoberajúcich sa danou problematikou.

Výstupom sú návrhy na využitie na základe výsledkov práce.

Kľúčové slová : jadrová energia, jadrová bezpečnosť, vplyv na životné prostredie

Abstract

Nuclear power plants are nowadays a part of energy system of the majority of countries because they help to fill cumulative request of society for energy. Their operation leads to questions in regard to their safety and impact on environment whether positive or negative.

The aim of final paper was to approach the issue of the impact of nuclear power plant Mochovce on components of the environment (atmosphere, hydrosphere) and on the life of inhabitants and also to describe the principle of energy production in brief.

During the process of assessment of the impact of nuclear power plant we used method of analysis which followed after reading over obtained data and materials dealing with assigned issue. The final output of the paper includes layouts for assimilation following data of results of the final paper.

Key words : nuclear energy, nuclear safety, impact on environment

Obsah

Abstrakt.....	5
Obsah	6
Zoznam skratiek a značiek.....	7
Úvod.....	9
1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY.....	10
1.1 Jadrová energia, jej využívanie a vplyv na životné prostredie	10
1.1.1 Využívanie jadrovej energie vo svete	14
1.1.2 Využívanie jadrovej energie na Slovensku.....	16
1.2 Charakteristika jadrového zariadenia	18
1.3 Legislatíva v oblasti použitia jadrovej energie v krajinách EU	20
1.4 Legislatíva v oblasti využívania jadrovej energie na Slovensku	22
2 CIEĽ PRÁCE	24
3 METODIKA PRÁCE	25
3.1 Charakteristika územia	25
3.2 Metódy použité pri spracovaní záverečnej práce a spôsob spracovania výsledkov práce	25
4 VÝSLEDKY PRÁCE	27
4.1 Princíp výroby elektrickej energie v jadrovej elektrárni	27
4.1.1 Jadrový reaktor	28
4.1.2 Palivo.....	29
4.1.3 Bezpečnostné systémy	29
4.2 Charakteristika prírodného prostredia v okolí Mochoviec.....	30
4.3 Vplyv jadrovej elektrárne Mochovce na životné prostredie	32
4.3.1 Vplyv na ovzdušie	33
4.3.2 Vplyv na hydrosféru	36
4.3.3 Vplyv na obyvateľov.....	38
4.3.3.1 Verejná mienka obyvateľov dotknutého územia	40
4.3.4 Rádioaktívne odpady.....	41
5 DISKUSIA	44
6 NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV	45
7 ZÁVER	46
8 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	47
PRÍLOHY	49

Zoznam skratiek a značiek

a i.	a iní
AZ	aktívna zóna
BS	bezpečnostné systémy
Bq/deň	becquerel za deň
Bq/l	becquerel na liter
Bq/rok	becquerel za rok
C	uhlík
°C	stupeň Celzia
CO	oxid uhoľnatý
Cr	chróm
č.	číslo
EMO	Atómové elektrárne Mochovce
GBq	giga becquerel
GW	gigawatt, výkon zodpovedajúci miliónom watov
GWh	gigawatt za hodinu
JAVYS	jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť
JE	jadrová elektráreň
JZ	jadrové zariadenie
⁴⁰ K	draslík
kg	kilogram
km	kilometer
k.ú.	katastrálny úrad
Kv	kilovolt, jednotka napätia
kWh	kilowatthodina, jednotka energie
LET	vysoký lineárny energetický transfer
m ³	meter kubický, objemová jednotka
m ³ .s ⁻¹	meter kubický za sekunda
m ³ /rok	meter kubický za rok
mm	milimeter
mm/hod	milimeter za hodinu
m.n.m.	meter nad morom
Mo	molybdén

MPa	megapascal
mSv.rok ⁻¹	milisievert za rok, jednotka dávkového ekvivalentu
MW	megawatt
MWe	megawatt elektrického výkonu
MWt	megawatt teplotného výkonu
N-NH ₄	amónny dusík
N-NO ₃ ⁻	dusičnany
NO	oxid dusný
r.	rok
RAO	rádioaktívne odpady
SE-EMO SE, a.s.	Atómové elektrárne Mochovce, odštepny závod
SO ₂	oxid siričitý
U ²³⁵	izotop uránu
U ²³⁸	izotop uránu
VVER-440	vodovodný energetický reaktor
Z. z.	zbierka zákonov

Úvod

Energia je jednou z najdôležitejších súčastí nášho života. Sprevádza všetky javy a činnosti, ktoré sa odohrávajú a ktoré sú potrebné pre správne fungovanie všetkých systémov v prírode. Je taktiež jednou z podmienok pre udržanie trvalého rozvoja ľudstva. Na energii, obzvlášť na elektrickej energii, závisí priemyselná výroba, výroba potravín, obchod a v neposlednom rade aj úroveň nášho životného štýlu.

Rozvoj vedy a techniky by mal byť zameraný predovšetkým na skúmanie procesov a na rozvoj technických zariadení, ktoré by ľudstvu prinášali energiu zo všetkých využiteľných zdrojov. Jedným z prijateľných, aj keď diskutabilných spôsobov výroby elektrickej energie je jej získavanie pomocou štiepenia jadier uránu.

Keďže na Slovensku máme veľmi malé zásoby fosílnych zdrojov na výrobu energie, sme odkázaní na ich dovoz z iných krajín. Alternatívne druhy energie (veterná, vodná, spaľovanie biomasy) sa u nás zatiaľ vo väčšej miere nevyužívajú, ale možné riešenie nám ponúka jadrová energia.

Na území Slovenskej republiky sú v prevádzke dve jadrové elektrárne (v Jaslovských Bohuniciach a Mochovciach). Svojou dennou produkciou jadrovej energie prispievajú k tomu, aby bol náš život pohodlnejší a taktiež pomáhajú udržať stabilnú energetickú sústavu – závažné výpadky v dodávkach by mali ničivý dopad na hospodárstvo a celkové fungovanie spoločnosti. Cieľom prevádzkovateľa týchto elektrární je zabezpečiť ich chod tak, aby úroveň bezpečnosti vyhovovala súčasným medzinárodným požiadavkám a normám (patria k nim ovládanie štiepnej reakcie, zadržanie rádioaktívnych látok a odvod tepla).

Využívanie jadrovej energie je spojené s určitými rizikami (možný únik rádioaktívnych látok, havária v jadrovej elektrárni), ale po predchádzajúcich skúsenostiach, najmä po havárii v Černobyle, sa bezpečnostné normy sprísnili a aj celkový prístup v prevádzkovaní atómových elektrární je zodpovednejší s cieľom minimalizovať vznik rizík.

Jadrová energia nie je najideálnejším riešením, môže však pomôcť pri znížení dovoznej závislosti našej krajiny, pri znížení emisií CO₂, pri úspore fosílnych palív a stabilných cenách elektriny. Pri súčasnom dodržiavaní bezpečnostných noriem pri prevádzkovaní jadrových elektrární (aby sa neohrozovalo zdravie, ľudský život a životné prostredie) by mohol byť tento druh energie bez obáv využívaný aj v nasledujúcich rokoch.

1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 Jadrová energia, jej využívanie a vplyv na životné prostredie

Rajman a i. (1987) tvrdia, že je nevyhnutné rozširovať naše energetické zdroje, pretože nikto si nedokáže predstaviť rozvoj spoločnosti, zvyšovanie jej blahobytu bez zvyšovania výroby energie a takmer nikto nie je ochotný zmieriť sa s predstavou, že by v budúcnosti musel svoje potreby týkajúce sa energie, najmä elektrickej, drasticky obmedzovať.

Nie každý je však podľa autora presvedčený, že neexistuje iná alternatíva na krytie zvyšujúcich sa potrieb energie, ako práve z jadrových zdrojov.

Rozhodujúcu časť prírastku výroby elektrickej energie nemožno zabezpečiť inak, než z jadrových elektrární. Najmä u nás, kde zásoby fosílnych palív sú nedostačujúce a využívanie netradičných energetických zdrojov (slnečná, geotermálna, veterná energia) je stále ešte nie veľmi rozšírené, takže ostáva jadrová energia. Ale tu nastáva ďalšia diskusia. Objavujú sa otázky, či nie sú negatívne vplyvy na životné prostredie a na zdravie človeka neprimerane vysoké, najmä po černobyľskej havárii sa objavili otázky týkajúce sa bezpečnosti jadrových elektrární.

Za normálnej prevádzky sú negatívne vplyvy jadrových elektrární na životné prostredie minimálne. Sú pod sústavnou a prísnou kontrolou. Výsledky ukazujú, že v tomto smere je jadrová energetika podstatne priaznivejšia, ako napríklad elektrárne spaľujúce fosílna palivá a produkujúce okrem sírnych exhalátov a veľkého množstva popolčeka dokonca aj viac rádioaktívnych látok vypúšťaných do ovzdušia. Náhrada spaľovania energetického uhlia jadrovými elektrárnami tak jednoznačne prispieva k ozdraveniu našich životných podmienok. Jadrová energetika však so sebou prináša aj možnosť odchýlok od bežnej prevádzky, porúch a havárií. Aby ich dopad na zdravie bol čo možno najmenší, budujú sa s nemalými nákladmi už pri výstavbe jadrových elektrární technické zariadenia schopné zabrániť vzniku nehôd a obmedziť ich následky. Dosiahla sa úroveň vysoko prekračujúca zvyčajný štandard ochranných opatrení v iných odvetviach hospodárstva. Protihavarijné systémy sa neustále zdokonaľujú a dopĺňajú (Jaderná energetika, člověk a životní prostředí, 1987).

Spoločnosť vynakladá na zvyšovanie jadrovej bezpečnosti nemalé prostriedky. Neexistuje však absolútne bezpečná technológia. Každá činnosť je spojená s určitými rizikami. Cieľom je, aby bol celkový prínos pre spoločnosť čo najvýhodnejší.

Ani najdokonalejšie technické systémy však nepostačia, ak ich budú obsluhovať nízko kvalifikovaní a nezodpovední ľudia. Ukazuje sa, že práve zlyhanie obsluhy jadrových elektrární, ich nedostatočné a chybné rozhodnutia sú najkritickejším článkom bezpečnosti prevádzky. Chyby personálu, podcenenie rizík a hrubé porušenie prevádzkových predpisov boli príčinou doteraz najväčšej havárie v histórii jadrovej energetiky – havárie 4. bloku černobyľskej jadrovej elektrárne v roku 1986. Skúsenosti z tejto havárie boli využité k ďalšiemu zvýšeniu jadrovej bezpečnosti, aj k venovaniu zvýšeniu pozornosti pri výbere a príprave pracovníkov jadrových elektrární. Vytvorili sa technické zabezpečenia, aby ani prípadné zlyhanie obsluhy nemohlo ohroziť bezpečnosť prevádzky. Vykonali sa všetky dostupné opatrenia, aby sa podobná havária nemohla opakovať (Jaderná energetika, člověk a životní prostředí, 1987).

Podľa Rajman a i. (1987) rýchlo rastúca spotreba ropy a zemného plynu vyvoláva obavy, či budú súčasné svetové ložiská schopné kryť potreby energie i v budúcnosti. Pri súčasnom tempe ťažby budú vyčerpané ekonomicky využiteľné zásoby ropy za 32 rokov, zemného plynu za 41 rokov a zásoby uhlia za 275 rokov. Minimálne z týchto dôvodov zohrá jadrová energia rozhodujúcu úlohu pri riešení celosvetového energetického problému. Okrem toho vedú k rozvoju jadrovej energetiky i ďalšie dôvody :

- uchovať zásoby fosílnych palív pre ich efektívnejšie využitie v chemickom priemysle
- znížiť rozsah znečisťovania životného prostredia vplyvom spaľovania fosílnych palív
- existujú dostatočné zásoby uránu aj thória
- výroba elektrickej energie v jadrových elektrárnach je lacnejšia ako v klasických na fosílna palivá
- jadrové palivo má na jednotku objemu neporovnateľne väčší energetický potenciál než fosílna palivá (Jaderná energetika, člověk a životní prostředí, 1987).

Rajman (1987) tiež uvádza, že ionizujúce žiarenie a rádioaktívne látky sú neoddeliteľnou súčasťou nášho životného prostredia. Rádionuklidy sa nachádzajú všade, vo vzduchu, vo vode, v pôde, horninách aj rastlinách a samozrejme aj v ľudskom organizme. Neustále sme teda žiareniu vystavovaní, môžeme to len minimálne obmedziť. Zdroje žiarenia sú vnútorné a vonkajšie, pričom rádionuklidy v tele sú súčasťou organizmu (napr. draslík – ^{40}K) alebo sú prijímané potravou a dýchaním. Vonkajšie žiarenie má svoj pôvod najmä v kozmickom žiarení a žiarení horných vrstiev zemskej kôry. Udávaná hodnota priemernej dávky z prírodného pozadia sa líši v rôznych geografických oblastiach, ale všeobecne sa pohybuje medzi 2 – 3 mSv.rok⁻¹.

Súčasný životný štýl a potreby spôsobujú, že človek je vystavený žiareniu z umelých zdrojov. Nezahŕňa sa sem iba príspevok jadrovej energetiky, ale aj civilizačné potreby, ktorými sa zvyšuje dávka z prirodzeného pozadia (napr. medicína, letectvo, stavebníctvo). Zo zásad radiačnej ochrany vyplýva limit 5 mSv.rok^{-1} na obyvateľa (Jaderná energetika, človek a životné prostredie, 1987).

Podľa Weish (1991) rôzne druhy žiarenia uvoľnené pri rozpade rádioaktívnych látok zapríčiňujú pri preniká do tela vzájomné pôsobenie s atómami a menia atómy na ióny. Toto žiarenie sa označuje ako ionizujúce a jeho energia je mimoriadne vysoká.

Najčastejšie druhy žiarenia, ktoré vznikajú pri rozpade nestabilných atómových jadier :

- *Alfažiarenie*, pozostáva z jadier hélia, je husto ionizované, odovzdáva na krátkych tratiach veľa energie (vysoký lineárny energetický transfer – LET) a preto nemá široký rozsah, biologická účinnosť je veľmi vysoká,
- *Betažiarenie*, emisia z elektrónov atómového jadra,
- *Gamažiarenie*, prenikajúce elektromagnetické žiarenie, podobné röntgenovému žiareniu .

Beta a gamažiarenie je v porovnaní s alfažiarom ľahko ionizujúce, ich LET je nižší.

Účinok ionizujúceho žiarenia na živé bunky sa dá podľa autora najskôr porovnať nárazom najmenších nábojov, ktoré na miestach, kde narazia, spôsobujú zmeny biomolekúl a štruktúr buniek. Rozsah škôd žiarenia v bunke závisí vo veľkej miere od absorbovanej dávky (počet a energia zásahov) a od toho, aké štruktúry alebo biomolekuly sa zmenili. Okrem toho existujú nepriame škody žiarenia, ktoré sú spôsobené jedmi v bunkách vytvorené chémiou žiarenia ako peroxidom vodíka alebo radikálmi. Obzvlášť ťažké následky majú poškodenia dedičnosti, kde dochádza k zmene štruktúry v bunkách, ktorá sa nazýva mutácia alebo zmena v dedičnosti (Weish, 1991).

Autor rozdeľuje účinok žiarenia podľa výšky dávky. Účinok vysokej dávky spočíva v poškodení citlivých orgánových systémov ako napr. epitel čriev alebo červenú miechu. Poruší schopnosť delenia buniek alebo ich usmrtí natoľko, že následkom úpadku buniek nastáva po niekoľkých dňoch až týždňoch smrť. Vysoké dávky vyvolávajú akútnu chorobu z ožiarenia s typickými príznakmi. Pri nízkej dávke ionizujúceho žiarenia sa zničí iba veľmi malý počet buniek. Napriek tomu môžu prežiť bunky, ktoré sú poškodené ožiarom, pri delení ďalej odovzdávajú poškodenie a tak ho „biologicky zosilnia“. Účinok sa prejaví až po mnohých generáciách buniek. Časový odstup medzi ožiarom a viditeľnou škodou

(latentný čas) znamená niekoľkoročná rakovina, pri dedičnom poškodení až niekoľko generácií. Preto sa hovorí o neskorom poškodení ožarovaním (Weish, 1991).

Škvarka (1989) konštatuje, že rozvoj civilizácie je závislý predovšetkým od zdrojov energie. Energetické suroviny sa dnes ťažia v takej miere, ktorá ohrozuje existenciu budúcich generácií. Dodnes najvyužívanejšie primárne zdroje energie (uhlie a ropa) sú navyše nesmierne cenné suroviny, ktoré spaľovaním znehodnocujeme.

Výrobu elektrickej energie v súčasnosti podľa autora významným podielom zabezpečujú jadrové elektrárne. Sú to zložité a nákladné technické zariadenia, ktoré rozvíjajúca sa civilizácia potrebuje na zabezpečenie rastúcej potreby energie vo forme elektrickej energie a tepla. Ekonomickú návratnosť vložených prostriedkov môže zabezpečiť len spoľahlivá a bezpečná prevádzka. V predprevádzkovej fáze ju zabezpečuje kvalitný projekt, konštrukcia, výroba, výstavba, montáž a kvalitná príprava kádrov. V čase prevádzky sa kvalita zabezpečuje starostlivosťou o kádre, údržbou a opravami, ako aj celým systémom zabezpečenia akosti vrátane kontrol a diagnostiky. Súčasťou starostlivosti o akosť je spoľahlivá a bezpečná manipulácia a uloženie rádioaktívneho odpadu, ktorý vzniká ako produkt prevádzky, a tiež konečná likvidácia technicky dožitého zariadenia bloku jadrovej elektrárne. Jadrová energetika predstavuje jeden z najnáročnejších odborov ľudskej činnosti. Je prirodzenou snahou, aby bezporuchová prevádzka jadrových elektrární čo najlepšie zabezpečovala svoj účel a aby sa vynaložené prostriedky čo najskôr vrátili spotrebiteľovi vo forme vyrobenej elektrickej a tepelnej energie (Škvarka, 1989).

Podľa Krivošík (1997) sa jadrová energia z prirodzenej podstaty vecí nemôže stať náhradou dnešného systému produkcie energie, založeného na fosílnych palivách. Tou alternatívou môže byť len systém pracujúci efektívnejšie a na báze obnoviteľných zdrojov energie. Jadrová energia ani do budúcnosti nebude predstavovať významnejší prínos v celosvetovej produkcii energie. Na druhej strane je to však energia, ktorej následky sú hrozivé a prakticky nekonečné. Jadrové reaktory každý deň produkujú nový jadrový odpad, ktorého časť bude životu nebezpečná po viac ako stotisíc rokov. Takéhoto smrteľne nebezpečného odpadu máme desiatky tisíc ton a nikto nepozná spôsob jeho bezpečného uloženia.

Krivošík (1998) spomína, že jadrová cesta rozvoja je neprijateľná z viacerých dôvodov. Jedným je problém, že budúcim generáciám zanecháme kontaminované zariadenia, rádioaktivitou zamorené ekosystémy a nebezpečné jadrové odpady bez toho, aby sme mali spoľahlivý spôsob na ich zneškodnenie alebo aspoň na trvalé bezpečné uloženie. Ďalším aspektom môže byť rádioaktívne žiarenie, ktoré je málo evidentné, ale

o to nebezpečnejšie. Okrem priamej devastácie prostredia výstavbou a prevádzkou jadrovej elektrárne, úložísk odpadov, ako aj celým cyklom, od ťažby cez spracovanie, transport, využitie až po problematické ukončenie narábania s rádioaktívnym materiálom, majú vplyvy rádioaktívnej i nerádioaktívnej povahy, súvisiace s výrobou jadrovej energie, aj množstvo menej priamych či zrejmých dopadov na životné prostredie. Na spomenutý aspekt nadväzujú aj bezpečnostné aspekty, ku ktorým patrí riziko havárie v jadrovej elektrárni, predlžovanie životnosti elektrárne, možnosť teroristického útoku, ako aj využívanie jadrového materiálu na vojenské účely (spojené s jeho vysoko riskantným nelegálnym prevozom a predajom). Nemali by byť vynechané ani aspekty politické. Jadrová energetika vedie k zvyšovaniu zahraničnej závislosti (palivo, odpady, pôžičky) a tým aj vydierateľnosť Slovenska. Takisto predstavuje trečiu plochu napríklad vo vzťahu s Rakúskom, ktoré ju zásadne odmieta a podpora rozvoja jadrovej energetiky je v rozpore s viacerými zásadami Deklarácie s Riom de Janeiro, podpisom ktorej sa Slovenská republika zaviazala nepodporovať rozvoj trvalo neudržateľných spôsobov výroby. Navyše táto cesta na desaťročia spomalí realizáciu iných alternatív, keďže Slovensko jednoducho nemá potenciál na paralelné rozvíjanie jadrovej i nejadrovej cesty rozvoja energetiky. Okrem uvedeného jadrová elektráreň komplikuje aj život obyvateľov zasiahnutého regiónu, pričom sa záväzky voči obyvateľom bezprostredne postihnutých regiónov do značnej miery nerealizujú. Jadrová energetika napríklad poskytuje menej pracovných príležitostí v porovnaní s inou energetikou (napr. založenou na obnoviteľných zdrojoch). A navyše, kým pri stavbe jadrovej elektrárne dochádza ku koncentrácii pracovných príležitostí väčšinou v značnej vzdialenosti od miesta bydliska, čo nepriaznivo zasahuje do sociálnych, rodinných a iných vzťahov, decentralizácia v prípade alternatív voči jadrovej energetike umožňuje budovanie energetických zdrojov, resp. zabezpečovanie energetických služieb priamo v mieste bydliska.

1.1.1 Využívanie jadrovej energie vo svete

Počiatky využívania jadrovej energie siahajú do prvotného štúdia prirodzeného rozpadu jadier. Postupne vyústil výskum až do oblasti interakcie jadier niektorých ťažkých prvkov s inými jadrami alebo elementárnymi časticami. Na rozdiel od chemických procesov sa pri takomto štiepení jadier uvoľňuje obrovská energia. Zoznam mien vedcov, ktorí sa zaoberali týmto problémom, je rozsiahly. Významné miesto v ňom má dánsky fyzik N. Bohr, ktorý v 30. rokoch ostatného storočia položil základy súčasnej teórie jadrových reakcií. Chýbalo len málo k zvládnutiu obrovského počtu reakcií, bolo potrebné

dokázat' riadiť štiepny proces. V roku 1942 sa to podarilo v laboratóriách chicagskej univerzity. Tento experiment, ktorým svet vstúpil do atómového veku, bol výsledkom pokusov a snáh kolektívu vedcov pod vedením Enrica Fermiho, fyzika talianskeho pôvodu. Fermiho úspech sa stal pre najvyspelejšie krajiny podnetom, aby začali uskutočňovať širší experimentálno-vývojový proces v oblasti jadrových reaktorov (Kostovský, 1993).

V decembri 1946 uviedli v ZSSR do prevádzky prvý uránovo-grafitový reaktor. Experimentálno-vývojový proces v oblasti jadrových reaktorov pokračoval aj v USA, Veľkej Británii, vo Francúzsku a v Kanade. Už v päťdesiatych rokoch niektoré štáty (USA, Francúzsko) uviedli do chodu svoje prvé jadrové elektrárne (Kostovský, 1993).

Podľa medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu bude jadrová energia aj v najbližších desaťročiach dôležitým zdrojom. Podiel jadra na celosvetovej výrobe energie vzrástol z 1% v roku 1960 na 16% v roku 1986. Nasledujúcich dvadsať rokov ostal približne na konštantnej úrovni, rast kapacity reaktorov bol rovnaký ako celkový rast výroby energie. V roku 2006 tak jadro krylo 15% z globálnej výroby. Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu ponúka dva scenáre. V minimálnom počíta len s tými atómovými kapacitami, ktoré sa už stavajú alebo sú pevne naplánované. V takom prípade by kapacita jadrových reaktorov do roku 2030 vzrástla z 370 GW na 447 GW. V maximálnom scenári, ktorý počíta aj so sľubnými a realistickými projektmi a plánmi, dosiahnu globálne jadrové kapacity v roku 2030 679 GW, čo je takmer dvojnásobok dnešného stavu. Podľa štatistiky uvedenej agentúrou je na svete 435 fungujúcich atómových reaktorov, 29 je vo výstavbe. Najväčší počet majú Spojené štáty (103), nasleduje Francúzsko (59), ktoré ale vedie ako krajina s najvyšším podielom jadra na výrobe elektriny (78%). Jadrovú energiu využíva celkovo 30 krajín. Jadrové elektrárne zažívajú najväčšiu expanziu v Ázii, nachádza sa tam 15 z 29 stavaných reaktorov (ku koncu roka 2006). Súčasne, 26 z 36 reaktorov, ktoré boli naposledy pripojené k elektrickej sieti, je práve tu. V oblasti jadrovej energie má najväčšie plány India, v súčasnosti vyrába z jadra len 3% elektrickej energie, no stavia 7 nových reaktorov, do roku 2022 plánuje ich podiel zvýšiť na 10% a do roku 2052 dokonca na 26% . (Využívanie jadrovej energie sa môže zdvojnásobiť, 2007).

Petit (2006) zastáva názor, že v súčasnosti prebieha atómová renesancia na celom svete, najmä však v Spojených štátoch. Atómové elektrárne sa stali nepopulárnymi kvôli nepríjemným udalostiam, ktoré sa odohrali v Three Mile Island a neskôr v Černobyle. Navyiac v osemdesiatych rokoch kvôli nesprávnym rozhodnutiam skoro skrachovalo množstvo firiem, lebo nedokázali zaplatiť výdavky na výstavbu reaktorov. Preto stúpila

výroba elektriny v továrňach spaľujúcich uhlie. Spojené štáty takto vyrábajú 50 % elektriny. Toto však prinieslo ďalší problém, a to 2 miliardy ton oxidu uhličitého vypúšťaného do ovzdušia ročne. Postupne sa k využívaniu tovární na spaľovanie uhlia pridalo viac industrializovaných krajín, napríklad Čína, čo ešte zvýšilo vypúšťanie tohto skleníkového plynu.

Autor konštatuje, že táto skutočnosť podnietila mnohých odborníkov k opätovnému zváženiu zvýšenia výroby energie prostredníctvom štiepenia jadra.

Tulenko (2006), jadrový špecialista na Floridskej Univerzite tvrdí, že keď sa dokážu zaplatiť vysoké náklady na konštrukciu atómových elektrární, potom sa už počíta len s operačnými nákladmi, ktoré nie sú vysoké. Za prínos taktiež považuje fakt, že výroba energie v jadrovej elektrárni je niekoľkonásobne lacnejšia než v továrňach spaľujúcich uhlie či plyn. A navyše tento spôsob získania energie sa nespája s vypúšťaním skleníkových plynov. Tento názor zdieľa aj Stewart Brand, zakladateľ *Whole Earth Katalógu*. Podľa neho je obrovskou výhodou jadrových elektrární to, že atmosféru nezaťažujú. Nezabúda však ani na niektoré nevýhody, ako sú nehody, rádioaktívny odpad, spomenuté vysoké konštrukčné náklady a v neposlednom rade možnosť využitia jadrového paliva na zbrane. Ako sa ukázalo, nevýhody asi neprevážili výhody, keďže Spojené štáty zvýšili svoj počet jadrových reaktorov a tým pádom aj podiel výroby energie štiepením jadra. Ostatné krajiny neostali v úzadí, Francúzsko až 78 % energie získava z atómových elektrární a India, Čína a iné krajiny plánujú so zvýšením využívania atómových elektrární (National Geographic magazine, 2006).

1.1.2 Využívanie jadrovej energie na Slovensku

Na začiatku päťdesiatych rokov ostatného storočia bolo jasné, že v bývalom Československu nebudú stačiť pre rozvoj energetiky klasické zdroje. Ložiská hnedého uhlia sa nachádzali na západe republiky a stred a východ boli okrem vodných zdrojov bez takýchto možností. Pritom prudký povojnový nárast potreby energií nebolo možné pokryť v šesťdesiatych a sedemdesiatych rokoch výstavbou uhoľných elektrární s blokmi 110 MW. V roku 1955 prišla ponuka z Moskvy pomôcť Československu pri výstavbe nielen prvej jadrovej elektrárne, ale aj celého nového odvetvia jadrového priemyslu. Tak sa začala výstavba elektrárne A-1 v roku 1957. Tento proces bol spojený s mnohými ťažkosťami (napr. sovietsky materiál nezodpovedal technickým podmienkam, nedostatok výrobných kapacít, meškanie vývojových prác), ktoré však nezabránili v jeho pokračovaní. V roku 1972 začali skúšky postupného uvádzania zariadení do prevádzky. Tu sa objavili viaceré

nedostatky (netesnosti parných a ťažkovodných generátorov, bolo treba udržiavať nízku vlhkosť). Vyskytli sa dve závažné nehody, v roku 1976 došlo k vystreleniu palivovej kazety pri výmene paliva a k úniku oxidu uhličitého. Druhá porucha sa stala pri výmene paliva v roku 1977, kde došlo k prehriatiu palivového článku a následne k prepojeniu okruhov chladiaceho plynu a moderátora. Po ročnom odstavení súhlasila vláda s ukončením prevádzky a jej následnou likvidáciou. Jadrová elektráreň A-1 sa stala objektom pre štúdium likvidácie zložitého jadrového zariadenia a tým pádom aj zdrojom cenných skúseností (50 rokov jadrových elektrární na Slovensku, 2007).

Koniec 60. rokov minulého storočia sa niesol v duchu vyjasnenia v rozvoji jadrovej energetiky nielen vo svete, ale aj v Česko – Slovensku. Pracovali reaktory ľahkovodné tlakové, grafitové a ťažkovodné. Posledný typ zostal prakticky doménou Kanady pod známym názvom CANDU, grafitové s plynovým chladením sa budovali najmä vo Veľkej Británii a Francúzsku, a reaktory s vodným chladením v ZSSR. Česko – slovenské vládne orgány sa rozhodli pristúpiť k výstavbe a rozvoju jadrovej energetiky na báze ľahkovodných reaktorov. Česko – slovenská vláda a vláda ZSSR uzavreli dohodu o výstavbe jadrovej elektrárne s dvoma reaktormi typu VVER – 440 so známym názvom V-1. V roku 1973 bol slávnostne položený základný kameň na stavbe hlavného výrobného bloku v Jaslovských Bohuniciach. Výstavbu však sprevádzalo mnoho ťažkostí spojených so stavebnými a technickými nedostatkami. Vládla rozhodla aj o výstavbe elektrárne V-2 s dvoma reaktorovými blokmi VVER – 440, pôvodne sa mala realizovať v Dukovanoch pri Třebíči. V roku 1975 prišlo nakoniec rozhodnutie o umiestnení V-2 v Jaslovských Bohuniciach. Aby sa zvýšila prevádzková spoľahlivosť a jadrová a radiačná bezpečnosť, elektrárne s reaktormi VVER- 440, projekt sa zmenil. Došlo k zámene reaktora s označením V230 za reaktor typu V213. V roku 1985 sa uviedol do chodu posledný blok a v roku 1986 sa ukončili dokončovacie práce. Pre ďalšiu jadrovú elektráreň sa spomedzi mnohých (Poltár, Sučany, Žiar n. Hronom, Podlužany) vybrala lokalita Mochovce najmä kvôli najmenej náročnosti na záber pôdneho fondu. Začiatok výstavby sa konal v roku 1981, prvý blok jadrových reaktorov bol uvedený do prevádzky v roku 1998, druhý v roku 1999. Tretí a štvrtý blok sú ešte vo výstavbe (50 rokov jadrových elektrární na Slovensku, 2007).

Jadrová energetika sa postupne stala základňou slovenskej energetiky. Slovensko sa stalo významom výrobcom elektrickej energie. Podiel elektrickej energie vyrobenej v jadrových elektrárňach v rámci koncernu Slovenských energetických podnikov rástol postupne z 29,71 % v roku 1981 na 49,5 % v roku 1996. Pri atómových elektrárňach je

dôležitá aj ekonomická otázka, t.j. výrobné náklady na kWh. Náklady na výrobu elektrickej energie jadrovou elektrárnou V-1 boli podľa ročného rozboru GR SEP podstatne nižšie ako náklady v tepelných elektrárnach (Kostovský, 1993).

1.2 Charakteristika jadrového zariadenia

Zákon č. 541/2004 Z. z. z 9. septembra 2004 o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov vymedzuje niektoré pojmy nasledovne :

Jadrová bezpečnosť je stav a schopnosť jadrového zariadenia alebo prepravného zariadenia a ich obsluhy zabrániť nekontrolovanému rozvoju štiepnej reťazovej reakcie alebo nedovolenému úniku rádioaktívnych látok alebo ionizujúceho žiarenia do pracovného prostredia alebo do životného prostredia a obmedzovať následky nehôd a havárií jadrových zariadení alebo následky udalostí pri preprave rádioaktívnych materiálov.

Jadrové zariadenie je súbor stavebných objektov a technologických zariadení,

1. ktorých súčasťou je jadrový reaktor alebo jadrové reaktory,
2. na výrobu alebo spracovanie jadrových materiálov alebo skladovanie jadrových materiálov s množstvom väčším ako jeden efektívny kg,
3. na spracovanie, úpravu alebo skladovanie rádioaktívnych odpadov,
4. na ukladanie rádioaktívnych odpadov z jadrových zariadení, inštitucionálnych rádioaktívnych odpadov alebo vyhorelého jadrového paliva, za jadrové zariadenie sa nepovažujú kontajnery a kryty, v ktorých sa jadrový materiál používa ako tieniaci materiál na rádioaktívne žiariče, ani priestory, v ktorých sa tieto kontajnery a kryty skladujú.

Prevádzka jadrového zariadenia – činnosti vykonávané v jadrovom zariadení na dosiahnutie určeného účelu, na ktorý bolo jadrové zariadenie vybudované.

Kostovský (1993) uvádza, že človek ako organická súčasť prírody vystupuje vo vzťahu k jadrovej energetike v niekoľkých podobách: je autorom a tvorcom jadrových elektrární, zúčastňuje sa na ich technologickom procese ako aktívny člen a napokon je aj pasívnym článkom v pracovnom procese týchto elektrární. V našom pretechnizovanom svete neexistuje absolútna bezpečnosť. V jadrovej energetike existuje nebezpečenstvo práve tak, ako v hutníctve, chemickom priemysle, doprave, či ktoromkoľvek inom odvetví. Otázka však znie, či sa už urobilo všetko pre ochranu života, zdravia a minimalizovanie rozsahu nebezpečenstva. Havária černobyľskej elektrárne túto otázku nastolila ešte dôraznejšie a donútila ľudstvo konať ešte zodpovednejšie.

Človek ako účastník výrobnopracovného procesu v jadrových elektrárnach je podľa autora pod vplyvom potenciálnej jadrovej a takisto aj radiačnej bezpečnosti. Jadrová bezpečnosť je schopnosť jadrovopenergetického zariadenia a jeho obsluhy zabezpečiť, aby sa výrobný proces (výroba elektrickej energie) nikdy nevymykol riadeniu a nevytvoril podmienky na šírenie rádioaktívnych látok, vrátane ionizujúceho žiarenia. Takýto stav môže vzniknúť obyčajne v dôsledku zlyhania viacerých orgánov technologického alebo radiaceho zariadenia. Konečným dôsledkom takéhoto javu môže byť, ako sa to potvrdilo aj na černobyľskej jadrovej elektrárni, aj deštrukcia reaktora alebo iných zariadení. V takom prípade je človek a obsluhujúci personál vôbec vystavený tomuto javu a môže byť ohrozený aj jeho život. Tak ako v tepelných elektrárnach môže dôjsť k deštrukcii kotla pri súčasnom zlyhaní niekoľkých bezpečnostných orgánov (čo hrozí aj v iných odvetviach), ani jadrová energetika nie je absolútne zbavená týchto potenciálne možných nehôd. V jadrových elektrárnach možno navyše zapríčiniť aj únik rádioaktívnych látok a ionizujúceho žiarenia (Kostovský, 1993).

Autor poukazuje nato, že projekt každej elektrárne uvažuje s radom statických, ale aj dynamických ochrán. Statické ochrany, tvoriace akési bariéry, majú znemožniť únik rádioaktívnych látok ionizácie pôsobiacej nielen na obsluhujúci personál, ale aj na obyvateľstvo mimo areálu elektrárne. Pokrytie palivového elementu (obyčajne to býva zliatina zirkónia), konštrukčný rúrový obal palivovej kazety, nádoba reaktora, železobetónový skelet tvoriaci šachtu reaktora, na súčasných reaktoroch aj ochranný obal celého primárneho okruhu, tvoria komplex statických ochranných elementov proti úniku rádioaktívnych látok do ovzdušia. To však nie je dostatočné, a preto majú jadrové elektrárne celý rad zariadení a prostriedkov, ktoré sa buď automaticky alebo zásahom obsluhujúceho personálu uvádzajú do činnosti v prípade potreby, teda v prípade poškodenia, zlej činnosti alebo zlyhania niektorého dôležitého technologického zariadenia, ktoré má priamy, či nepriamy vplyv na chod reaktora, prípadne by mohlo spôsobiť aj haváriu. Úlohou obsluhujúceho personálu je nepripustiť únik ionizujúceho žiarenia cez bariéry predovšetkým pri nehodových či havarijných stavoch. Pri stacionárnom režime jadrové elektrárne produkujú veľmi malé množstvo rádioaktívnych látok do ovzdušia, v ktorom žije a pracuje človek. Ten teda nie je ohrozený jadrovými elektrárnami pracujúcimi v normálnom bezporuchovom režime.

1.3 Legislatíva v oblasti použitia jadrovej energie v krajinách EU

Zmluva o založení Európskeho spoločenstva pre atómovú energiu (Euratom) (pôvodná verzia z roku 1957, konsolidovaná verzia z roku 1996) stanovuje úlohy spoločenstva, medzi ktoré patria prispievanie k zvyšovaniu životnej úrovne v členských štátoch a k rozvoju vzťahov s inými krajinami vytváraním predpokladov potrebných pre urýchlený vznik a rast jadrových priemyslov, podpora výskumu a zabezpečenie rozširovania technických poznatkov, zavádzanie jednotných noriem bezpečnosti na ochranu zdravia verejnosti a pracovníkov a zabezpečovanie ich uplatňovania, uľahčovanie investovania a zabezpečenie vytvárania základných zariadení potrebných pre rozvoj jadrovej energie v Spoločenstve, dohliadanie na pravidelné a rovnaké dodávky rúd a paliva pre všetkých užívateľov Spoločenstva, zabezpečenie vhodného dozoru nad používaním jadrových materiálov len na účely, na ktoré sú určené a vytváranie takých vzťahov s ďalšími krajinami a medzinárodnými organizáciami, ktoré urýchlia rozvoj mierového využívania jadrovej energie.

Rozhodnutie Rady 87/600/Euratom zo 14. decembra 1987 o opatreniach spoločenstva pre rýchlu výmenu informácií v prípade rádiologickej havarijnej situácie.

Smernica Rady 89/618/Euratom z 27. novembra 1989 o informovaní verejnosti o opatreniach na ochranu zdravia, ktoré sa majú uplatniť, a o krokoch, ktoré sa majú vykonať v prípade rádiologickej havarijnej situácie.

Nariadenie Rady (Euratom) č. 1493/93 z 8. júna 1993 o prepravách rádioaktívnych látok medzi členskými štátmi.

Nariadenie Rady (Euratom) č. 2587/1999 z 2. decembra 1999, ktorým sa vymedzujú investičné projekty, ktoré treba oznamovať Komisii.

Nariadenie Rady (ES) č. 1334/2000 z 22. júna 2000 stanovujúce režim spoločenstva na kontrolu exportov položiek a technológií s dvojakým použitím charakterizuje definície, rozsah, povolenie exportu, aktualizovanie zoznamu položiek s dvojítm použitím, colné konanie, kontrolné opatrenia, administratívnu spoluprácu a všeobecné a záverečné ustanovenia.

Nariadenie Komisie (Euratom) č. 302/2005 z 8. februára 2005 o uplatňovaní systému záruk Euratomu vymedzuje rozsah pôsobnosti a základné pojmy, obsahuje základné technické charakteristiky a konkrétne zárukové postupy, účtovnú evidenciu jadrového materiálu, informácie týkajúce sa prepravy medzi štátmi, osobitné a záverečné ustanovenia a prílohy (napr. informácie o reaktoroch, zariadeniach s kritickým a nulovým výkonom, zaradeniach na konverziu, výrobu a prepracovanie jadrového paliva).

Nariadenie Komisie (Euratom) č. 66/2006 zo 16. januára 2006, ktorým sa udeľuje výnimka na prevoz malých množstiev rúd, východiskových materiálov a osobitných štiepnych materiálov z pravidiel kapitoly o dodávkach upravuje podmienky prevozu a vývozu uránu alebo tória.

Smernica Rady 2006/117/Euratom z 20. novembra 2006 o dozore a kontrole pri preprave rádioaktívneho odpadu a vyhoretého jadrového paliva.

Rozhodnutie Komisie 2008/312/Euratom z 5. marca 2008, ktorým sa ustanovuje štandardný dokument o dozore a kontrole pri preprave rádioaktívneho odpadu a vyhoretého jadrového paliva.

Nariadenie Rady (ES) č. 1167/2008 z 24. októbra 2008, ktorým sa mení, dopĺňa a aktualizuje nariadenie č. 1334/2000 stanovujúce režim Spoločenstva na kontrolu exportov položiek a technológií s dvojakým použitím.

Odporúčanie Komisie 2008/956/Euratom zo 4. decembra 2008 o kritériách pre vývoz rádioaktívneho odpadu a vyhoretého jadrového paliva do tretích krajín.

Odporúčanie Komisie 2009/120/Euratom z 11. februára 2009 na vykonávanie systému účtovnej evidencie a kontroly jadrových materiálov prevádzkovateľmi jadrových zariadení vymedzuje pojmy a definície, venuje pozornosť správe systému (zameriava sa na meranie a kontrolu), sledovaniu jadrového materiálu, spracovaniu a kontrole údajov, a taktiež materiállovej bilancii.

Nariadenie Rady (ES) č. 428/2009 z 5. mája 2009, ktorým sa stanovuje režim Spoločenstva na kontrolu vývozu, prepravy, sprostredkovania a tranzitu položiek s dvojakým použitím sa taktiež zaoberá riešením exportu, colným konaním, kontrolnými opatreniami, administratívnou spolupracou a zoznamom položiek s dvojitého použitia.

Smernica Rady 2009/71/Euratom z 25. júna 2009, ktorou sa zriaďuje rámec Spoločenstva pre jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení. Touto smernicou by sa mala rozšíriť zásada vnútroštátnej zodpovednosti (každý členský štát zodpovedá za jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení na svojom území) a tiež zásada primárnej zodpovednosti za bezpečnosť jadrového zariadenia, ktorú má, pod dohľadom príslušného národného regulačného orgánu, držiteľ licencie, a mala by sa ňou posilniť úloha a nezávislosť príslušných regulačných orgánov.

Odporúčanie komisie 2009/527/Euratom zo 7. júla 2009 pre bezpečný a efektívny systém odosielať dokumentov a informácií v súvislosti s ustanoveniami smernice Rady 2006/117/Euratom.

1.4 Legislatíva v oblasti využívania jadrovej energie na Slovensku

Zákon č. 541/2004 Z. z. z 9. septembra 2004 o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov upravuje :

- podmienky mierového využívania jadrovej energie
- podmienky výkonu štátnej správy, štátneho dozoru a pôsobnosť Úradu jadrového dozoru Slovenskej republiky v oblasti jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení, pri mierovom využívaní jadrovej energie, ako aj pri preprave a nakladaní s jadrovými materiálmi, s rádioaktívnymi odpadmi a s vyhoretým jadrovým palivom, fyzickej ochrane jadrových zariadení, jadrových materiálov, vyhoreného jadrového paliva a fyzickej ochrane pri preprave rádioaktívnych materiálov a havarijnom plánovaní
- kategorizáciu jadrových materiálov, podmienky nakladania s jadrovými materiálmi
- podmienky nakladania s rádioaktívnymi odpadmi a s vyhoretým jadrovým palivom
- podmienky jadrovej bezpečnosti
- podmienky overovania osobitnej odbornej spôsobilosti zamestnancov
- systém havarijnej pripravenosti
- zodpovednosť za škodu spôsobenú jadrovou udalosťou
- práva a povinnosti fyzických osôb a právnických osôb pri mierovom využívaní jadrovej energie
- sankcie za porušenie povinností vyplývajúcich z tohto zákona.

Zákon č. 238/2006 Z. z. zo 16. marca 2006 o Národnom jadrovom fonde na vyradovanie jadrových zariadení a nakladanie s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi (zákon o jadrovom fonde) a o zmene a doplnení niektorých zákonov – prostredníctvom neho sa zriaďuje Národný jadrový fond na vyradovanie jadrových zariadení a na nakladanie s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi, účelom jeho zriadenia a činnosti je sústrediť a spravovať finančné prostriedky určené na záverečnú časť jadrovej energetiky v dostatočnom množstve a transparentným spôsobom ich poskytovať.

Záverečná časť jadrovej energetiky pozostáva z týchto činností :

- a) ukončenie prevádzky jadrového zariadenia na účely vyradovania
- b) vyradovanie jadrových zariadení vrátane nakladania s rádioaktívnymi odpadmi z tohto vyradovania
- c) ukladanie vyhoreného jadrového paliva vrátane prepravy na ukladanie
- d) inštitucionálna kontrola úložísk rádioaktívnych odpadov a vyhoreného jadrového paliva

- e) skladovanie vyhoreného jadrového paliva v samostatnom jadrovom zariadení po odstavení jadrového zariadenia na účely vyradovania jadrového zariadenia do ukončenia prevádzky jadrového zariadenia, a ktorom bolo vyhoreté jadrové palivo ožiarené a trvalo vybrané, až do jeho umiestnenia do úložiska vyhoreného jadrového paliva.

V zákone sú charakterizované správa, orgány jadrového fondu, rada správcov, dozorná rada, riaditeľ, hlavný kontrolór, zdroje jadrového fondu, použitie finančných prostriedkov jadrového fondu, podmienky poskytovania prostriedkov jadrového fondu, rozpočet a hospodárenie s prostriedkami jadrového fondu.

Zákon č. 21/2007 Z. z. z 13. decembra 2006 o tovare a technológiách dvojakého použitia a o zmene a doplnení niektorých zákonov. V zákone sa ustanovujú podmienky vývozu tovaru dvojakého použitia, podmienky sprostredkovateľskej činnosti týkajúcej sa tovaru dvojakého použitia, podmienky prepravy tovaru v rámci členských štátov Európskeho spoločenstva, povinnosti vlastníkov a iných užívateľov pri nakladaní s tovarom dvojakého použitia, pôsobnosť orgánov štátnej správy v oblasti tovarov dvojakého použitia a podmienky vydania medzinárodného dovozného certifikátu.

Zákon č. 94/2007 Z. z. zo 7. februára 2007, ktorým sa dopĺňa zákon č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a ktorým sa mení zákon č. 238/2006 Z. z. o Národnom jadrovom fonde na vyradovanie jadrových zariadení a na nakladanie s vyhoreným jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi (zákon o jadrovom fonde) a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Zákon doplnil paragraf, ktorý charakterizuje príspevky na výkon štátneho dozoru.

Zákon č. 408/2008 Z. z. z 18. septembra 2008, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom predloženej bakalárskej práce je analýza vplyvu jadrovej elektrárne Mochovce na jednotlivé zložky životného prostredia a na kvalitu života obyvateľov žijúcich v bezprostrednej blízkosti jadrovej elektrárne. Súčasťou cieľa je analýza konkrétnych pozitívnych a negatívnych vplyvov prevádzky jadrovej elektrárne.

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Charakteristika územia

Na juhu Slovenska, v okrese Levice, sa nachádzajú štyri bloky Atómovej elektrárne Mochovce s tlakovodnými reaktormi typu VVER 440/V 213, každý s výkonom 440 MW. Prvý blok elektrárne dodáva elektrickú energiu do siete od roku 1998, druhý blok od roka 1999. Dostavba tretieho a štvrtého bloku sa dočasne pozastavila a v súčasnosti sa analyzuje ich dostavba. Každý rok SE-EMO vyrobí ročne asi 3000 GWh elektrickej energie, čo pokrýva takmer 10% spotreby elektrickej energie na Slovensku (Atómové elektrárne Mochovce, 2002).

Tabuľka 1 Parametre atómovej elektrárne Mochovce

Inštalovaný výkon	880,00 (2x440) MW
Počet blokov v prevádzke	2
Palivo	Obohatený urán
Typ reaktora	VVER 440 / V 213
Rok uvedenia do prevádzky	1998, 2000

Zdroj: Slovenské elektrárne, a.s.2002

Mochovské bloky patria k najnovším jadrovým blokom typu VVER 440/V 213 a ťažia zo všetkých zdokonalení, ktoré boli v elektrárni realizované. Medzinárodné expertné tímy sa zhodli na tom, že elektráreň spĺňa po realizácii bezpečnostných opatrení všetky medzinárodné štandardy a úroveň jadrovej bezpečnosti a spoľahlivosti zhodnotili ako mimoriadne vysokú (Atómové elektrárne Mochovce, 2002).

V prílohách sú uvedené aj tabuľky týkajúce sa základných parametrov reaktora a výroby a spotreby energie elektrárne (Tabuľka 5, Tabuľka 6).

3.2 Metódy použité pri spracovaní záverečnej práce a spôsob spracovania výsledkov práce

Predloženú bakalársku prácu sme spracovali na základe použitia a štúdia:

- dokumentácie a odbornej literatúry súčasných autorov zaoberajúcich sa problematikou vplyvu jadrovej elektrárne na životné prostredie a jadrovej bezpečnosti,
- materiálov a dokumentácie, poskytnutých priamo kompetentnými pracovníkmi JE Mochovce.

Pri spracovaní práce sme dodržali jednotlivé kroky, prostredníctvom ktorých sme sa dopracovali k výsledkom uvedeným v predloženej bakalárskej práci::

1. Analýza a postupné zhromažďovanie údajov
 - údaje sme získali štúdiom literatúry, ktorá sa problematikou zaoberá
 - získanie prehľadu na základe štúdia z viacerých zdrojov o danej problematike
 - zber potrebných materiálov potrebných na hodnotenie vplyvu JE na životné prostredie.
2. Analýza vplyvu činnosti JE Mochovce a.s. na jednotlivé zložky životného prostredia
 - vykonali sme rozbor faktorov vplývajúcich na jednotlivé zložky životného prostredia
3. Syntéza poznatkov
 - analyzované faktory sme porovnávali v určitom časovom rozpätí a tak sme získali aj hodnotenie súčasného stavu

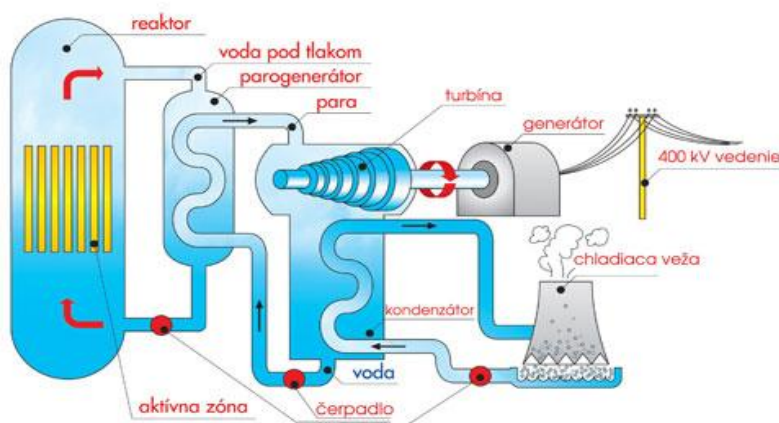
V práci sme taktiež stručne popísali spôsob výroby elektrickej energie v jadrovej elektrárni, ako aj bezpečnostné systémy, ktoré sú nevyhnutné k prevádzkovaniu JZ.

4 VÝSLEDKY PRÁCE

4.1 Princíp výroby elektrickej energie v jadrovej elektrárni

Princíp výroby elektriny v jadrovej elektrárni je podobný ako v klasickej tepelnej elektrárni, hlavný rozdiel je v zdroji tepla, ktoré sa neskôr mení na elektrinu. V tepelnej elektrárni je zdrojom tepla fosílné palivo (uhlie, plyn), zatiaľ čo v jadrovej elektrárni je to jadrové palivo (Nová čistá energia, 2009).

Palivové kazety sú umiestnené v tlakovej nádobe reaktora, do ktorej prúdi chemicky upravená voda („primárna voda“). Preteká kanálkami v palivových kazetách a odvádza teplo, ktoré vzniká pri štiepnej reakcii. Ohriata voda, ktorá má teplotu 300° C, vystupuje z reaktora a je odvedená do tepelných výmenníkov, parogenerátorov. V tomto mieste primárna voda odovzdáva teplo odvedené z reaktora vode sekundárnej. Oba okruhy sú od seba hermeticky oddelené. Ochladená voda primárneho okruhu sa vracia späť do reaktora a voda sekundárneho okruhu sa odparuje v parogenerátore. Takto vyrobená vysokotlaková para sa odvádza do turbín, kde expanduje, čím ich roztáča. Hriadeľ turbíny je spojený s generátorom, ktorý vyrába elektrickú energiu. Po expanzii v turbíne para kondenzuje v kondenzátore a vracia sa späť do parogenerátora. Nahromadená para sa chladí tretím chladiacim okruhom, v chladiacich vežiach. Odparovanie z chladiacich veží sa kompenzuje vodou, ktorá sa čerpá z neďalekej rieky Hron. Týmto spôsobom sa zabezpečuje, aby nedošlo k žiadnemu priamemu kontaktu medzi vodou primárneho okruhu, ktorá chladí reaktor a vodou vracajúcou sa do životného prostredia vo forme pary z chladiacich veží (Nová čistá energia, 2009).



Obrázok 1 Spôsob výroby elektrickej energie v JE

Zdroj: Slovenské elektrárne, a.s., 2004

4.1.1 Jadrový reaktor

Jadrový reaktor je také zoskupenie štiepneho materiálu, aby v ňom prebiehala riadená a samovoľne sa udržiavajúca štiepna reakcia. Konštrukcia jadrového reaktora musí zabezpečovať odvod tepelnej energie uvoľnenej štiepením, aby nedošlo k poškodeniu reaktora a tým k úniku rádioaktívnych látok do okolia (Využitie jadrových procesov v energetike, 2000) .

Medzi hlavné časti jadrového reaktora patrí :

- palivový článok
- moderátor
- reflektor
- reaktorová nádoba
- systém odvodu tepla
- systém riadenia reaktora
- systém výmeny paliva
- ochranná obálka (kontainment) (Využitie jadrových procesov v energetike, 2000).

Palivový článok je priestorové usporiadanie paliva tak, aby v ňom dochádzalo k štiepeniu a k uvoľňovaniu tepelnej energie. Poznáme dva základné druhy palivových článkov, kovové (prírodný urán, ktorý obsahuje len 0,7 % U^{235} , má malú radiačnú odolnosť, dobrú tepelnú vodivosť) a keramické (oxid uránu UO_2 , má radiačnú odolnosť, zlú tepelnú vodivosť a existuje možnosť obohatenia o izotop U^{235}) (Využitie jadrových procesov v energetike, 2000).

Moderátor je látka, ktorá znižuje kinetickú energiu neutrónov uvoľnených pri štiepení. Najlepšimi moderátormi z hľadiska jadrových vlastností sú voda, ťažká voda, grafit a berýlium.

Aktívna zóna je usporiadanie paliva a moderátora v presne definovanej mreži (štvorec, šesťuholník) tak, aby v tomto priestore prebiehala samovoľne sa udržiavajúca štiepna reťazová reakcia. Ďalšou jej funkciou je zaisťovať správnu funkciu regulačných orgánov a správne rozdelenie prúdu chladiva.

Reflektor je látka, ktorá znižuje, únik neutrónov z aktívnej zóny a prispieva k priestorovému vyrovnaniu vývinu tepla v aktívnej zóne. Najčastejšie používaná látka pre reflektor je voda, ťažká voda a grafit (Využitie jadrových procesov v energetike, 2000).

Reaktorová nádoba je tlaková nádoba, v ktorej je umiestnená aktívna zóna s príslušenstvom. Do značnej miery určuje maximálny prípustný výkon reaktora. Tlaková nádoba patrí medzi najdôležitejší konštrukčný prvok jadrovej elektrárne, lebo

bezpečnostné systémy nie sú dimenzované pre prípad porušenia tejto nádoby. Môže sa konštatovať, že je to najprísnejšie sledovaná konštrukcia, lebo od nej sa odvíja životnosť celej jadrovej elektrárne (Využitie jadrových procesov v energetike, 2000).

Ochranná obálka slúži na uzavretie jadrového reaktora s časťou primárneho okruhu, aby sa zamedzilo úniku štiepných produktov a rádioaktívnych častíc pri havárii. Toto bezpečnostné zariadenie plní niekoľko funkcií. Chráni reaktor a súčasti primárneho okruhu pred okolitými vplyvmi (búrky, zemetrasenia), chráni okolie jadrovej elektrárne pred účinkami žiarenia (Využitie jadrových procesov v energetike, 2000).

V prílohe je uvedený obrázok hermetickej zóny reaktora (Obrázok 2).

4.1.2. Palivo

Palivo je umiestnené v reaktore v 349 palivových kazetách v aktívnej zóne reaktora. Každá palivová kazeta obsahuje 126 palivových prútikov, v ktorých je uložený obohatený UO_2 v podobe keramických tabletiiek. Jadrové palivo sa v reaktor využíva po určitú dobu, ktorá je optimálna z fyzikálnych a ekonomických hľadísk. Pri reťazovej štiepnej reakcii U^{235} , nazývanej vyhorevanie paliva, ktorá je zdrojom tepelnej energie, vznikajú rôzne rádioaktívne prvky ako produkty štiepenia a nové štiepne izotopy. Vo vyhoretom palive zostáva vysoké percento 80 – 90 % U^{238} a novovzniknutého plutónia, ktoré je po prepracovaní možné opäť použiť na výrobu nového paliva (Atómové elektrárne Mochovce, 2002).

Vyhoreté palivo je zdrojom vysokej rádioaktivity a tepla a preto mu musí byť venovaná zvláštna pozornosť. Pri jeho výmene sa špeciálnym zariadením vyberajú z reaktora vyhoreté palivové kazety a transportujú sa do bazénu vyhoreného paliva. Tu sa palivo skladuje po dobu 5 – 6 rokov a potom sa prepraví do medziskladu vyhoreného paliva, kde sa bude skladovať 40 – 50 rokov. Počas uloženia dochádza v dôsledku prirodzenej premeny k postupnému znižovaniu obsahu rádioaktívnych látok. Na konečné uloženie vyhoreného paliva, respektíve odpadu z prepracovania vyhoreného paliva sa navrhuje systém ukladania v hlbinných pevných geologických formáciách (Atómové elektrárne Mochovce, 2002).

4.1.3 Bezpečnostné systémy

K hlavným úlohám bezpečnostných systémov patrí najmä zabránenie roztaveniu jadrového paliva, odvádzanie tepla z reaktora a znižovanie tlaku v hermetických priestoroch. Bezpečnostné systémy sú zálohované na 200 %, to znamená, že každý systém sa skladá z troch identických systémov, z ktorých už jeden postačuje na určenú funkciu.

BS sa delia na pasívne, ktoré nepotrebujú zdroje elektrickej energie a na aktívne, ktoré na svoju funkciu potrebujú elektrické napájanie (Škvarka, 1989).

Pasívne systémy sú podľa autora jednoduché konštrukčné opatrenia, ktoré nevyžadujú ľudskú obsluhu. Patria k nim napríklad hydroakumulátory (nádrže naplnené roztokom kyseliny boritej, ktorá pri výraznom poklese tlaku v primárnom okruhu zalieva aktívnu zónu reaktora a zastavuje štiepnu reakciu. Úlohou vákuovo – barbotážneho kondenzátora je zase v prípade roztrhnutia potrubia znižovať tlak v hermetickej zóne pod úroveň atmosférického tlaku kondenzovaním pár a lokalizáciou plynov, ktoré pri tom unikli z primárneho okruhu.

Aktívne systémy podľa autora pozostávajú z vysokotlakového, nízkotlakového a sprchového systému. Prvé dva systémy majú za úlohu zabezpečiť prívod kyseliny boritej do primárneho okruhu v prípade poruchy. Využívajú sa pritom absorpčné vlastnosti bóru, t.j. pohlcovanie voľných neutrónov. Zvýšením koncentrácie bóru v primárnom okruhu sa preruší štiepna reakcia. Sprchový systém sa uvádza do činnosti pri zvýšení tlaku v hermetických priestoroch, napríklad pri roztrhnutí potrubia s chladivom. Tlak sa znižuje prostredníctvom striekania trysiek, ktoré kondenzuje vodné pary unikajúce z roztrhnutého potrubia (Škvarka, 1989).

4.2 Charakteristika prírodného prostredia v okolí Mochoviec

Jadrová elektráreň Mochovce je umiestnená v Podunajskej pahorkatine na juhozápadnom okraji Štiavnických vrchov vo vrchnej časti Telinského potoka. Základná výška elektrárne je 242 m.n.m.. Územie patrí čiastočne (západná časť) do povodia rieky Nitra a čiastočne (východná časť) do povodia rieky Hron. Telinský potok, ktorý preteká priamo cez územie ochranného pásma jadrovej elektrárne patrí do povodia rieky Žitava.

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik ako správca vodnej stavby Veľké Kozmálovce zabezpečuje dodávku povrchovej vody pre jadrovú elektráreň. Hlavným účelom vodnej stavby je dodávka povrchovej vody v množstve $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v ročnom objeme $47\,304\,000 \text{ m}^3$ (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

V oblasti JE Mochovce sa nachádzajú malé ložiská nerastných surovín. Ložiská lignitu sú v okolí Zlatých Moraviec (v obciach Obyce a Beladice), akumulácie zemného plynu v Golianove, ložisko vápenca na výrobu kameniva sa nachádza v Pohraničiach, dekoračný kameň travertín južne od Levíc, tehliarske hliny v Tesárskych Mlyňanoch, Zlatých Moravciach a Leviciach, ložiská andezitu a čadiča (vulkanické horniny)

v Obyciach, Hronskom Beňadiku a v Rybníku, tufy a pyroklastické horniny v Brhlovciach a Malých Kozmálovciach (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

Na sledovanom území boli zistené nasledujúce typy pôd :

- nívne pôdy na nekarbonátových nívnych usadeninách v úzkom páse pozdĺž súčasného toku Hrona
- čiernice na nekarbonátových nívnych usadeninách (od Tlmáč po Hronské Kľačany, od Levíc po Jur nad Hronom a od Vrábel po južnú hranicu územia)
- degradované černozeme na sprašiach na pravobrežnej terase Hrona od Malých Kozmáloviec po južnú hranicu územia a v nive potoka Kadaň v Golianove
- glejové pôdy na nekarbonátových nívnych usadeninách v nive Žitavy od Obýc po Vráble a v nive rieky Sikenica pod Krškanmi
- hnedozeme na sprašiach v oblasti Žitavskej, Pohronskej a Ipel'skej pahorkatiny (smer na východ od Levíc)
- hnedozeme oglejené na sprašových a polygenetických hlinách v podhorí Štiavnických vrchov od Rybníka po Devičany, v oblasti hrebeňa Pohronskej pahorkatiny od Beši po Volkovce, od Veľkého Lapáša po Pohranice a v ľavobrežnej oblasti Sikenice od Bátoviec smerom na juh
- ilimerizované pôdy na tenkých prekryvoch sprašových hlin na treťohorných usadeninách oblasti Veľký Ďur – Melek, Kozieho chrbta a Kozmálovských vrškov
- ilimerizované hnedozeme na sprašových hlinách v oblasti Lipník – Tekovské Nemce a Devičany – Bátovce
- nasýtené stredne ťažké hnedé pôdy na zvetralinách vyvrelých hornín v Pohronskom Inovci a Štiavnických vrchoch (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

V okolitej oblasti sa vyskytujú aj chránené, vzácne a ohrozené druhy organizmov, ktoré sa nachádzajú v zoznamoch uvedených v prílohách vykonávacích vyhlášok k zákonu č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny. Ich výskyt je podmienený jestvovaním vhodných stanovišť na získavanie potravy, úkryt a rozmnožovanie. K pozitívnemu trendu praktických výsledkov ochrany prírody možno priradiť znovuosídľovanie územia orlom kráľovským a medveďom hnedým. Medzi ďalšie ohrozené a chránené druhy patria rys ostrovid, mačka divá, vydra, menší orol bodkovaný, výr, užovka a iné (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

Taktiež sa tu nachádzajú genofondové lokality :

- Chríb (190 m n.m., k.ú. Kozmálovce) – andezitový ostrov vystupujúci z holocénnych náplavov Hrona, bývalá pastvina
- Kusá hora (274 m n.m., k.ú. Rybník nad Hronom) – zvyšky xerothermofilných dúbav na ľavom brehu Hrona v priestore Slovenskej brány
- Skala (239 m n.m., k.ú. Kozárovce) – genofondovou plochou je vrcholová časť a skalnaté svahy nad železničnou traťou
- Veľká Vápenná – Starý vrch (240-280 m n.m., k.ú. Nový Tekov) – vinice prechádzajúce kosenými sadmi do teplomilných dúbav, výskyt tradičných ovocných drevín ako moruša, oskoruša a dula
- Martinec (203 m n.m., k.ú. Mochovce, Nemčiňany, Nevidzany, Malé Vozokany, Červený hrádok) – zamokrené kosené lúky v údolí Podegarského potoka na severnom okraji lesného porastu Kozieho chrbta
- Klčovisko (260 m n.m., k.ú. Mochovce) – ostrovčeky lesostepnej vegetácie v porastoch subxerofilných dubín, vystupujúce skalné podložie
- Dobrica (320 m n.m., k.ú. Mochovce) – skalná step a lesostep na východných svahoch, hodnotné sú opustené sady a vinohrady zarastené dubom cerovým
- andezitové bralo nad Čifárskou vodnou nádržou s lesostepnými spoločenstvami
- vrbovo-topoľové porasty v alúviách Podegarského a Rohožníckeho potoka (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

4.3 Vplyv jadrovej elektrárne Mochovce na životné prostredie

Jadrové elektrárne sú priateľské voči životnému prostrediu a prispievajú k záväzkom na znižovanie emisií škodlivých skleníkových plynov do atmosféry. Pravidelne vykonávané štúdie o vplyve prevádzky atómovej elektrárne Mochovce na životné prostredie potvrdzujú, že vplyv prevádzky je minimálny (Nová čistá energia, 2009).

Voda potrebná na chladenie sa odoberá z neďalekej vodnej nádrže vybudovanej na rieke Hron, čo zabezpečuje dostatočnú dodávku vody aj v extrémne suchých klimatických podmienkach. Vplyv vody vypúšťanej z areálu elektrárne na kvalitu vody, fauny a flóry v rieke Hron je zanedbateľný (Nová čistá energia, 2009).

V okruhu 20 km okolo jadrovej elektrárne sa pravidelne merajú a vyhodnocujú emisie do atmosféry a výpuste do hydrosféry. Je tu rozmiestnených 25 monitorovacích staníc teledozimetrického systému, ktorý nepretržite sleduje dávkový príkon žiarenia gama,

objemovú aktivitu aerosólov a rádioaktívneho jódu vo vzduchu, pôde, vode a potravinovom reťazci (krmoviny, mlieko, poľnohospodárske produkty). Množstvo rádioaktívnych látok obsiahnutých v kvapalných a plyných výpustiach je značne pod limitmi stanovenými dozornými orgánmi (Nová čistá energia, 2009).

4.3.1 Vplyv na ovzdušie

Pri hodnotení vplyvu elektrárne na ovzdušie sa berú do úvahy nerádioaktívne emisie aj rádioaktívne emisie. Z hľadiska nerádioaktívnych emisií sú zdrojmi znečistenia spaľovacie procesy (tab. 2) (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

Tabuľka 2 Zdroje znečisťovania ovzdušia nerádioaktívnymi emisiami v roku 2007

Zdroj:	TZL	SO₂	NO_x	CO	ΣC
SE-EMO	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]	[t/r]
Pomocná nábehová kotolňa na ZPL, SE-EMO	0,000355	0,000043	0,007813	0,002619	0,000333
Kotolňa na ZPL, strážny areál, SE-EMO	0,004238	0,000509	0,082639	0,033374	0,005562
DGS - nafta v t	0,114452	0,001612	0,403	0,06448	0,009188
Spolu SE-EMO:	0,119045	0,002164	0,493452	0,100473	0,015083

Zdroj: Slovenské elektrárne, a.s., EMO, 2007, vlastné spracovanie

Z údajov uvedených v tab. 2 vyplýva, že je vypúšťané malé množstvo emisií pri normálnej prevádzke. Emisie z pomocnej nábehovej kotolne sú veľkým zdrojom znečisťovania ovzdušia. Stredným zdrojom sú kotolňa strážneho areálu a diesel agregáty v areáli závodu.

Nábehová kotolňa je spustená v prípade, keď je potrebné spustiť jeden reaktor a ostatné reaktory sú nečinné, zabezpečuje potrebnú paru pre turbínu na štart. Dieselgenerátor poskytuje elektrickú energiu pre všetky zabezpečovacie systémy v prípade prerušenia dodávky elektrickej energie z vonkajšej siete. Záložný systém pozostáva z 3 dieselgenerátorov pre každý blok a následne ešte jedného dieselgenerátora. Oba systémy teda sú v odstavenom stave pri normálnej prevádzke JE Mochovce, ale keďže existuje možnosť poruchy v priebehu odstavenie blokov, sú oba systémy periodicky testované (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

V dobe normálnej prevádzky významnejšia časť rádioaktívnych plynných výpustí uniká z odvodušňovacieho systému primárneho okruhu. Ostatné výpuste pochádzajú z možných únikov z primárneho okruhu a ďalších systémov, ktoré obsahujú rádioaktívny materiál a z veľkokapacitných nádrží s tekutými rádioaktívnymi odpadmi. Vzduch z týchto prevádzkových častí je vedený do čistiaceho systému, ktorý zaisťuje obmedzenie vypúšťania plynných rádioaktívnych výpustí (prechavé častice, vzácne plyny a izotopy jódu) do ovzdušia.

V systéme pre čistenie vzduchu výpuste prechádzajú absorpčnými filtrami (špeciálne postavenými pre rádioaktívne polutanty) a prečisťujú sa. Vyčistené emisie sú potom zmiešané so vzduchom z ventilačného systému a vypustené do ovzdušia ventilačným komínom (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

Limitné hodnoty rádioaktívnych látok vypúšťaných do ovzdušia jadrovým zariadením nesmú prekročiť efektívne dávky 250 μSv pre kritickú skupinu obyvateľov (tab. 3).

Tabuľka 3 Limity aktivity výpustov do atmosféry

	Ročné limity ventilačného komína	Vyšetrovacía úroveň	Zásahová úroveň
Rádionuklidy vzácnych plynov	$4,1 \cdot 10^{15}$ Bq/rok	$1,1 \cdot 10^{13}$ Bq/deň	$5,5 \cdot 10^{13}$ Bq/deň
Rádioizotop jódu ^{131}I	$6,7 \cdot 10^{10}$ Bq/rok	$1,8 \cdot 10^8$ Bq/deň	$9,0 \cdot 10^8$ Bq/deň
Zmesi rádionuklidov	$1,7 \cdot 10^{11}$ Bq/rok	$0,5 \cdot 10^9$ Bq/deň	$2,5 \cdot 10^9$ Bq/deň

Zdroj : Slovenské elektrárne a.s. EMO, 2009, vlastné spracovanie

Tieto limity sú pevne stanovené, hodnoty by mali byť nižšie, aby mohla byť elektrárň v prevádzke, spolu s referenčnými úrovňami, vyšetrovacou a zásahovou úrovňou. Pri dosiahnutí alebo prekročení zásahovej úrovne v ktorejkoľvek zložke musia byť prijaté také opatrenia, ktoré povedú k zníženiu aktivity plynných výpustí pod hodnotu z tejto limitnej podmienky. Zároveň musia byť stanovené také opatrenia, aby sa neprekročila limitná podmienka ročných výpustí.

Ročné množstvá emisií rádioaktívnych aerosólov do atmosféry sú monitorované a poskytované príslušným orgánom, ÚJD SR vo výročných správach. Podľa posledných 11 výročných správ množstvo rádioaktívnych vzácnych plynov emitovaných do ovzdušia a množstvo rádioaktívneho jódu má klesajúci trend. Množstvo emisií rádioaktívnych

aerosólov vykazujú premenlivý trend, napriek tomu sú zaznamenané hodnoty pod povoleným ročným limitom (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

V prílohách sú uvedené aj tabuľky týkajúce sa stanovených limitov a referenčných hodnôt rádionuklidov pri prevádzke jadrovej elektrárne na základe Rozhodnutia Úradu verejného zdravotníctva SR č. 000ZPZ/6274/2006 (Tabuľka 7,

Tabuľka 8, Tabuľka 9, Tabuľka 10, Tabuľka 11,

Tabuľka 12, Tabuľka 13).

K faktorom vplývajúcim na životné prostredie môžeme zaradiť aj emisie vodných pár (počas plnej prevádzky EMO je do ovzdušia vypúšťaných približne 3740 MW tepelnej energie). Emisia tepla a vody by mohla spôsobovať miestne a regionálne klimatické zmeny, pri zohľadnení energetického výstupu EMO by tento vplyv mal mať len miestny význam.

Možné zmeny :

- zvýšená priemerná vlhkosť vzduchu v prízemnej vrstve
- zvýšená priemerná teplota vzduchu v prízemnej vrstve
- zvýšený výskyt prízemnej hmly
- zvýšené množstvo dažďových zrážok
- zvýšená tvorba námrazy
- znížený čas slnečného svitu
- tvorba oblakov vodných pár z chladiacich veží

Veľkosť vplyvov zo všetkých blokov bola spracovaná Slovenským hydrometeorologickým ústavom, vyplynuli nasledovné závery :

- priemerný ročný nárast počtu hodín s výskytom hmly do vzdialenosti 25 km je 17 hodín, s maximom 66,4 hodín v okolí chladiacich veží
- priemerný ročný nárast počtu hodín s výskytom mrazov do vzdialenosti 25 km je 14,9 hodín, s maximom 584 hodín v okolí chladiacich veží
- priemerný nárast teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry do vzdialenosti 25 km je 0,072 °C, s maximálnym nárastom 0,272 °C v okolí chladiacich veží
- zvýšená intenzita dažďových zrážok je s maximom 0,0023 mm/hod, celkové maximum ročných zrážok je zvýšené na maximum 20,2 mm

- priemerný počet hodín s výskytom mrazov do vzdialenosti 2,1 km je 85,5 hodín, maximálny čas je 459 hodín v prízemnej vrstve do vzdialenosti 0,9 km
- priemerný ročný pokles doby slnečného svitu je 20,6 hodín do vzdialenosti 20 km, maximum je 67,6 hodín v okolí chladiacich veží.

Intenzita vplyvov závisí od výkonu elektrárne a ročného obdobia. Najväčšia intenzita vplyvov je v letných mesiacoch (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

4.3.2 Vplyv na hydrosféru

Odpadová voda z JE Mochovce sa vypúšťa do rieky Hron (odpadová voda z elektrárne a zrážková voda zbieraná v nej), do Telinského potoka a potoka Širočina. Hlavný zdroj odpadovej vody vypúšťanej do rieky Hron predstavuje priemyselná odpadová voda (chladiaca voda). Priemyselná odpadová voda sa delí na odpadovú vodu bez rádionuklidov a odpadovú vodu s prítomnosťou rádionuklidov nízkej aktivity, ktorá vzniká kondenzáciou pár z úpravy rádioaktívnych kvapalín. Odpadová voda sa zbiera v troch rôznych potrubiach a samospádom sa vypúšťajú do rieky Hron. Tieto potrubia sú vyhradené na zber zrážkovej vody z elektrárne, nerádioaktívnej odpadovej vody, upravenej splaškovej vody a nízkoaktívnej rádioaktívnej odpadovej vody (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

V r. 2008 bolo vypustené celové množstvo 4 812 820 m³ vody z prevádzky JE 91 378 m³ z čistiarne splaškovej vody a zvyšných 4 721 442 m³ z priemyselných odpadových vôd (tab. 4). Objem vypúšťanej odpadovej vody nepresiahol dovolené ročné limity .

Tabuľka 4 Vypúšťaná odpadová voda do rieky Hron z JE Mochovce v r. 2001-2008

	priemyselná odpadová voda [m3]	čistená splašková voda [m3]	celková vypustená odpadová voda [m3]	povolená ročná hodnota [m3](*)
2001	3 571 575	297 282	3 868 857	12 097 000
2002	4 427 582	299 939	4 727 521	12 097 000
2003	4 417 581	328 804	4 746 385	12 097 000
2004	4 285 390	363 466	4 648 856	6 000 000
2005	4 969 195	157 609	5 126 804	6 000 000
2006	4 762 647	96 000	4 858 647	6 000 000
2007	4 367 000	83 000	4 450 000	6 000 000
2008	4 721 442	91 378	4 812 820	6 000 000

Zdroj : Slovenské elektrárne, a.s., 2009, vlastné spracovanie

Odobraté znečistenie z toku Hrona je analyzované v priebehu roka 6 krát a hodnoty sú vypočítané v celkovom objeme hronskej vody. Z hľadiska vplyvu na diverzitu živočíchov v rieke sa pozorujú najmä hodnoty chemikálii hydrazínu, chlóru, N-NO_3^- a N-NH_4^+ a taktiež sa sleduje možný vplyv na zvýšenie teploty vody. Podľa nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z.z., podľa ktorého sú stanovené limity pre povolenú teplotu riek, v ktorých sa nevyskytujú pstruhy, na 26°C a maximálny nárast teploty vody v rieke do 5°C , sa pravidelne monitorujú kvapalné emisie s cieľom dodržať stanovený limit. Zatiaľ tieto limity neboli prekročené.

Tie isté parametre sa sledujú aj pre ostatné spomenuté povrchové toky a zatiaľ sa nevyskytli prekročené hodnoty limitov z vypúšťaných odpadových vôd.

Nízkoaktívne vody vypúšťané z jadrového zariadenia predstavujú približne 40 000 m^3 ročne, čo je menej ako 1 % všetkých vypúšťaných odpadových vôd. Oprávnenie na vypúšťanie rádioaktívnych kvapalín zo zariadenia za normálnych prevádzkových podmienok ustanovuje Nariadenie Úradu verejného zdravotníctva SR č. 000ZPZ/6274/2006. Toto rozhodnutie má platnosť do 1. novembra 2011. Stanovuje podmienky prevádzky elektrárne vrátane ročných limitov aktivity rádionuklidov v emisiách pre trícium ($1,2 \cdot 10^{13}\text{Bq}$) a pre štiepne a aktivované produkty ($1,1 \cdot 10^9\text{Bq}$). Najdôležitejší zdroj tekutých rádioaktívnych emisií je celkové vypúšťanie primárneho okruhu, kde je vypúšťané chladiace médium s ostatnou kontaminovanou vodou. Tieto sú cez čistiareň odpadových vôd, ktorá znižuje kvapalné rádioaktívne látky vypúšťané do prostredia a tak sa dokážu udržať hodnoty emisií pod povolenými limitmi (Správa o

hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

V rokoch 2004 – 2008 mal vývoj v oblasti vypúšťania odpadových vôd JE kolísavý charakter, k zvýšeniu hodnôt došlo v rokoch 2005 a 2006, na základe čoho sa vykonali opatrenia na opätovné zníženie hodnôt vypúšťaných chemických ukazovateľov v odpadových vodách. V nasledujúcom období už hodnoty zvýšené neboli.

V prílohách sú uvedené tabuľky porovnávajúce povolených a nameraných hodnôt v odpadových vodách vypúšťaných do Telinského potoka (Tabuľka 14,

Tabuľka 15).

4.3.3 Vplyv na obyvateľov

Pravdepodobné vplyvy na obyvateľstvo sú popísané prostredníctvom zdravia obyvateľov a zamestnancov a tiež z pohľadu socio-ekonomických podmienok.

Jadrová elektráreň Mochovce emituje do ovzdušia rádioaktívne výpuste a vypúšťa kvapalinové rádioaktívne výpuste, ktoré sú však neustále monitorované, sú podrobované rádiologickým a chemickým kontrolám. Vypúšťané sú do prostredia iba vtedy, keď ich kvalita vyhovuje predpísaným hraničným hodnotám.

Častou príčinou obáv obyvateľov z jadrovej energetiky je predstava, že jadrová elektráreň je aj počas normálnej prevádzky zdrojom vážnej kontaminácie životného prostredia rádioaktívnymi látkami a teda aj ohrozenia ich zdravia. Je nesporné, že výpuste z JE obsahujú rádioaktívne látky. No ich vypúšťanie je regulované tak, aby neohrozovali zdravie. Výpuste sú pravidelne kontrolované a získané údaje sú pod kontrolou príslušných úradov aj verejnosti. Okrem kontrolovaných rádioaktívnych výpustí nie sú vypúšťané z JE do životného prostredia žiadne iné škodliviny.

Pri posudzovaní vplyvu JE na zdravie obyvateľov sa berie do úvahy množstvo faktorov. Jedným z nich je odhad priemerného dožívania pri narodení (priemerná dĺžka života). Podľa štatistických údajov sa počas prevádzky JE Mochovce zaznamenala vyššia dĺžka priemerného života v okolí EMO 20. Nakoľko nie je zvyšovanie priemerného veku celosvetovým trendom, je možné, že zvýšenie priemernej dĺžky života obyvateľstva v okolí JE nastalo vplyvom komfortnejších životných podmienok, ktoré JE Mochovce priniesla.

Ďalším indikátorom je rast obyvateľstva. V bezprostrednom okolí JE prišlo k poklesu rastu obyvateľstva (nárast priemerného veku obyvateľstva, zvyšovanie podielu

starších nad 60 rokov, zníženie pôrodnosti, zníženie podielu detí vo veku 0 – 14 rokov), žiadna z obcí už nie je v skupine, ktorá zaznamenáva prírastok obyvateľstva. Tento klesajúci trend je u malých obcí celoslovenský a nemá nič spoločné s prevádzkou EMO. Podobný výrazný pokles miery rastu obyvateľstva bol zaznamenaný v širokom okolí (kraje Bratislava, Trnava, Nitra a Banská Bystrica). V okolí JE sa zaznamenal relatívny úbytok obyvateľstva vo veku 60 a viac rokov, čo môže odrážať vnútornú migráciu za prácou bližšie k elektrárni. Prevádzka JE môže vo svojom okolí znižovať starnutie obyvateľov tým, že do svojej blízkosti priláka viac ľudí v produktívnom veku. Tento fakt môže byť posudzovaný ako kladný.

Pôrodnosť je ďalším posudzovaným faktorom. V rámci okolia EMO klesla pôrodnosť o 12%, čo je významnejší pokles ako v celej SR v danom období (2001-2003). Okolie EMO je charakterizované starším vidieckym osídlením, čo je pravdepodobne najvýznamnejším dôvodom nízkej pôrodnosti. Tento stav je celoslovenský, existencia a prevádzka nemá naň vplyv. V okolí EMO je spontánna potratovosť stále, počas prevádzky nebola postrehnutá zmena ani k lepšiemu, ani k horšiemu. V niektorých obciach tento indikátor vymizol, v niektorých narástol už počas predchádzajúcich rokov.

Ako ďalšia je predčasná úmrtnosť obyvateľstva. V bezprostrednom okolí JE sa znížila. Podľa analýz je zrejmé, že predčasná úmrtnosť, spôsobená chorobnosťou je zrejme spôsobovaná najmä chorobami dýchacej sústavy, bez ohľadu nato, či ide o rakovinu alebo iné choroby.

Nasledujúci indikátor sú úmrtia na zhubné nádory. Tieto úmrtia sú druhá najčastejšia príčina úmrtia na Slovensku, po kardiovaskulárnych chorobách. V rámci rakovín je nasledovné poradie : úmrtia na zhubné nádory priedušiek a pľúc, rakovina žalúdka a rakovina prsníka je tretia. Na Slovensku máme stabilný stav s dvoma odlišnými hodnotami, ale rovnakým trendom. Horšia skupina okresov má stav približne o 25% horší, tieto oblasti sú na juhu a západe Slovenska. Tradične nízky stav je na severe a východe SR. táto situácia sa už viac ako 11 rokov nemení. EMO leží uprostred veľkej oblasti so súvislým horším stavom. Nepriaznivé hodnoty tu boli zaznamenané už pred uvedením elektrárne do prevádzky .

Leukémie sú najsledovanejšou chorobou v okolí jadrových elektrární, lebo sa predpokladá možnosť príčinnej súvislosti. Úmrtnosť na leukémie v oblasti do 10 km od EMO v rokoch 1999 – 2003:

- od roku 1999 bolo evidovaných 10 prípadov, z toho 7 žien a 3 muži
- priemerný vek bol 70 rokov, iba v dvoch prípadoch išlo o vek nižší ako 65 rokov

- ani v jednom prípade nebola prevedená pitva na verifikáciu príčiny úmrtia (podľa údajov v Hodnotení zdravotného stavu obyvateľstva v okolí atómových elektrární Mochovce po 5 rokoch prevádzky).

Podľa uvedených údajov JE Mochovce nemá žiadny priamy vplyv na zdravie obyvateľstva, či už pozitívny alebo negatívny. Súvisí to aj celoslovenským trendom starnutia obyvateľstva, čo sa už niekoľko rokov prejavuje v okolí JE a odráža sa to aj na zdraví obyvateľstva a samozrejme aj so všeobecným výskytom jednotlivých pozorovaných faktorov, ktoré sa už vyskytovali u obyvateľov aj pred spustením prevádzky EMO. Aj napriek tomu by však elektrárne mala aj naďalej kontrolovať svoju činnosť a dodržiavať bezpečnostné opatrenia.

V prílohách sú uvedené obrázky týkajúce sa výskytu rakovina pred spustením prevádzky a počas prevádzky EMO v okrese Levice a tabuľka (Tabuľka 18, Obrázok 3, Obrázok 4).

4.3.3.1 Verejná mienka obyvateľov dotknutého územia

V roku 2004 Katedra geografie a regionálneho rozvoja Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre vykonala prieskum o vnímaní JE Mochovce obyvateľmi I. a II. ochranného pásma, ktorý bol zameraný na:

- úroveň znalostí o JE
- úroveň znalostí o mesačníku „Spravodajca SE, a.s., Mochovce“
- vnímanie ohrozenia
- názor na dostavbu MO34
- názor na budúcnosť jadrových elektrární v rámci celej Slovenskej republiky
- názor na využívanie jadrovej energie
- úroveň znalostí o vplyvoch na životné prostredie

V roku 2004 agentúra GfK Group uskutočnila prieskum postojov a vnímania spoločnosti Slovenské elektrárne a.s. obyvateľmi Slovenskej republiky. Tento výskum bol zameraný na:

- využívanie jadrovej energie
- názory na klady a zápory jadrovej energie
- názory na rozsah ohrozenia z jadrových elektrární v Slovenskej republike
- vnímanie jadrovej energie ako zdroja výroby elektrickej energie
- názory na podiel množstva elektrickej energie vyrobenej prostredníctvom jadrových elektrární
- názory respondentov na protesty proti jadrovej energii

- názory respondentov na bezpečnosť JE Mochovce
- poskytovanie informácií týkajúcich sa dostavby ostávajúcich častí jadrovej elektrárne Mochovce
- názory na dostavbu ostávajúcich častí JE Mochovce.

Ďalší prieskum „Akceptovateľnosť jadrovej energie verejnosťou Slovenskej republiky a typ postoja k spoločnosti Slovenské elektrárne a.s.“ vykonala agentúra GfK Group v roku 2007. Cieľom bolo zistiť názory a postoje obyvateľov a porovnať ich s výsledkami prieskumu z roku 2004.

Z porovnania vyplýva :

- asociácie spojené so špecifickou haváriou a katastrofou sa znížili viac než o polovicu, hlavne u dospelých, avšak značne vzrástol pocit potenciálnej hrozby a nebezpečenstva
- mierne stúpili racionálne týkajúce sa výroby jadrovej energie
- obavy o životné prostredie poklesli
- mierne stúplo všeobecné povedomie o dokončení zvyšných blokov JE Mochovce
- dokončenie blokov 3 a 4 má všeobecne silnú podporu verejnosti (takmer 90% v 10 km pásme od elektrárne a takmer 70% v rámci územia SR (Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009)).

4.3.4 Rádioaktívne odpady

Pojem rádioaktívny odpad zahŕňa všetko od intenzívne využívaného reaktorového paliva po mierne rádioaktívne oblečenie nosené operátormi. Každý typ odpadu obsahuje jemu vlastnú zmes stoviek nestabilných rádioizotopov. Každý má svoje vlastné rozpätie života a potenciál vysielania alfa a beta častíc a gama lúčov, ktoré spôsobujú ohrozenie živým tkanivám. Polčas rozpadu rádioizotopu je v rozmedzí od sekundy po milióny rokov. Existujú tri kategórie rádioaktívnych jadrových odpadov : vysoko aktívny, stredne aktívny a nízko aktívny odpad. Vysoko aktívny odpad pozostáva najmä z vyhoreného paliva a jadra reaktorov a z vysokoaktívneho tekutého odpadu vznikajúceho pri prepracovávaní paliva. Stredne aktívny odpad predstavuje predovšetkým kovové nádrže na palivo, ktoré pôvodne obsahovali uránové palivo pre jadrové reaktory, kovové časti reaktorov a chemické zvyšky. Tie musia byť chránené, aby pracovníci a verejnosť neboli vystavení žiareniu počas ich prepravy a uskladnenia. Nízko aktívne odpady sa skladajú najmä z materiálov ako ochranné oblečenie a laboratórne zariadenie, ktoré prišlo do styku s rádioaktívnymi materiálmi (Jadrový odpad- Problém, ktorého sa nezbavíme, 1991).

Rádioaktívne odpady môžu byť vytvárané počas prevádzky jadrovej elektrárne alebo počas jej vyradovania z prevádzky. Z hľadiska ich skupenstva sa rádioaktívne odpady delia na :

- plynné,
- kvapalné,
- pevné.

Podľa druhu rádioaktívne odpady každého skupenstva si vyžadujú špecifický prístup pri ich zhromažďovaní, triedení, predúprave, dočasnom uložení, finálnom spracovaní, a záverečnom uložení alebo vypustení do životného prostredia.

Zachytávanie rádioaktívnych plynov je problematické a väčšinou sú vypúšťané do vzduchu na základe limitov, ktoré sú špecifikované pre každý rádionuklid. V prípade, že ich nie je možné voľne vypúšťať v čase ich vzniku, uschovávajú sa na potrebný čas v tzv. vymieracích alebo vyhasínajúcich plynových nádržiach a po dosiahnutí medzných hodnôt sú vypúšťané do vzduchu.

Kvapalné rádioaktívne odpady produkované počas prevádzky jadrovej elektrárne sa delia na anorganické, organické a ionizujúce. Môžu sa spracovávať cementovaním, bitumenizáciou – asfaltovaním a vitifikáciou. Organické kvapalné RAO sa môžu ďalej spracovávať spaľovaním, chemickým rozkladom.

Kvapalné rádioaktívne odpady s obsahom vody sa v JE Mochovce spracúvajú nasledovne : každý kvapalný odpad z prevádzky sa podrobí rádiologickej a chemickej kontrole a v prípade, že ich kvalita vyhovuje predpísaným medzným hodnotám, môžu sa vypúšťať do prostredia alebo sú prepracované a následne podrobené chemickej a rádiologickej kontrole skôr než sa môžu vypustiť.

Maximálna kapacita spracovania a úpravy kvapalného rádioaktívneho odpadu kombináciou bitumenizácie a cementácie je 870 m³/rok pre rádioaktívne koncentráty a 40 m³/rok pre sorbenty a kaly.

Pevné neupravené rádioaktívne odpady sa môžu deliť na :

- kovové rádioaktívne odpady, ktoré môžu byť tavitel'né alebo netavitel'né a
- nekovové rádioaktívne odpady, ktoré môžu byť zhutnitel'né, horľavé, nezhutnitel'né alebo nehorľavé.

Pevné odpady sa dajú ztransformovať do formy vhodnej na úpravu a finálne uloženie. Z hľadiska úpravy do matrice vhodnej na konečné uloženie sa môžu :

- cementovať,
- asfaltovať (bitumenovať),

- zaliat' do skla (vitriifikovať) a
- uložiť do kontajnerov vysokej integrity.

Po spracovaní a úprave sú odpady uložené v Národnom úložisku rádioaktívneho odpadu v Mochovciach.

RAO, ktorý nevyhoví prijímacím kritériám, bude musieť byť uložený v integrovanom úložisku umiestnenom v JAVYS, a.s. v Jaslovských Bohuniciach a následne uložený v hlbokom geologickom úložisku (akonáhle bude dostupné)

(Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009).

Jeden blok v Mochovciach vyprodukuje ročne asi 60 m³ kvapalných a 15 ton pevných nízkorádioaktívnych odpadov a približne 10 t vyhoretého paliva. Kvapalné rádioaktívne odpady sa spracovávajú v Mochovciach, pevné rádioaktívne odpady v Bohunickom spracovateľskom centre rádioaktívnych odpadov. Spracované odpady sa ukladajú na Republikovom úložisku rádioaktívnych odpadov v Mochovciach.

V prílohách sú uvedené tabuľky s hodnotami RAO (Tabuľka 16, Tabuľka 17).

5 DISKUSIA

Ako uvádza Rajman (1987), jadrové elektrárne majú rozhodujúce zastúpenie v energetickom systéme. Najmä v krajinách ako je Slovenská republika, kde sú zásoby fosílnych palív malé a krajina je závislá od ich dovozu, je jedným z možných riešení jadrová energia. Autor vyzdvihuje, že aj napriek obavám, či nie sú negatívne vplyvy na životné prostredie a zdravie a život obyvateľov vysoké, nie je dôvod k zvýšenému strachu z využívania tejto energie. Za normálnej prevádzky sú negatívne vplyvy minimálne, sú pod sústavnou kontrolou. Výsledky skúmané autorom ukazujú, že jadrová elektráreň produkuje menej rádioaktívnych látok ako elektrárne spaľujúce fosílna palivá a neprodukuje skleníkové plyny. Hodnoty rádioaktívnych látok nepresahujú povolené limity a tak neprispievajú k zvýšenému nebezpečenstvu rádioaktívneho ožiarenia.

Prikláňam sa k tomuto názoru, jadrová energetika však prináša so sebou aj určité odchýlky od bežnej prevádzky a taktiež možnosť porúch a havárií. Aby bol ich dopad čo najmenší, sú jadrové elektrárne zabezpečené technickými zariadeniami, ktoré obmedzujú a zabráňujú týmto hrozbám. Protihavarijné systémy sú na vysokej úrovni a neustále sa zdokonaľujú. Dôraz sa kladie aj na výber pracovníkov obsluhujúcich tieto zariadenia, aby sa zamedzilo možnosti zlyhania ľudského faktora.

Krivošík (1997) uvádza, že jadrová cesta rozvoja je neprijateľná. Okrem iného prináša riziko havárie a jadrový odpad, ktorý tu zanecháme budúcim generáciám bez spoľahlivého spôsobu jeho bezpečného uloženia alebo zneškodnenia. Podľa jeho názoru tiež môže spomaliť realizáciu iných energetických alternatív. U nás však zatiaľ nie sú podmienky pre rozšírenie iných alternatív, keďže pre udržanie súčasného životného štýlu je nutné udržať stabilnú energetickú sústavu a alternatívy zatiaľ nedokážu pokryť dopyt po energii.

Ako už bolo spomenuté, stále sa vyvíja snaha o čoraz dôkladnejšie zabezpečenie na zníženie rizika havárie. Nikdy nedosiahne nulovú hodnotu, ale neustály vývoj technológií by mohol pomôcť pri splňaní tejto úlohy. Rádioaktívne odpady budú stále predstavovať istú hrozbu, keďže polčas rozpadu rádioaktívnych prvkov v nich obsiahnutých je v rozpätí niekoľkých sekúnd až po niekoľko tisíc až milión rokov. Preto si tento problém vyžaduje neustálu kontrolu úložných miest, aby sa zamedzilo úniku zvýšenej rádioaktivity do prostredia.

6 NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

V oblasti jadrovej bezpečnosti:

- udržiavať najprísnejšie bezpečnostné predpisy a opatrenia (v rámci Slovenska aj celosvetové)
- neustále sa snažiť o používanie zdokonalených zariadení, technológií a pracovných postupov, aby sa minimalizovali možné poruchy a havárie,
- venovať aj v budúcnosti pozornosť pri výbere personálu obsluhujúceho jednotlivé zariadenia, ich kontinuálne školenia v oblasti dodržiavania bezpečnosti pri práci a pri manipulácii s rádioaktívnym materiálom,
- bezpečné nakladanie s rádioaktívnym odpadom a vyhoretým palivom, kladenie dôrazu na čo najbezpečnejšiu prepravu a následné bezpečné uskladnenie, taktiež pravidelná kontrola uskladňovacích priestorov (či tam nedochádza k únave a poškodzovaniu materiálu a tým k možnému úniku rádioaktivity)
- využitie odpadového tepla napríklad na vykurovanie skleníkov (pestovanie zeleniny, ovocia), vyhrievanie veľkých pestovateľských plôch, klimatizáciu objektov na chov hydiny a hospodárskych zvierat.

V oblasti zabezpečenia informovanosti obyvateľstva :

- snažiť sa aj naďalej získavať názory obyvateľov a súčasne im vychádzať v ústrety a poskytovať informácie, o ktoré majú záujem (v súlade so zákonmi),
- upútať pozornosť obyvateľov na bezpečnosť prevádzky elektrární, na ich prísnu kontrolu a na to, že za normálnej prevádzky žiadne nebezpečenstvo nehrozí (napr. reklamou, letákmi),
- zefektívniť komunikáciu, zlepšiť emailovú komunikáciu (rýchlejšou a flexibilnejšou odpoveďou).

7 ZÁVER

V súčasnosti sú jadrové elektrárne považované za dôležitý prvok vo výrobe energie, najmä tam, kde zatiaľ nie sú k dispozícii iné možnosti na pokrytie stále narastajúceho dopytu po energii. Jadrové elektrárne Mochovce sú často riešenou problematikou, pretože ako každá iná oblasť, aj jadrová energia prináša so sebou kladné aj záporné stránky a tým aj kladné a záporné názory verejnosti. Po nepríjemných skúsenostiach z minulosti verejnosť pristupuje k jadrovým elektrárnam s obavami. Je dôležité si však uvedomiť, že tieto skúsenosti viedli aj k tomu, že sa bezpečnosť jadrových elektrární zvýšila, požiadavky kladené na jej chod a neskôr aj odstavenie sa sprísnilo, tak isto sa zvýšili aj požiadavky kladené na personál pracujúci v nich, aby sa minimalizovali všetky možné rizikové faktory.

Na základe analýzy vplyvov na jednotlivé zložky životného prostredia môžeme zhrnúť, že emisie vypúšťané počas prevádzky jadrovej elektrárne do ovzdušia a hydrosféry spĺňajú podmienky stanovené legislatívou, v mnohých prípadoch sú aj nižšie ako sú stanovené limity.

Vplyv na zdravie pracovníkov a verejnosť je monitorovaný a zatiaľ nebol dokázaný priamy vplyv prevádzky elektrárne na výskyt niektorých pozorovaných faktorov (rakovina, predčasná úmrtnosť). Rádioaktívne odpady sú spracovávané pod neustálou kontrolou a až po splnení limitov sú vypúšťané do okolia, aby sa čo najviac obmedzilo škodlivé žiarenie.

Aj napriek tomu, že prevádzka jadrovej elektrárne Mochovce je monitorovaná a na základe analýzy jej vplyvu na životné prostredie je dokázané, že nemá výrazné negatívne vplyvy na žiadnu zložku, riziko nehody alebo havárie je stále prítomné a je potrebné ho brať do úvahy a snažiť sa ho znížiť. Taktiež je potrebná neustála kontrola používaných technológií a materiálov, ich potrebná výmena pri poškodení alebo po skončení životnosti, kontrola zdravotného stavu zamestnancov, aby sme mohli čo najbezpečnejšie a najšetrnejšie vzhľadom k životnému prostrediu využívať energiu v nej vyrábanú.

8 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. Atómové elektrárne Mochovce, a.s., 2002, Brožúra JE Mochovce, 2002, 15 s.
2. KOSTOVSKÝ, Kristián. 1993. *20 rokov jadrovej energetiky na Slovensku*. 1. vyd. Bratislava,: Alfa, 1993,107 s., ISBN 80-05-01104-0
3. KRIVOŠÍK, Juraj. 1997. *Jadrová energia- Slepá ulička bez konca*. Bratislava, 1997, 47 s.
4. KRIVOŠÍK, Juraj. 1998. *Jadrová energia Príliš lacná, aby sme ju merali.*, Bratislava, 1998, 85 s.
5. LENNSEN, Nicholas. 1996. *Jadrový odpad: Problém, ktorého sa nezabavíme*. Bratislava, 1996, 51 s.
6. LETKOVIČOVÁ, Mária. 2005. *Hodnotenie zdravotného stavu obyvateľstva v okolí atómových elektrární Mochovce po 5 rokoch prevádzky*. B.m.: B.v. (ca 2005), 61 s.
7. Nová čistá energia, Atómové elektrárne Mochovce, 2009, Slovenské elektrárne, a.s., 2009, 20 s.
8. Päťdesiat rokov jadrových elektrární na Slovensku, 2007, Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť, a.s., Enel Slovenské elektrárne, a.s., 2007, 153 s.
9. PETIT, Charles. 2006. Nuclear power risking a comeback. In. *National Geographic Magazine*, 04, 2006, s. 56-63
10. RAJMAN, Ivan a i. 1987. *Jaderná energetika, člověk a životní prostředí*. Praha, 1987, 125 s.
11. Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z. ,2009, 477 s.
12. ŠKVARKA, Peter. 1989. *Spoločnosť v jadrovej energetike*. Bratislava: Slovenská polygrafia, 1989, 270 s. ISBN 80-05-00095-2
13. Využitie jadrových procesov v energetike, 2000. Učebný text pre III. kategóriu pracovníkov EBO, VÚJE Trnava, a.s., 2000, 56 s.
14. *Využívanie jadrovej energie sa môže zdvojnásobiť*, 2007, [online] [cit. 2010-01-20] . Dostupné na internete : <<http://www.euractiv.sk/energetika/clanok/vyuzivanie-jadrovej-energie-sa-moze-zdvojnaso-bit>>
15. WEISH, Peter a i. 1991. *Jadrová energetika a jej vplyv na životné prostredie*. Martin: Enviro, 1991, 180 s.

16. Nariadenie Rady (ES) č. 1334/2000 z 22. júna 2000 stanovujúce režim spoločenstva na kontrolu exportov položiek a technológií s dvojakým použitím
17. Nariadenie Komisie (Euratom) č. 302/2005 z 8. februára 2005 o uplatňovaní systému záruk Euratomu
18. Odporúčanie Komisie 2009/120/Euratom z 11. februára 2009 na vykonávanie systému účtovnej evidencie a kontroly jadrových materiálov prevádzkovateľmi jadrových zariadení
19. Smernica Rady 2009/71/Euratom z 25. júna 2009, ktorou sa zriaďuje rámec Spoločenstva pre jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení
20. Zákon č. 541/2004 Z. z. z 9. septembra 2004 o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
21. Zákon č. 238/2006 Z. z. zo 16. marca 2006 o Národnom jadrovom fonde na vyradovanie jadrových zariadení a nakladanie s vyhoretým jadrovým palivom a rádioaktívnymi odpadmi (zákon o jadrovom fonde) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
22. Zákon č. 21/2007 Z. z. z 13. decembra 2006 o tovare a technológiách dvojakého použitia a o zmene a doplnení niektorých zákonov

PRÍLOHY

Tabuľka 5 Základné technické parametre 1 bloku reaktora VVER-440/213

Všeobecné	
Počet prevádzkových blokov : 2	Menovitý výkon reaktora : 440 MWe
Typ reaktora : VVER 440/V-213 (tlaková voda)	Vlastná spotreba : 35 MW (8% z menovitého výkonu)
Tepelný výkon reaktora : 1375 MWt	Účinnosť bloku : 29,5%
Tlaková nádobá reaktora	Parogenerátor
Vnútorňa priemer : 3452 mm	6 na jeden blok
Hrúbka stien : 140+9 mm	Typ : PGV-213
Výška : 11805 mm	Množstvo vyrobenej pary : 450 t /h
Hmotnosť (bez vnút. častí) : 215150 kg	Výstupný tlak pary : 4,64 MPa
Materiál : legovaná oceľ Cr-Mo-V	Výstupná teplota pary : 267° C
	Teplota dodávanej vody : 158 - 223° C
Aktívna zóna	Turbogenerátor
Počet palivových kaziet : 312	2 na jeden blok
Počet havarijno-regulačno-kompenzačných kaziet : 37	Typ : 220 MWe
Celková hmotnosť paliva v aktívnej zóne : 42 t	Diely : 1 vysokotlakový, 2 nízkotlakové
Obohatenie paliva štandardného typu : 3,6%, 2,4% a 1,6% (v závislosti od polohy v AZ)	Počet otáčok za minútu : 3000 ot. / min
	Svorkové napätie : 15,75 kV
Primárny okruh	Kondenzátor
Počet chladiacich slučiek : 6	Prietok chladenej vody : 35000 m ³ /h
Prietok chladiacej vody : 42600 m ³ /h	Maximálna teplota chladiacej vody : 35° C
Menovitý tlak : 12,26 MPa	
Teplota chladiacej vody pri výstupe reaktora : 297,3° C	
Teplota chladiacej vody pri vstupe z reaktora : 267,9° C	
Celkový objem : 250 m ³	
Havarijné systémy	
Pasívne	Aktívne
Hydroakumulátory (4x)	Vysokotlakový systém (3x)
Celkový objem : 60 m ³	Kapacita čerpadla : 65 m ³ /h
Objem vody : 40 m ³	Hlava čerpadla : 13,5 MPa
Objem dusíka : 20 m ³	
Barbotážna veža	Nízkotlakový systém (3x)
Celkový objem : 13800 m ³	Kapacita čerpadla : 800 m ³ /h
Objem 4 plynových záchytných komôr : 16140 m ³	Tlak na výtlaku čerpadla : 0,72 MPa
Objem 12 barbotážnych nádrží : 1380 m ³	
	Sprchový systém (3x)
	Kapacita čerpadla : 380-520 m ³ /h

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 6 Výroba a spotreba elektrickej energie EMO v rokoch 2000-2008

Rok	Hrubá výroba elektrina (MWh)	Čistá výroba elektriny (MWh)	Vlastná spotreba (MWh)
2000	5 946 691	5 458 317	488 374
2001	5 391 342	4 964,468	426 874
2002	5 870 235	5 420,645	449 590
2003	6 238 525	5 761,054	477 471
2004	5 482 865	5 038,187	444 678
2005	6 239 944	5 770,085	469 859
2006	6 320 254	5 845,148	475 106
2007	6 828 737	6 321,591	507 146
2008	6 890 967	6 399,899	491 068

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 7 Emisie rádioaktívnych aerosólov a percentuálny podiel z povoleného ročného limitu

Rok	Vzácne plyny		Jód 131I		Aerosól	
	Limit (GBq) $4,1 \cdot 10^6$		Limit (MBq) $6,7 \cdot 10^4$		Limit (MBq) $1,7 \cdot 10^5$	
	Jednotka - GBq	% ročného limitu	Jednotka - MBq	% ročného limitu	Jednotka - MBq	% ročného limitu
1998	7 890	0,192	77,25	0,12	13,62	0,0080
1999	12 507	0,305	108,57	0,16	24,13	0,0142
2000	14 412	0,352	56,53	0,084	10,92	0,0064
2001	12 712	0,310	14,65	0,022	17,77	0,0105
2002	11 419	0,297	14,93	0,022	8,18	0,0048
2003	10 085	0,264	1,93	0,0029	12,52	0,0074
2004	3 145	0,077	2,18	0,0032	8,12	0,0048
2005	4 566	0,111	0,38	$5,6 \cdot 10^{-4}$	20,53	0,0121
2006	3 061	0,075	0,43	$6,4 \cdot 10^{-4}$	19,23	0,0113
2007	2 691	0,066	10,18	0,0150	10,28	0,006
2008	1 517	0,037	0,18	0,0003	8,39	0,005

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 8 Ročný limit rádionuklidov v emisiách

Ročný limit rádionuklidov v emisiách	
Rádionuklidy inertných plynov (náhodná zmes)	$4,1 \cdot 10^{15}$ Bq
Rádioizotopy jódu ^{131}I	$6,7 \cdot 10^{10}$ Bq
Zmes rádionuklidov (okrem ^{131}I) v aerosóle (s polčasom rozpadu 8 dní)	$1,7 \cdot 10^{11}$ Bq

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 9 Ročný limit rádionuklidov v odpadových vodách

Ročný limit rádionuklidov v odpadových vodách	
Trícium	$1,2 \cdot 10^{13}$ Bq
Iné rádionuklidy	$1,1 \cdot 10^9$ Bq

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 10 Referenčné hodnoty pri úrovni skúmania únikov do ovzdušia

Referenčné hodnoty – úroveň skúmania únikov do ovzdušia	
Rádionuklidy inertných plynov (náhodná zmes)	$1,1 \cdot 10^{13}$ Bq /denne
Rádioizotopy jódu ^{131}I (plynná forma)	$1,8 \cdot 10^8$ Bq /denne
Zmes rádionuklidov v aerosóle	$0,5 \cdot 10^9$ Bq /denne

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 11 Referenčné hodnoty pri interferenčnej hladine pre uvoľňovanie do ovzdušia

Referenčné hodnoty – interferenčná hladina pre uvoľňovanie do ovzdušia	
Rádionuklidy inertných plynov (náhodná zmes)	$5,5 \cdot 10^{13}$ Bq /denne
Rádioizotopy jódu ^{131}I (plynná forma)	$9,0 \cdot 10^8$ Bq /denne
Zmes rádionuklidov v aerosóle	$2,5 \cdot 10^9$ Bq /denne

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 12 Referenčné hodnoty pri úrovni skúmania únikov do odpadových vôd

Referenčné hodnoty – úroveň skúmania únikov do odpadových vôd	
Objemová aktivita trícia	$3,0 \cdot 10^4$ Bq /l
Objemová aktivita iných rádionuklidov	40 Bq /l

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 13 Referenčné hodnoty pri interferenčnej hladine pre uvoľňovanie do odpadových vôd

Referenčné hodnoty – interferenčná hladina pre uvoľňovanie do odpadových vôd	
Objemová aktivita trícia	$1,0 \cdot 10^5$ Bq /l
Objemová aktivita iných rádionuklidov	40 Bq /l

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 14 Povolené a priemerné namerané hodnoty v odpadových vodách vypúšťaných do Telinského potoka v r. 2005-2008 rokoch

Ukazovateľ	Povolená limitná koncentrácia (mg/l)	Priemerné koncentrácie v mg/l			
		2005	2006	2007	2008
N-NH ₄	0,5	0,11	0,11	<0,1	<0,1
Rozpustené látky	2000	304,00	307,8	313,3	284,3
Nerozpustené látky	20	10	<10	<10	<10,3
pH	6,0-8,7	7,85	7,96	8,06	8,23

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 15 Povolené a dosiahnuté bilančné hodnoty odpadových vôd do Telinského potoka v r. 2005-2008

Ukazovateľ	Povolená bilančná hodnota (t/rok)	Dosiahnutá bilančná hodnota (t/rok)			
		2005	2006	2007	2008
N-NH ₄	0,126	0,015	0,025	<0,0123	<0,0141
Rozpustené látky	504,6	41,30	70,16	38,75	40,086
Nerozpustené látky	5,0	1,36	<2,28	<1,24	<1,452

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 16 Produkcia kvapalných rádioaktívnych odpadov v r. 2000-2008

Rok	Kvapalné RAO (m ³)
2000	279
2001	308
2002	196
2003	170
2004	140,7
2005	127,5
2006	90,0
2007	65,6
2008	57,7

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 17 Produkcia odpadov vzniknutých pri spracovaní rádioaktívnych kvapalných odpadov v r. 2000-2008

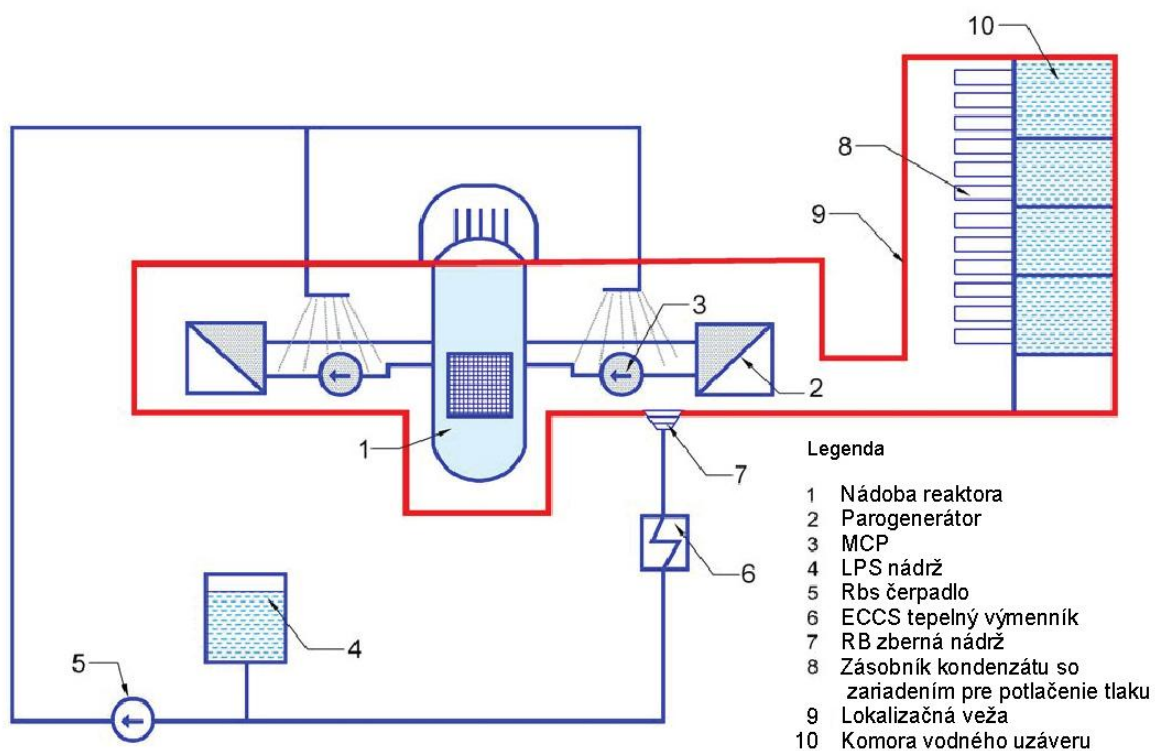
Rok	Pevný RAO (kg)
2000	3 406
2001	10 427
2002	11 812
2003	14 735
2004	15 176
2005	14 625
2006	19 746
2007	14 595
2008	17 173

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie

Tabuľka 18 Predpokladané dávky obyvateľstvu pri normálnej a predvídateľnej prevádzke porovnané s prírodným pozadím a prípustnými limitmi

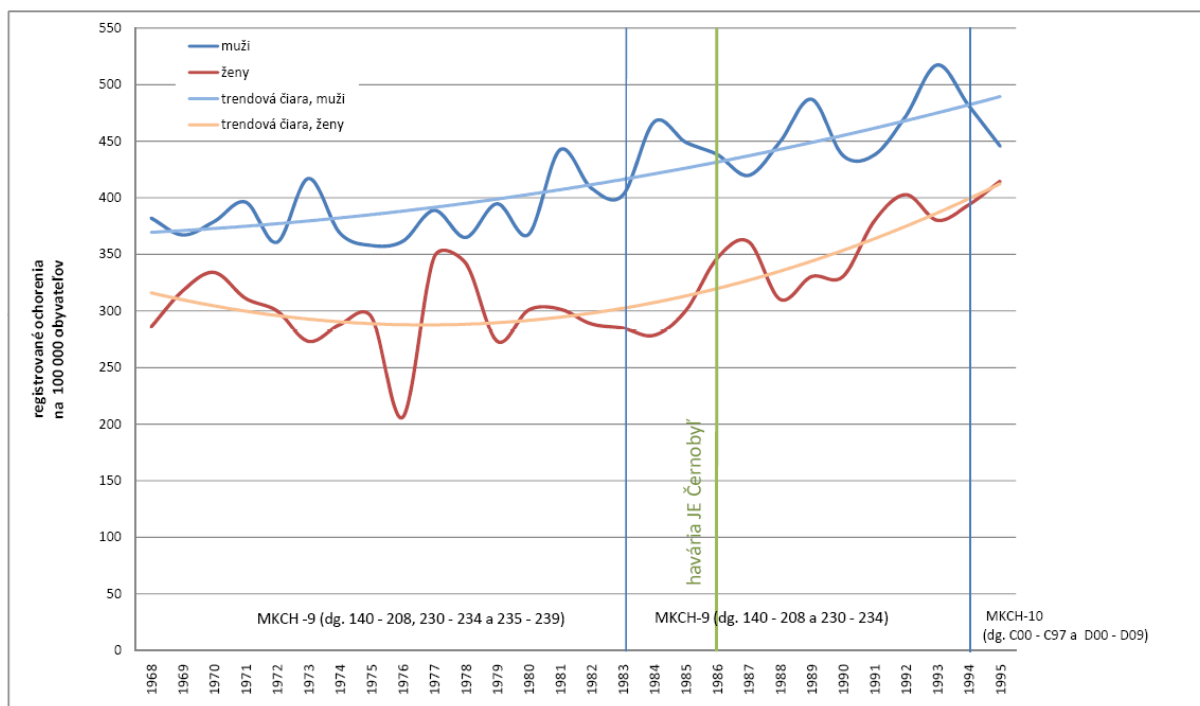
Prírodné pozadie	Prípustný limit	Maximálna ročná efektívna dávka na obyvateľstvo				
		Normálny prevádzkový stav			Predvídateľné prevádzkové udalosti	
μSv/rok	μSv/rok	Rok	μSv/rok	Prípustný limit (%)	μSv/rok	Prípustný limit (%)
2400	250	2006	0,215	0,09		
		2007	0,259	0,10		
		2008	0,295	0,12	4,47	1,79

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009, vlastné spracovanie



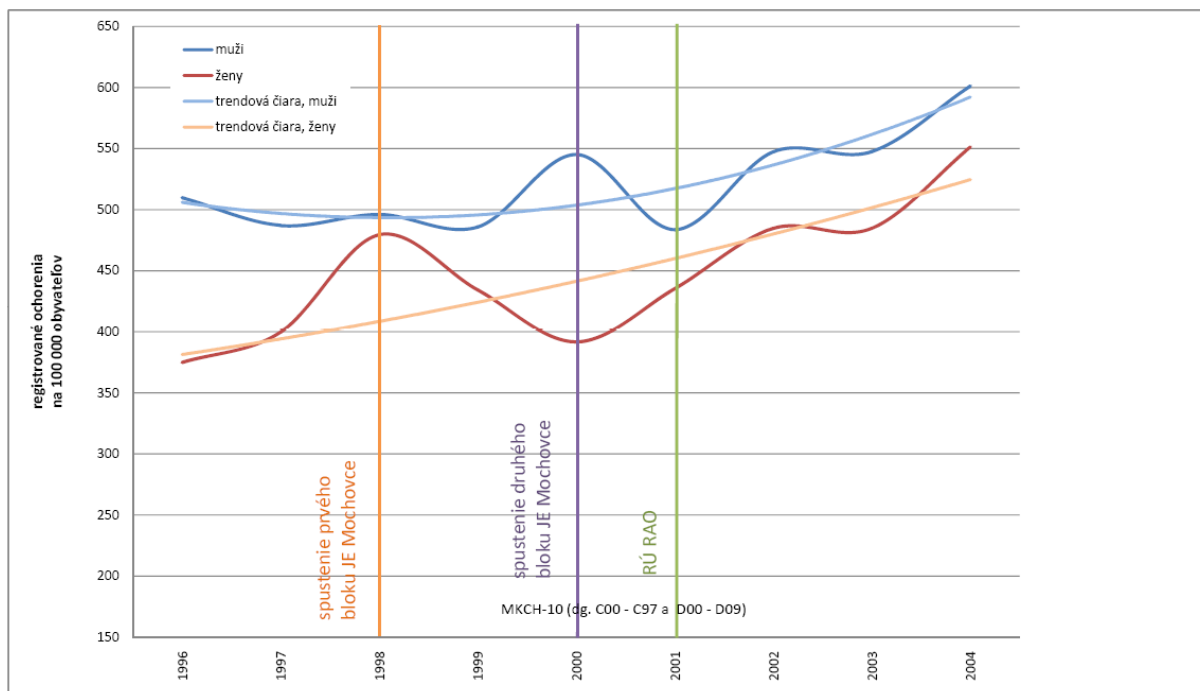
Obrázok 2 Schematický diagram hermetickej zóny reaktora VVER-440/213

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z., 2009



Obrázok 3 Incidencia zhubných nádorov v okrese Levice za obdobie 1968-1995

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z. z. , 2009



Obrázok 4 Incidencia zhubných nádorov v okrese Levice za obdobie 1996-2004

Zdroj : Správa o hodnotení navrhovanej činnosti pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie podľa zákona č. 24/2006 Z.z. , 2009