

## Téma č. IV: Radiační havárie jaderných energetických zařízení

### Obsah:

#### A. CÍLE VÝUKY

1. Upozornit žáky na kladné i záporné aspekty provozu jaderných elektráren a jejich celkový ekologický přínos.
2. Rozebrat otázky budování a provozu jaderných elektráren a zajištění jejich jaderné a radiační bezpečnosti.
3. Objasnit možnosti vzniku radiační havárie v jaderné elektrárně a malou pravděpodobnost vzniku radiační havárie s dopady na okolí.
4. Seznámit žáky s nejdůležitějšími opatřeními k ochraně obyvatelstva a s otázkami zabezpečování havarijní připravenosti pro případ radiační havárie jaderné elektrárny s dopady na okolí.

#### B. DOPORUČENÉ METODICKÉ POSTUPY

1. V úvodu výuky učitel stručně uvede problematiku a zopakuje při tom základní poznatky o jaderné energii a radioaktivitě, dříve probrané ve vyučovacích předmětech fyzika a chemie. Uvede též klady a zápory budování jaderných energetických zařízení a jejich ekologický přínos při normálním provozu.
2. Učitel provede výklad na základě dále uvedených základních informací, ze kterých vybere části, které jsou předpokladem pro naplnění hlavního cíle výuky (část A).

Žáci by si měli především uvědomit malou pravděpodobnost vzniku radiační havárie a existenci přísných bezpečnostních předpisů a pravidel pro provoz jaderných zařízení, pro jadernou a radiační bezpečnost a pro ochranu lidí před ionizujícím zářením.

Měli by (s využitím údajů o některých radiačních haváriích ve světě) pochopit možné příčiny vzniku radiačních havárií a úlohu techniky a lidského činitele při nich.

Klíčovým cílem výuky tohoto tématu je, aby si žáci trvale zapamatovali hlavní zásady a způsoby ochrany obyvatelstva v okolí jaderné elektrárny při radiační havárii s dopady na okolí. Žáci středních škol by se současně měli seznámit i s organizací havarijního plánování a otázkami havarijní připravenosti pro tyto případy.

Zvláštní pozornost výuce tohoto tématu je nutno věnovat ve školách nacházejících se v zóně havarijního plánování v okolí jaderných elektráren.

3. K doplnění výuky o další informace a k rozšíření znalostí žáků učitel využije *kurzivou psaný text* (určený zejména pro *informaci učitele a pro výuku na středních školách*), jakož i text přílohových částí tématu 4.
4. Učitel provede se žáky besedu na dané téma s cílem rozšířit a upevnit získané znalosti a usměrnit pohledy žáků na otázky radiační bezpečnosti a ekologického přínosu jaderných elektráren. Doporučené okruhy diskusních otázek jsou uvedeny v příloze 2.
5. Učitel zdůrazní nejdůležitější informace, které by si žáci měli trvale zapamatovat. Vědomosti, které jsou předpokládány k trvalému osvojení žáky základní školy, jsou shrnuty v příloze 3.
6. K ověření základních znalostí a k dalšímu rozšíření informací vyplní žáci pracovní test uvedený v příloze této příručky, který je určen především pro žáky základních škol. Před zahájením testu učitel vydá pokyny ke způsobu jeho vyplnění.

#### C. ZÁKLADNÍ INFORMACE

### 1. Úvod

Každý člověk potřebuje ve svém životě elektřinu, neboť je odkázán na provoz řady elektrických spotřebičů. Elektřina se vyrábí zejména v tepelných elektrárnách spalujících uhlí, plyn nebo ropu, v jaderných elektrárnách a ve vodních elektrárnách.

Nejvýznamnějšími zdroji elektrické energie v České republice jsou tepelné elektrárny spalující uhlí, **jaderná elektrárna v Dukovanech** na jižní Moravě a **jaderná elektrárna v Temelíně** v jižních Čechách. Např. provoz jaderné elektrárny Dukovany zabezpečuje asi jednu čtvrtinu produkce elektrické energie v ČR.

### 2. Provoz jaderných elektráren a jejich jaderná a radiační bezpečnost

Umísťování, projektování, výstavbě a bezpečnému provozu jaderných elektráren v ČR i jejich vyřazování z provozu je věnována velká pozornost. Základem bezpečného provozu jaderné elektrárny je projekt jejího **bezpečného technického řešení** a výstavby a soubor bezpečnostních požadavků na její provoz. Zajištění těchto bezpečnostních požadavků je soustavně a náročně kontrolováno **orgány státního odborného dozoru**.

Na jadernou a radiační bezpečnost jaderných elektráren je kladen vysoký důraz i celosvětově. Snad žádný jiný obor lidské činnosti nemá tak přísně vymezená pravidla bezpečnosti jako oblast jaderné energetiky a oblast využívání radioaktivních materiálů. Většina států světa, a stejně tak i Česká republika, má ve svých právních předpisech a bezpečnostních návodech zakotvena doporučení a pravidla, vydávaná Mezinárodní agenturou pro atomovou energii ve Vídni, a řídí se jimi. Tato doporučení jsou formulována na základě kvalifikovaných rozborů a doporučení skupin nejlepších světových odborníků.

Z jaderné elektrárny jsou za normálního provozu plánovaně vypouštěny některé radioaktivní látky, a to do ovzduší a povrchových vodotečí. Jejich množství je však limitováno a regulováno tak, aby nemohlo dojít k poškození zdraví lidí ani životního prostředí. Limity výпустí schvalují orgány státního dozoru.

Nahrazování klasických tepelných elektráren spalujících uhlí jadernými elektrárnami je ekologickým přínosem. Na rozdíl od elektráren spalujících uhlí jaderné elektrárny neprodukují popílek, oxid siřičitý, oxidy dusíku a další obdobné škodlivé látky znečišťující životní prostředí. Elektrárny spalující uhlí uvádějí do životního prostředí i obrovská množství oxidu uhličitého (např. v ČR šlo v roce 1997 o 151.4 milionů tun), což se stává celosvětovým ekologickým problémem zejména proto, že oxid uhličitý je příčinou tzv. „skleníkového efektu“, který vede k nežádoucímu globálnímu oteplování atmosféry.

Málokdo si také uvědomuje, že i z komínů uhelných elektráren jsou do ovzduší uváděny radioaktivní látky, jež se nahromadily v uhlí v průběhu geologického vývoje. Celosvětově je do životního prostředí uváděno z elektráren spalujících uhlí stokrát více radioaktivity než z elektráren jaderných.

Určitým problémem spojeným s provozem jaderných elektráren je skladování vyhořelého jaderného paliva, i když principiálně i technicky je tento problém již vyřešen. Z negativních ekologických faktorů je možno citovat např. skutečnost, že v důsledku výпустí do povrchových vodotečí dochází k mírnému oteplování povrchových vod v části toku řeky pod elektrárnou, a tím i k negativnímu dopadu na zde žijící flóru a faunu.

### 3. MOŽNOSTI VZNIKU RADIČNÍ HAVÁRIE V JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ

V žádné na světě provozované jaderné elektrárně nemůže dojít k jadernému výbuchu. Při havárii v jaderné elektrárně nikdy nemohou vzniknout rozsáhlé tepelné, světelné a tlakové účinky s dopadem na okolí elektrárny, které by se podobaly výbuchu jaderné zbraně. Při radiční havárii může dojít pouze k nedostatečně kontrolovanému nebo nekontrolovanému úniku radioaktivních látek do ovzduší nebo do povodí řek spojených s provozem elektrárny.

Únik radioaktivních látek z jaderného reaktoru, který nevede k ohrožení osob a životního prostředí mimo jadernou elektrárnu, nazýváme **radiční nehoda**. Pokud by únik radioaktivních látek byl tak velký, že by se jeho následky mohly dotýkat zdraví obyvatelstva v okolí elektrárny, hovoříme o **radiční havárii**. Při radiční havárii se provádějí mimořádná **opatření na ochranu zdraví obyvatelstva**. Projekt a technické řešení jaderných elektráren v ČR, dodržování stanovených podmínek provozu a odborná, zdravotní i psychická způsobilost personálu elektrárny možnost vzniku radiční havárie v podstatě vylučují. Proto je vznik radiční havárie v jaderné elektrárně v ČR velmi nepravděpodobný. V roce 1986 došlo v jaderné elektrárně v Černobylu (na území Ukrajiny) k největší radiční havárii v historii lidstva. Některé informace o černobylské radiční havárii jsou uvedeny v příloze č. 1.

**Jaderné reaktory provozované v ČR (typ VVER) jsou založeny na jiném principu než reaktory RBMK v černobylské elektrárně.** Ve světě je provozováno asi 200 reaktorů pracujících na stejném principu jako mají reaktory v Dukovanech a Temelíně a ani u jednoho z nich nedošlo k radiční havárii. Také nelze předpokládat, že by při provozu jaderné elektrárny v Dukovanech či Temelíně personál mnohonásobně, vědomě a tak hrubě porušil předpisy pro bezpečný provoz elektrárny, jako se stalo v Černobylu. Proto je radiční havárie v českých jaderných elektrárnách mnohem méně pravděpodobná. Pokud by k radiční havárii přece jen došlo, měla by díky jinému technickému řešení elektrárny podstatně jiný průběh, a v důsledku toho i daleko méně rozsáhlé a daleko méně závažné následky než havárie černobylská.

Přestože únik radioaktivních látek v množství, které by ohrozilo zdraví obyvatelstva, je z českých jaderných elektráren jen velmi málo pravděpodobný, je nutné připravit se i na situaci, že by k němu skutečně došlo. Každé nebezpečí, na něž jsme připraveni, je menší. Soustava bezpečnostních požadavků pro provoz jaderné elektrárny proto vyžaduje, aby pro jadernou elektrárnu a pro její okolí byly zpracovány **havarijní plány**. Tyto plány řeší, jak postupovat v případě, že by k radiční havárii došlo.

Nejdůležitějšími opatřeními k ochraně obyvatelstva bezprostředně při vzniku radiční havárie v jaderné elektrárně jsou ukrytí, jódová profylaxe a evakuace. Tato opatření se týkají lidí žijících v **zóně havarijního plánování**. Pro jadernou elektrárnu Dukovany má tato zóna tvar kruhu o poloměru 20 km kolem elektrárny. Pro jadernou elektrárnu Temelín má tato zóna poloměr 13 km a zahrnuje město Týn nad Vltavou.

### 4. JADERNÝ REAKTOR, OCHRANNÉ BARIÉRY, RADIOAKTIVNÍ ÚNIK, RADIČNÍ HAVÁRIE

*Jádra některých atomů se mohou po srážce s volnými neutrony rozpadnout na dvě nebo více částí. Tento proces nazýváme **štěpná reakce**.*

*Jedním z radionuklidů, který se dá poměrně snadno štěpit, je uran 235. V **jaderném reaktoru** se proto zpravidla používá jako **jaderné palivo uran 238 obohacený uranem 235**. Toto palivo se používá i v reaktorech typu VVER, které jsou provozovány v ČR. Tablety obohaceného uranu, **palivové články**, se umísťují v **palivových proutcích**, jejichž sestava tvoří **palivovou kazetu**. Při štěpné reakci probíhající v tzv. **aktivní zóně reaktoru** se jádro uranu 235 rozpadne zpravidla na dvě středně těžká jádra, tzv. **štěpné produkty**. Přitom se uvolní energie, která dosud vázala částice jádra (protony a neutrony). Při každém štěpení se uvolní 2 až 3 neutrony, které mohou štěpit další jádro uranu. Pravděpodobnost, že nastane rozštěpení dalšího jádra, je tím větší, čím menší je rychlost neutronů. Proto jsou v reaktoru materiály, které slouží ke zpomalení rychlých neutronů, tzv. **moderátory**. Moderátorem v elektrárnách s reaktory typu VVER (používanými v ČR) je chemicky upravená voda.*

Při štěpení uranu 235 se štěpné produkty od sebe rozletí velkou rychlostí a zabrzdí se na velmi krátké dráze o okolní atomy. Kinetická energie štěpných produktů se tak mění na energii tepelnou a jaderné palivo se silně ohřívá. Teplota uvnitř palivového proutku dosahuje více než 1200 °C. Vznikající teplo je odváděno chladicí vodou, která proudí kolem palivových proutků do parogenerátorů. Zde končí tzv. **primární okruh**. V parogenerátorech se tvoří pára pro pohon turbogenerátoru. Voda zde cirkuluje v **sekundárním okruhu**. Nadbytečné teplo je pomocí kondenzátorů odváděno **chladicím okruhem** do chladicích věží.

Aby štěpná reakce byla ovladatelná a nezběhla se neřízeně, je nutno regulovat počet neutronů v reaktoru. Používají se k tomu tzv. **absorbátory**, které pohlcují neutrony. Dále se používá i kyselina boritá přidaná do chladicí vody a pohyblivé **regulační tyče** obsahující bór. Zvýšením jejich množství v aktivní zóně dochází ke snižování počtu štěpení, a tím ke snižování výkonu reaktoru.

Vzniklé štěpné produkty (zhruba 300 různých radionuklidů) jsou radioaktivní a mají poločasy rozpadu obvykle od zlomků sekund do desítek let. Další radioaktivní jádra vznikají záchytem neutronů. Ze štěpného paliva tak vznikají transurany (např. plutonium 239 s poločasem rozpadu 25 tisíc let) a ve všech látkách a materiálech v dosahu neutronů stovky dalších radionuklidů.

Dlouhodobé provozování reaktoru a postupná výměna paliva vede k jisté celkové stabilizaci **jaderného inventáře** reaktoru, tj. ke stabilizaci radionuklidového složení a aktivity jednotlivých radionuklidů v aktivní zóně reaktoru. Aktivita jednotlivých radionuklidů v aktivní zóně reaktoru v jaderné elektrárně Dukovany je za provozu řádově 1016 až 1019 Bq a celková aktivita jaderného inventáře zhruba 1021 Bq. Po odstavení reaktoru se aktivita snižuje a radionuklidové složení se mění v závislosti na různých **poločasech přeměny** jednotlivých radionuklidů.

Z hlediska technického řešení brání nekontrolovanému úniku radioaktivních látek z jaderné elektrárny **systém pěti ochranných bariér**. První bariéru tvoří keramický obal palivového článku. Druhou tvoří obal palivového proutku ze speciální slitiny s vysokým bodem tání, třetí nádoba reaktoru, čtvrtou betonová šachta a betonové stínění kolem reaktoru (tzv. tlaková bariéra) a pátou je tzv. kontejnment, což je technické zařízení sloužící ke spolehlivému udržení radioaktivních látek v reaktorové budově při jejich úniku z reaktoru.

Nutnou podmínkou řádného provozování jaderného reaktoru je udržet štěpné produkty a transurany v místě jejich vzniku - v jaderném palivu. K tomu slouží jako ochranná bariéra pevná keramická forma palivových článků a jejich hermetické uzavření do palivových proutků. Při porušení hermetičnosti obalu článku a stěny proutku mohou radionuklidy proniknout do chladicího média primárního okruhu. Další bariérou je proto hermeticky uzavřený systém primárního okruhu a tlakové nádoby reaktoru. K tomu, aby ani porušení primárního okruhu nevedlo k úniku radionuklidů do okolí, slouží poslední bariéra, **kontejnment**, která má různá technická řešení (např. formou ochranné obálky jedno či dvouplášťové, různých typů barbotážních systémů apod.). V některých elektrárnách je místo ochranné obálky použit systém hermetické konstrukce.

Únik radioaktivních látek z jaderné elektrárny je možný např. při poruše primárního okruhu, tj. při ztrátě chladiva aktivní zóny. V reaktoru (i v počátečním období po jeho odstavení) vzniká z radioaktivních přeměn teplo (tzv. zbytkové), které je tak velké, že při ztrátě chladicího média může dojít k porušení hermetičnosti paliva, popřípadě i k tavení aktivní zóny. Radionuklidy pak uniknou do hermetické obálky reaktoru. Avšak teprve netěsností nebo porušením poslední ochranné bariéry může dojít k nekontrolovanému úniku do okolí. I když jsou větší poruchy hermetičnosti paliva a primárního okruhu vysoce nepravděpodobné, potom, pokud přece jen nastanou, je jejich výsledkem především vážné zamoření vnitřních prostor jaderné elektrárny.

Šíření radionuklidů, které by unikly z elektrárny, je závislé na výšce jejich úniku, výšce jejich tepelného vznosu, sedimentační rychlosti radioaktivních částic a meteorologické situaci, zejména na podmínkách určujících vzdušné (vertikální a horizontální) proudění vzduchu. Šíření uniklých radionuklidů ovlivňují i další činitele, např. déšť, reliéf terénu, atd. Nejjednodušší je šíření vzácných plynů, které vytvoří radioaktivní oblak unášený a rozptylovaný vzdušnými proudy.

Od spuštění prvního reaktoru v Chicagu skupinou Enrica Fermiho až do doby černobylské havárie, kdy bylo v provozu téměř 500 reaktorů s celkovým výkonem cca 16 % celosvětové energetické produkce, zahynula v důsledku nehod v jaderných zařízeních necelá **stovka** pracovníků.

Porovnáme-li rizika práce v celém cyklu získávání elektrické energie (tj. od těžby, přepravy a úpravy paliva až po likvidaci odpadů), je právě díky nejpřísnějším předpisům a normám energetika jaderná bezkonkurenčně nejbezpečnější, a to i když vezmeme v úvahu vliv na zdraví a životy z nejbližšího pohledu.

Během posledních desetiletí se podařilo uvést v život účinný mezinárodní dozor prostřednictvím MAAE (Mezinárodní agentury pro atomovou energii se sídlem ve Vídni), který nemá v jiných oborech rizikové lidské činnosti obdobu. K rychlému a srozumitelnému předání zprávy o vzniku radiační havárie a stupni její závažnosti pro potřeby MAAE, okolních států a odborné veřejnosti zavedla MAAE sedmistupňovou mezinárodní stupnici hodnocení a posuzování radiačních událostí, která se označuje se zkratkou INES.

**Nultý stupeň** představuje jakoukoliv mimořádnou událost v jaderné elektrárně, při níž **nejsou překročeny provozní limity** a podmínky stanovené pro radiační bezpečnost. **První až třetí stupeň** představují **radiační nehody**, které prakticky **neohrožují okolí a nevyžadují žádná zvláštní opatření na ochranu lidí mimo elektrárnu**. **Čtvrtý až pátý stupeň** představují **radiační havárie**, při jejichž vzniku jsou zpravidla nezbytná i jistá opatření v okolí elektrárny a které mají vážný dopad na další provoz elektrárny. **Šestý a sedmý stupeň** přísluší těm radiačním haváriím, při nichž je zcela nezbytné organizovat opatření k ochraně obyvatelstva v okolí elektrárny; tyto havárie mají zpravidla i velmi těžký dopad na elektrárnu.

## 5. BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

Pro řadu lidí je "radioaktivní záření" zlý fenomén vytvořený neodpovědnými vědci. Hlavním jmenovatelem tohoto názoru je neznalost podstaty a účinků ionizujícího záření a z toho vyplývající **radiofobie**, čili nepřiměřená a neodůvodněná obava z ozáření. Mnoho lidí považuje jadernou energetiku za velmi významný zdroj radioaktivity v životním prostředí, někteří dokonce i za nejnebezpečnější činnost, k níž lidstvo dospělo ve svém vývoji. Jak ukazuje následující tabulka, skutečnost je zcela jiná.

### Veřejné mínění v USA o nebezpečnosti různých činností a skutečnost získaná ze statistických údajů

Činnosti jsou seřazeny podle stupně nebezpečnosti z veřejného mínění, skutečná roční úmrtnost je uvedena podle statistických údajů. (Citováno dle publikace JANDL, J. - PETR, I.: Ionizující záření v životním prostředí. Praha, SNTL, 1988.)

Činnost	Skutečná průměrná roční úmrtnost	Činnost	Skutečná průměrná roční úmrtnost
Jaderná energetika	100	Stavebnictví	1 000
Automobilismus	50 000	Lovectví	800
Osobní zbraně	17 000	Horolezectví	30
Kouření	150 000	Cyklistika	1 000
Motocykly	3 000	Dopravní letectví	130
Alkohol	100 000	Úrazy elektřinou	14 000
Letectví (bez dopravy)	1 300	Plavání	3 000
Činnost policie	160	Antikoncepce	150
Chirurgické zákroky	2 800	Lyžování	18
Činnost požárníků	195	Železnice	1 950

Pro pochopení problematiky ohrožení osob v důsledku ozáření je vhodné se seznámit s biologickými účinky záření a s možnými zdravotními následky ozáření. Stručný přehled této problematiky podává následující tabulka.

### Procesy probíhající v buňce po ozáření, biologické účinky ozáření a zdravotní následky

STÁDIUM	PROCESY	TRVÁNÍ
Fyzikální	Absorpce energie ionizujícího záření, ionizace vody	$10^{-16}$ s
Fyzikálně-chemické	Interakce iontů s molekulami, vznik volných radikálů	$10^{-6}$ s
Chemické	<pre> graph TD     A[Chemické] --&gt; B[Denaturace důležitých buněčných složek a fragmentů]     A --&gt; C[Interakce s DNA]                     </pre>	sekundy
Biologické	<pre> graph TD     B --&gt; D[Smrt buňky]     B --&gt; E[Změna genetické informace buňky, mutace]     D --&gt; F[Usmrcení v klidovém stavu]     D --&gt; G[Zánik vázaný na buněčné dělení]     E --&gt; H[somatická]     E --&gt; I[genetická]                     </pre>	desítky minut až desítky let
ÚČINKY ZÁŘENÍ	DETERMINISTICKÉ (NESTOCHASTICKÉ) ČASNÉ SOCHATICKÉ	STOCHASTICKÉ POZDNI GENETICKÉ
ZDRAVOTNÍ NÁSLEDKY OZÁŘENÍ	Akutní postradiační syndrom („nemoc z ozáření“) Akutní lokální změny (nenádorová poškození orgánů) Poškození vývoje zárodku či plodu	Chronický útlum krvetvorby Chronický zánět kůže Zákal oční čočky Leukémie Nádorová poškození orgánů (rakovina) Následky u potomstva

Z tabulky je patrné, že zdravotní poškození vznikající následkem ozáření lze rozdělit podle tří hledisek:

1. Na **následky somatické** (projevující se přímo u ozářeného jedince) a **následky genetické** (projevující se až v dalších generacích).
2. Na **následky časné** (projevující se v průběhu dnů, týdnů, resp. měsíců) a **následky pozdní** (projevující se až po letech).
3. Na účinky **deterministické** (zákonité, nestochastické, nenahodilé) projevující se **vždy**, ale až při **překročení určité prahové dávky**, **stochastické** (nahodilé, statistické), které **nemají žádnou prahovou dávku** a mají **statistický (pravděpodobnostní) charakter**. Stochastická poškození se projeví jen u části osob z významného statistického souboru, tj. mají pro jednotlivce pouze určitý koeficient pravděpodobnosti. U stochastických účinků nelze u žádného jednotlivce nikdy exaktně rozhodnout, zda k onemocnění konkrétní osoby došlo či nedošlo v důsledku ozáření.

Pokud se týče následků deterministických poškození, tak např. prahová dávka celotělového ozáření pro akutní postradiační syndrom má hodnotu cca 1 Sv. Pokud tato hodnota není překročena, je vyloučeno, aby ozářená osoba onemocněla „klasickou nemocí z ozáření“.

Při hodnocení stochastických účinků se vychází z následujících koeficientů rizika:

Koeficient rizika radiačně indukované fatální (smrtelné) rakoviny se v současné době odhaduje na  $50 \cdot 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$ , tj. při ozáření miliónu osob, každé dávkou 1 mSv, zemře v důsledku ozáření zhruba 50 osob na rakovinu. Rakovina nevzniká bezprostředně, ale až po několikaletém období latence (např. u plicních nádorů po 10 až 40 letech). V každé generaci osob na území ČR (10 miliónů osob) se vyskytuje asi 100 tisíc radiačně indukovaných případů fatální rakoviny způsobené ozářením ze všech přírodních i umělých zdrojů. Celkový výskyt rakoviny veškerého původu je asi dvacetkrát vyšší, činí asi 2 milióny osob, tj. každý pátý člověk umírá na rakovinu nejrůznějšího původu. Někteří autoři udávají tento počet ještě vyšší.

Koeficient rizika nefatální rakoviny je odhadnut na cca  $10 \cdot 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$ , koeficient rizika genetických následků pro první dvě generace se odhaduje na cca  $13 \cdot 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$ .

## 6. HAVARIJNÍ PLÁNY A OPATŘENÍ K OCHRANĚ ZDRAVÍ LIDÍ PŘI RADIAČNÍ HAVÁRII V JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ

Žádná jaderná elektrárna nesmí být uvedena do provozu, dokud pro ni není zpracován **vnitřní havarijní plán** a zabezpečena jeho případná realizace. Vedle havarijního plánu pro vlastní elektrárnu musí být zpracovány i plány na ochranu obyvatelstva, tzv. **vnější havarijní plány**. Tyto plány se zpracovávají pro okolí jaderné elektrárny, ležící v **zóně havarijního plánování**.

Všichni občané žijící v zónách havarijního plánování kolem jaderných elektráren pravidelně dostávají instruktážní "Příručku pro ochranu obyvatel v případě radiační havárie".

V případě jaderné elektrárny v Dukovanech sahá zóna havarijního plánování do vzdálenosti 20 km kolem elektrárny. Pro jadernou elektrárnu Temelín je stanovena zóna o poloměru 13 km, ve které leží i město Týn nad Vltavou.

Vnější havarijní plány obsahují ve smyslu mezinárodních doporučení zejména následující **opatření k ochraně zdraví obyvatelstva při radiační havárii**: vyzoomění a varování, monitorování radiační situace, ukrytí, jódovou profylaxi, evakuaci, regulaci pohybu osob, dozimetrickou kontrolu a dekontaminaci, regulaci využívání potravin, pitné vody a jejich zdrojů a zdravotní péči.

Jednotlivé druhy opatření k ochraně zdraví obyvatelstva mají různý význam v různé době po havárii. Proto se některá z nich plánují či uvažují v **časné fázi** radiační havárie (reprezentuje ji den vzniku havárie, popř. několik dní následujících), některá **ve střední fázi** (období více dnů po vzniku radiační havárie) a některá **v pozdní fázi** (období více týdnů po vzniku radiační havárie).

V jaderné elektrárně, v jejím okolí i po celém území ČR se soustavně provádí a vyhodnocuje měření radioaktivity. Provádí se takzvané **monitorování radiační situace**. V případě radiační havárie umožňuje monitorování účelně rozhodovat o potřebě provádět opatření na ochranu zdraví lidí a životního prostředí.

**Nejdůležitějšími opatřeními na ochranu zdraví lidí v časné fázi radiační havárie jsou:**

- varování obyvatelstva,
- ukrytí obyvatelstva v budovách,
- jódová profylaxe,
- evakuace osob.

### Varování obyvatelstva

Obyvatelstvo je v případě radiační havárie upozorněno na vznik havarijního stavu v jaderné elektrárně elektrickými sirénami pomocí signálu „Všeobecná výstraha“ (kolísavý tón sirény po dobu 140 sekund). Tento signál vyžaduje od osob

nacházejících se v zóně havarijního plánování okamžitě ukrytí v budovách a zapnutí televizních a rozhlasových přijímačů. Prostřednictvím televizního a rozhlasového vysílání občané obdrží informace o vzniku havarijního stavu na jaderné elektrárně a pokyny pro provedení ochranných opatření, tj. pro ukrytí, jódovou profylaxi, evakuaci a další činnost.

## Ukrytí

Ukrytí obyvatelstva v budovách podstatně snižuje přímé ozáření osob ionizujícím (radioaktivním) zářením a možnost vdechování radioaktivních látek. Ukrytí obyvatelstva se plánuje a při radiační havárii provádí v celé zóně havarijního plánování ihned po varování sirénami. Při ochraně obyvatelstva ukrytím má největší význam ukrytí ve vlastních bytech a různých společenských budovách. Obyvatelé musí zůstat ukryti po dobu, která je jim oznámena ve sdělovacích prostředcích.

## Jódová profylaxe

Mezi radioaktivní prvky, které by mohly uniknout z jaderné elektrárny při radiační havárii, patří i radioaktivní izotopy jódu. Vdechovaný jód se usazuje ve štítné žláze osob. Usazování radioaktivního jódu lze zabránit tím, že štítnou žlázu nasatíme normálním, neradioaktivním jódem. Proto má každý občan, žijící v zóně havarijního plánování, k dispozici tablety jodidu draselného, které musí po varování o vzniku radiační havárie pozřít v množství uvedeném v televizní a rozhlasové relaci.

## Evakuace

Evakuaci rozumíme neprodlené rychlé přemístění osob z ohrožené oblasti do míst ležících mimo zónu havarijního plánování. Evakuace při radiační havárii se plánuje jen z obcí, v nichž by ukrytí a jódová profylaxe nemusely být dostatečně účinným opatřením na ochranu zdraví. Evakuace se plánuje z obcí nacházejících se ve vzdálenosti do 10 km od elektrárny. Při radiační havárii se provádí z území do 5 až 10 km od elektrárny. Pokyny pro ukrytí, jódovou profylaxi a evakuaci jsou podrobně uvedeny v "Příručce pro ochranu obyvatel v případě radiační havárie".

*V období střední a pozdní fáze havárie se na základě výsledků monitorování radiační situace evakuovaní buď vrací do svých obcí, anebo se podrobují přesídlení.*

***Přesídlení obyvatelstva** je dlouhodobé opatření, které se předem neplánuje a nepřipravuje. Jeho smyslem je zabránit pobytu obyvatelstva v nepřípustně zamořených oblastech. Podle potřeby může dojít i k přesídlení obyvatelstva, které nebylo v časně fázi havárie evakuováno.*

***Regulace pohybu osob** se plánuje a připravuje pro časnou a střední fázi radiační havárie v územních celcích spadajících do zóny havarijního plánování. Úkolem regulace pohybu osob na ohroženém území je zabránit vstupu osob do ohroženého prostoru, zajistit průjezdnost komunikací pro monitorovací skupiny, pro evakuaci obyvatelstva a přesuny sil a prostředků provádějících záchranné a likvidační práce, snížit ozáření a radioaktivní kontaminaci osob, zabezpečit ochranu majetku a celkově racionálně usměrnit dopravu a přepravu osob v ohrožené oblasti. Regulace je organizována jednotkami Policie ČR, které jsou později doplněny i vojenskými jednotkami.*

*Na výjezdech ze zóny havarijního plánování se plánují, zajišťují a případně realizují **regulační místa**, kde by se mj. prováděla **dozimetrická kontrola** osob, vozidel a materiálů vyvážených ze zóny havarijního plánování. V blízkosti regulačních míst se zřizují místa pro provádění **dekontaminace**. Jde zpravidla o veřejné či podnikové umývárny nebo sprchárny a o **místa speciální čistoty** budovaná polním způsobem vojenskými záchrannými útvary.*

***Regulace používání potravin, vody a krmiv** se plánuje a připravuje pro územní celky v zóně havarijního plánování. V časně fázi radiační havárie se vydává zákaz spotřeby všech potravin a krmiv na ohroženém území s výjimkou vhodně skladovaných a chráněných proti radioaktivní kontaminaci. Zákaz požívání vody a jejího používání k potravinářským účelům a k napájení hospodářských zvířat je vydáván pro neupravenou vodu odebranou z nechráněných vodních zdrojů a pro dešťovou vodu.*

*Podle charakteru vzniklé radiační situace se organizují, zavádějí a odvolávají další odpovídající **zemědělská, vodoohospodářská, veterinární a zásobovací opatření**. **Relativní význam těchto opatření stoupá s dobou uplynulou od havárie**, tj. tato opatření se zvažují zejména ve střední a popř. pozdní fázi radiační havárie.*

***Zdravotní péče** při radiační havárii spočívá v komplexu léčebně preventivních, hygienických a protiepidemických opatření. K jejímu zajištění se zpracovávají územní traumatologické plány.*

Na plánování a provádění opatření k ochraně obyvatelstva se podílejí orgány státní správy a samosprávy měst a obcí, složky integrovaného záchranného systému (zejména Hasičského záchranného sboru ČR) a další orgány a organizace.

Důležitým faktorem k zajištění ochrany lidí při radiační havárii je **havarijní připravenost**. Opatření k ochraně obyvatelstva uvedená v havarijních plánech musí být zabezpečena povoláními a odborně zdatnými osobami, materiálem a technikou. Postupy při řešení havarijních situací je nutno pravidelně nacvičovat, procvičovat a prověřovat.

**Nejvýznamnějšími orgány podílejícími se na zpracování vnějšího havarijního plánu a na zajištění havarijní připravenosti jsou:**

- Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB),
- Koordinační krizové centrum pro radiační havárie,
- Ústředí radiační monitorovací sítě ČR (ÚRMS ČR),
- provozovatel jaderné elektrárny,
- ústřední krizový štáb a krizové štáby ministerstev,
- hejtmani, krajské úřady a pracoviště krizového řízení hasičských záchranných sborů krajů,
- starostové a obecní úřady,
- složky integrovaného záchranného systému (zejména Hasičský záchranný sbor ČR, zdravotnická záchranná služba a Policie ČR; dále pak vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil, ostatních ozbrojených, bezpečnostních a záchranných sborů, orgány ochrany veřejného zdraví, odborná zdravotnická zařízení, havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby, zařízení civilní ochrany a podle možností a potřeb i neziskové organizace a sdružení občanů).

## 7. ZÁVĚR

Kvalitní technické řešení jaderných elektráren, náročná kritéria jaderné bezpečnosti, malá pravděpodobnost vzniku radiační havárie, dobře zpracované havarijní plány a zajištění havarijní připravenosti vytvářejí potřebné předpoklady pro ochranu zdraví lidí a životního prostředí v okolí jaderných elektráren.

### **Příloha č. 1: Příklady vážných radiačních havárií jaderných elektráren** **Havárie v Three Mile Island**

Blok Three Mile Island 2 s reaktorem o tepelném výkonu 2772 MW byl v době havárie provozován necelý rok. 28.3.1979 došlo k výpadku dodávky vody do jednoho ze dvou parogenerátorů elektrárny. Po havarijním odstavení reaktoru docházelo k pomalému úniku chladicí vody z primárního okruhu. Příčinou byl zaseknutý ventil. Únik chladiva nebyl včas odhalen. Chybné zhodnocení situace vedlo k velké ztrátě chladiva a následně k tavení paliva. Zvládnutí havárie trvalo celý týden.

Při havárii nikdo nepřišel o život. I když tato havárie měla velmi těžký dopad na elektrárnu, neměla téměř žádný vliv na obyvatelstvo; únik radionuklidů do okolí byl velmi omezený. Přesto však byla prováděna rozsáhlá a nákladná opatření na ochranu obyvatelstva v širokém okolí elektrárny. Tato havárie byla typickým případem falešného vyhodnocení rizika možnosti ozáření obyvatelstva za konkrétní havarijní situace. Současně však prokázala vysokou bezpečnost havarijních systémů jaderných elektráren budovaných ve vyspělých státech světa.

Analýza této havárie napomohla k následnému zpřesnění řady zásad a mezinárodních doporučení pro obsah, rozsah a plánování havarijních opatření v okolí jaderných elektráren.

### **Havárie v Černobylu**

K černobylské havárii došlo 26.4.1986 v průběhu plánovaného odstavení čtvrtého bloku elektrárny, při kterém byl prováděn nepovolený a neodborně připravený experiment. Tento pokus měl ověřit, jestli elektrický generátor (poháněný turbínou) bude po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen napájet při setrvačném doběhu po 40 sekund čerpadla havarijního chlazení. Během experimentu byl reaktor uveden do velmi nestabilního stavu. Kvůli provedení pokusu experimentátoři vědomě vyřadili z provozu většinu bezpečnostních systémů, které by byly jinak havárii automaticky zabránily.

Při provádění experimentu operátor nakonec vysunul řídicí tyče z aktivní zóny reaktoru tak vysoko a v tak nedovoleném počtu, že se velice náhle a mnohonásobně zvýšil výkon reaktoru. Operátor pak nestačil regulační tyče do aktivní zóny včas ručně zasunout (automatika byla odpojena). Došlo k explozi vodíku (v Černobylu byl provozován grafitový reaktor typu RBMK, vodík vznikal redukcí vodní páry na rozžhaveném grafitu). Touto explozí došlo k roztržení betonového bloku reaktoru a odhození jeho tisícitunového víka. Vyletující rozžhavené trosky zapálily asfaltový potah střechy, a když se střecha propadla, bylo s mračnem kouře do ovzduší vyvrženo asi 5 tun radioaktivního paliva. Velké úniky radioaktivity se podařilo omezit až po desetidenním úsilí.

Celkově bylo vyneseno z elektrárny do ovzduší cca  $2 \cdot 10^{18}$  Bq radioaktivních látek, které pak byly rozneseny větrem po téměř celé Evropě.

Podle oficiálních zpráv zahynulo při záchranných pracích v černobylské elektrárně 31 pracovníků a požárníků; 237 záchranářů onemocnělo na akutní nemoc z ozáření. Relativně vysokými dávkami bylo dále ozářeno několik tisíc pracovníků podílejících se na likvidačních pracích. Z obyvatel žijících v okolí elektrárny však nikdo neobdržel dávky, které by vedly k nemoci z ozáření. Celkově (tedy i nepřímé) škody, způsobené černobylskou havárií, jsou celosvětově odhadovány asi na 10 miliard dolarů. Oblast o průměru 30 km kolem elektrárny je dodnes nepřístupná.

Vyhodnocením příčin černobylské havárie bylo zjištěno, že ji způsobilo především hrubé porušení šesti vážných zásad a předpisů jaderné bezpečnosti, jaké by nebylo vůbec myslitelné ve státech střední a západní Evropy, a k tomu ještě na reaktoru, jehož vybavení a režim neodpovídaly svou úrovní vžitému světovému standardu: černobylský reaktor neměl ochrannou obálku, svoji roli sehrála i fyzikálně nestabilní konstrukce aktivní zóny reaktoru typu RBMK. Rozsah následků černobylské havárie dále zvýšily i počáteční pokusy o utajení havárie a takový systém řízení havarijních prací na elektrárně a opatření v jejím okolí, v němž jen málo záleželo na lidských životech.

Z výše uvedeného je zřejmé, že základní příčinou havárie v Černobylu byl totalitní společenský režim, který svou podstatou umožnil kumulaci technických, a zejména pak "lidských" činitelů, které vyústily v tuto havárii.

## **Příloha č. 2: Náměty pro besedy a diskuse se žáky základních a středních škol**

### **Náměty pro diskusi se žáky základních škol**

- Jak hodnotíte potřebu a ekologický přínos provozu jaderných elektráren v ČR?
- Jak je zajištěn bezpečný provoz jaderných elektráren v ČR?
- Lze srovnat rozsah následků radiační havárie jaderné elektrárny a následků výbuchu jaderné zbraně? Co je nebezpečnější a proč?
- Jakými opatřeními se zabezpečuje ochrana obyvatelstva v případě radiační havárie jaderné elektrárny s dopadem na okolí?
- Vysvětlíte význam ukrytí, jódové profylaxe a evakuace.

### **Náměty pro besedu se žáky středních škol**

- Bezpečnost reaktorů VVER ve srovnání s reaktory černobylského typu.
- Význam systému ochranných bariér.
- Radiační havárie jaderných elektráren ve světě.
- Neodkladná opatření po zaznění sirén v okolí jaderné elektrárny.
- Nejdůležitější opatření k ochraně lidí v časně fázi radiační havárie jaderné elektrárny. Časná, střední a pozdní fáze radiační havárie a relativní význam jednotlivých opatření k ochraně obyvatelstva v jednotlivých fázích havárie.

### **Další možné formy práce**

- Exkurze do jaderné elektrárny Dukovany (Temelín).
- Práce s novinovými výstřižky ve skupinách na téma „Ohlas ve veřejných sdělovacích prostředcích na provoz jaderných elektráren a protichůdnost hodnocení jejich bezpečnosti“.

## **Příloha č. 3: Učební text pro domácí přípravu žáků základních škol**

### **MOŽNOSTI RADIAČNÍ HAVÁRIE V JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ A OCHRANA OBYVATELSTVA V PŘÍPADĚ RADIAČNÍ HAVÁRIE JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ**

Každý člověk potřebuje ve svém životě elektřinu, neboť je odkázán na provoz řady elektrických spotřebičů. Elektřina se vyrábí zejména v tepelných elektrárnách spalujících uhlí, plyn nebo ropu, v jaderných elektrárnách a ve vodních elektrárnách.

Nejvýznamnějšími zdroji elektrické energie v České republice jsou tepelné elektrárny spalující uhlí, **jaderná elektrárna v Dukovanech** na jižní Moravě a **jaderná elektrárna v Temelíně** v jižních Čechách. Např. provoz jaderné elektrárny Dukovany zabezpečuje asi jednu čtvrtinu produkce elektrické energie v ČR.

Nahrazování tepelných elektráren spalujících uhlí jadernými elektrárnami je ekologickým přínosem. Jaderné elektrárny neprodukují popílek, oxid uhličitý, oxid siřičitý a obdobné látky znečišťující životní prostředí. Radioaktivní látky do životního prostředí uvádějí nejen jaderné elektrárny, ale i tepelné elektrárny spalující uhlí, a to v daleko větším množství. I v uhlí jsou přítomny radioaktivní látky.

Umístování, projektování, výstavbě a bezpečnému provozu jaderných elektráren v ČR je věnována velká pozornost. Základem bezpečného provozu jaderné elektrárny je projekt jejího **bezpečného technického řešení** a výstavby a soubor bezpečnostních požadavků na její provoz. Plnění bezpečnostních požadavků je soustavně a náročně kontrolováno **orgány státního odborného dozoru**.

V žádné jaderné elektrárně nemůže nikdy dojít k jadernému výbuchu. Při havárii v jaderné elektrárně nemohou vzniknout rozsáhlé tepelné, světelné a tlakové účinky s dopadem na okolí elektrárny, které by se podobaly výbuchu jaderné zbraně. Při radiační havárii může dojít pouze k nedostatečně kontrolovanému nebo nekontrolovanému úniku radioaktivních látek do ovzduší nebo do povodí řek spojených s provozem elektrárny.



Únik radioaktivních látek z jaderného reaktoru, při kterém nemohou být ohroženy osoby mimo elektrárnu, nazýváme **radiační nehoda**. Jestliže by se následky úniku dotýkaly zdraví obyvatelstva v okolí elektrárny, hovoříme o **radiační havárii**. Na jaderné elektrárně může dojít i k události **neradiační** (k požáru nebo jiné závažné události, při níž nedojde k úniku radioaktivních látek).

Jaderné reaktory provozované v ČR jsou založeny na jiném principu než reaktory v ukrajinské jaderné elektrárně Černobyl, v níž došlo v roce 1986 k velmi závažné radiační havárii. Jaderné reaktory provozované v ČR jsou mnohem bezpečnější.

Vznik radiační havárie v jaderné elektrárně Dukovany nebo Temelín je velmi nepravděpodobný.

Činnost v případě radiační havárie řeší **havarijní plány**. Podle těchto plánů se v případě radiační havárie provádějí mimořádná **opatření na ochranu zdraví obyvatelstva** v zóně havarijního plánování. Zóna havarijního plánování kolem jaderné elektrárny Dukovany má tvar kruhu o poloměru 20 km. Pro jadernou elektrárnu Temelín je stanovena zóna o poloměru 13 km, v níž se nachází město Týn nad Vltavou.

Nejdůležitější opatření na ochranu zdraví, prováděná bezprostředně při vzniku radiační havárie, jsou:

**Varování obyvatelstva.** Na vznik radiační havárie jsou lidé v zóně havarijního plánování upozorněni zněním sirén. Zazní-li siréna, ukryjeme se v budově a pustíme televizi nebo rozhlas. Řídíme se instrukcemi z televizního a rozhlasového vysílání.

**Ukrytí.** Ukrytí lidí v budovách podstatně sníží jejich ozáření. Při radiační havárii musí obyvatelé v zóně havarijního plánování zůstat ukryti po dobu, která je jim oznámena ve sdělovacích prostředcích.

**Jódová profylaxe.** Mezi radioaktivní prvky, které by mohly uniknout při radiační havárii, patří i radioaktivní jód. Vdechovaný jód se usazuje ve štítné žláze. Tomu se dá zabránit tak, že štítnou žlázu nasatíme normálním, neradioaktivním jódem. Proto má každý občan v zóně havarijního plánování tablety jodidu draselného, které musí po varování o vzniku radiační havárie pozřít. Tablety se berou v množství, které je uvedeno v televizní a rozhlasové relaci.

**Evakuace.** Evakuace je včasné a rychlé přemístění lidí z ohrožené oblasti. Evakuace pro případ radiační havárie se plánuje jen z obcí, v nichž by ukrytí a jódová profylaxe nemusely být dostatečně účinným opatřením na ochranu zdraví. Evakuace se plánuje z obcí nacházejících se ve vzdálenosti do deseti kilometrů od elektrárny. Při radiační havárii se obyvatelstvo evakuuje jen z nejméně ohrožených obcí.

Na plánování a provádění opatření k ochraně obyvatelstva se podílejí orgány státní správy a samosprávy měst a obcí, složky integrovaného záchranného systému (zejména Hasičského záchranného sboru ČR) a další orgány a organizace.

Všichni občané žijící v zóně havarijního plánování kolem elektrárny Dukovany pravidelně dostávají **Příručku pro ochranu obyvatel v případě radiační havárie**. V této příručce jsou podrobně uvedeny instrukce pro chování občanů při radiační havárii. Obdobná příručka je vydávána i obyvatelům v okolí Temelína.

Kvalitní technické řešení jaderných elektráren, dobře zpracované havarijní plány a havarijní připravenost vytvářejí předpoklady pro ochranu zdraví lidí a životního prostředí.

#### Zapamatujte si:

- Budování jaderných elektráren je v zásadě ekologickým přínosem.
- Bezpečnému provozu jaderných elektráren je věnována velká pozornost. Vznik radiační havárie je velmi nepravděpodobný.
- V jaderné elektrárně nemůže nikdy dojít k jadernému výbuchu. Při radiační havárii může být zdraví lidí ohroženo pouze následkem působení radioaktivního záření.
- Pro případ radiační havárie se zpracovávají havarijní plány na ochranu obyvatelstva v okolí elektrárny a zajišťuje se havarijní připravenost.
- Nejdůležitějšími opatřeními k ochraně obyvatelstva bezprostředně při vzniku radiační havárie v jaderné elektrárně jsou ukrytí, jódová profylaxe a evakuace. Tato opatření se týkají lidí žijících v zóně havarijního plánování, která sahá do vzdálenosti 20 km od elektrárny Dukovany, resp. do vzdálenosti 13 km od elektrárny Temelín, v níž se nachází i město Týn nad Vltavou.

#### Příloha č. 4: Písemný test pro žáky

1. Jaderná elektrárna v Dukovanech je důležitou součástí systému výroby elektrické energie v České republice. Jejím provozem se zajišťuje:

- a. asi jedna desetina produkce elektrické energie v ČR,
- b. asi jedna čtvrtina produkce elektrické energie v ČR,

- c. téměř veškerá spotřeba elektrické energie v ČR.

**2. Jaderná elektrárna Dukovany leží:**

- a. v severních Čechách poblíž města Most,  
b. v jižních Čechách poblíž města České Budějovice,  
c. na jižní Moravě nedaleko Třebíče.

**3. Jaderná elektrárna Temelín leží:**

- a. v severních Čechách nedaleko města Most,  
b. v jižních Čechách poblíž města Tyn nad Vltavou,  
c. na jižní Moravě nedaleko Moravského Krumlova.

**4. Budování jaderných elektráren umožňuje vyřazovat z provozu tepelné elektrárny spalující hnědé uhlí. Největší hustota elektráren spalujících uhlí je:**

- a. v jižních Čechách,  
b. na jižní Moravě,  
c. v Mostecké pánvi pod Krušnými horami.

**5. Postupné nahrazování elektráren spalujících uhlí jadernými elektrárnami je:**

- a. ekologickým přínosem, neboť jaderné elektrárny neprodukují popílek, oxid uhličitý, oxid siřičitý ani jiné obdobné chemické látky znečišťující životní prostředí,  
b. ekologicky nevhodné, neboť jaderné elektrárny vypouštějí i za normálního provozu do ovzduší a vod velké množství radioaktivních látek, které značně překračuje hygienické normy stanovené pro životní prostředí,  
c. velmi nebezpečné, neboť bezpečnému provozu jaderných elektráren není dosud ve světě věnována potřebná pozornost a nejsou určeny orgány, které by provoz elektráren kontrolovaly.

**6. Únik radioaktivních látek z jaderného reaktoru, při kterém nejsou ohroženy osoby mimo elektrárnu, nazýváme radiační nehoda. Jestliže následky úniku vedou k poškození zdraví obyvatelstva v okolí elektrárny, hovoříme o radiační havárii. Jestliže v jaderné elektrárně dojde k požáru, jde o vážnou událost, při které:**

- a. musí nutně dojít alespoň k radiační nehodě,  
b. dojde k podobné havárii jako v Černobylu,  
c. nedojde k úniku radioaktivních látek, pokud nebude narušena převážná většina rozhodujících bezpečnostních systémů a opatření.

**7. V roce 1986 došlo na Ukrajině v Černobylu k dosud největší havárii jaderné elektrárny v dějinách lidstva.**

- a. Při této havárii došlo k jadernému výbuchu, jehož následkem v krátké době zemřely tisíce osob v přilehlých obcích.  
b. Tato havárie byla způsobena především mnohonásobným hrubým porušením bezpečnostních předpisů.  
c. Následkem této havárie v České republice zemře na rakovinu nejméně 54 tisíc osob.

**8. Jaderné reaktory typu VVER provozované v ČR jsou založeny na jiném principu než reaktory v ukrajinské jaderné elektrárně Černobyl. Technická konstrukce reaktorů typu VVER je z hlediska jaderné a radiační bezpečnosti:**

- a. zhruba srovnatelná s reaktory v Černobylu,  
b. mnohem bezpečnější než u reaktorů v Černobylu,  
c. ještě nebezpečnější než u reaktorů v Černobylu.

**9. Nejdůležitější opatření k ochraně zdraví lidí bezprostředně při vzniku radiační havárie jsou varování obyvatelstva v okolí elektrárny, ukrytí lidí v budovách a případná evakuace z okolí elektrárny. Na vznik radiační havárie by občané v zóně havarijního plánování byli upozorněni sirénami. Zazní-li siréna:**

- a. použijeme první vhodný dopravní prostředek, abychom se dostali alespoň dvacet kilometrů od elektrárny,  
b. ukryjeme se v budově a pustíme televizi nebo rozhlas a řídíme se instrukcemi televizního a rozhlasového vysílání,  
c. namočíme ručník nebo kapesník do roztoku jedlé sody nebo alespoň vody a dýcháme přes něj.

**10. Ukrytí osob v budovách podstatně sníží jejich ozáření. Při radiační havárii musí obyvatelé v zóně havarijního plánování zůstat ukryti:**

- a. po dobu alespoň tří dnů,  
b. po dobu nejméně jednoho týdne,  
c. po dobu, která jim bude oznámena ve sdělovacích prostředcích.

11. Mezi radioaktivní prvky, které by mohly uniknout při radiační havárii, patří i radioaktivní jód. Vdechovaný radioaktivní jód se usazuje ve štítné žláze a může tak následně způsobit její rakovinu. Aby se tomu zabránilo, musí každý občan v případě radiační havárie jaderné elektrárny:

- pozřít tři tablety jodidu draselného. Tyto tablety budou po vzniku radiační havárie rozváženy do lékáren v celé ČR, aby si je tam každý občan mohl zakoupit,
- pozřít tablety jodidu draselného v množství, které ohlásí sdělovací prostředky. Toto opatření se týká pouze občanů žijících v zóně havarijního plánování, kterým se tablety pravidelně vydávají a obměňují,
- dýchat přes ručník nebo kapesník, který se namočí do jódové tinktury. Jódová tinktura je v povinné výbavě každé autolékárničky.

12. Evakuace je včasná a rychlá přemístění lidí z ohrožené oblasti. Pro případ radiační havárie v jaderné elektrárně se evakuace plánuje:

- z obcí nacházejících se ve vzdálenosti nejvýše deset kilometrů od elektrárny,
- z obcí ležících ve vzdálenosti větší než deset kilometrů ve směru větru od elektrárny,
- ze všech měst ČR majících více než 10 000 obyvatel.

13. Všichni občané žijící v zóně havarijního plánování kolem elektrárny Dukovany pravidelně dostávají *Příručku pro ochranu obyvatel v případě radiační havárie*. V této příručce jsou uvedeny:

- plánky jednotlivých budov jaderné elektrárny a únikové cesty z prostoru elektrárny,
- pokyny pro chování obyvatelstva v zóně havarijního plánování v případě radiační havárie,
- návody, jak si v případě radiační havárie můžete sami zkontrolovat radiační nezávadnost potravin a vody.

14. Někteří lidé mají značnou obavu z provozu jaderných elektráren a silně přeceňují nebezpečí radiačního ohrožení v okolí těchto elektráren. Tyto nepřiměřené obavy vyplývají zejména:

- z nedostatečné znalosti účinků záření a možností ochrany před zářením nebo z toho, že si případnou radiační havárii v jaderné elektrárně v ČR z neznalosti představují stejně jako havárii, která se odehrála v Černobylu,
- z nepřetržitě a velmi významně se zvětšujícího počtu rakovin způsobených ozářením v posledních deseti letech,
- ze skutečnosti, že v důsledku černobylské havárie zemřelo již více osob než po atomovém útoku na Hirošimu v roce 1945.

#### Správné odpovědi:

1b, 2c, 3b, 4c, 5a, 6c, 7b, 8b, 9b, 10c, 11b, 12a, 13b, 14a

#### Náměty pro praktická cvičení

**Cílem praktického cvičení** žáků základních a středních škol je ověřit znalosti a dovednosti získané výukou témat „Ochrana člověka za mimořádných událostí“.

Cvičení doporučujeme provést pro žáky najednou v rámci školy nebo po skupinách (ročnících nebo třídách).

O náplni cvičení a časovém rozsahu rozhodne ředitel školy.

#### Náměty pro praktická cvičení:

- prohlídka rozmístění protipožárních prostředků ve škole (praktická ukázka používání těchto prostředků),
- činnost učitele a žáků při vzniku požáru ve škole (evakuace školy),
- ověření znalosti obsahu evakuačního zavazadla,
- příprava prostředků k improvizované ochraně osob (dýchacích orgánů a povrchu těla),
- ověření znalostí zásad chování při opuštění bytu,
- ověření znalostí zásad chování v případě povodní,
- ověření znalostí zásad chování v případě havárie s únikem nebezpečných látek do životního prostředí,
- poskytování první pomoci.

Jednotlivé výše uvedené náměty cvičení lze provést praktickou ukázkou, procvičením, popřípadě s využitím testů. Některé části cvičení lze provést i formou soutěže mezi třídami, resp. jednotlivci.

Při přípravě cvičení (nejlépe pokud je praktické cvičení organizováno v rámci školy) doporučujeme požádat o pomoc především příslušníky a občanské zaměstnance hasičských záchranných sborů krajů nebo další odborníky z řad Policie ČR, Českého červeného kříže, Svazu civilní obrany ČR, Sdružení hasičů Čech, Moravy a Slezska, Svazu záchranných brigád kynologů ČR.

## Doporučená literatura

### Odborná literatura

#### a) K tématům č. I a II

CLEARY, M.: Velké katastrofy 20. století. Bratislava: Columbus, 1993.  
DVOŘÁK, J.: Země, lidé a katastrofy. Praha: Naše vojsko, 1987.  
HADAČ, E.: Ekologické katastrofy. Praha: Horizont, 1987.  
KRUSE, H.: Umění přežít. Praha: Magnet-Press, 1994.  
KUKAL, Z.: Přírodní katastrofy. Praha: Horizont, 1983.  
POLEDNE, A.: Největší katastrofy 20. století. Praha: VOLVOX GLOBATOR, 2001.  
REICHART, H.: Přírodní katastrofy. Praha: Amfora, 1994.  
ŠTĚTINA, J., aj.: Medicína katastrof a hromadných neštěstí. Praha: Horizont, 1998.  
Pro případ ohrožení. Příručka pro obyvatele. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2001.  
Sebeochrana obyvatelstva. Metodická pomůcka pro orgány státní správy, územní samosprávy, právnické osoby a podnikající fyzické osoby. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2001.  
Ochrana člověka za mimořádných událostí - Sebeochrana a vzájemná pomoc. Učební texty pro občanskou a rodinnou výchovu na ZŠ. Praha: Fortuna, 2002.  
Ochrana člověka za mimořádných událostí - Živelní pohromy. Učební texty pro zeměpis a přírodopis na ZŠ. Praha: Fortuna, 2002.

#### b) K tématu č. III

ADAMEC, V., aj.: Nebezpečné látky. Učební texty. 1.vyd. Praha: MV ČR-HS Sboru PO, 1991.  
ADÁMKOVÁ, M., aj.: Praktická příručka pro nakládání s chemickými látkami a přípravky včetně nebezpečných. 1. aktualizace. Praha: Verlag Dashöfer, 1999.  
ČAPOUN, T., aj.: Havárie s únikem nebezpečných látek a protichemická opatření. Učební texty. Lázně Bohdaneč: Institut CO ČR, 1999.  
HANUŠKA, Z. - MUCHNA, V. - VORUDA, J.: Havárie s nebezpečnými látkami. Učební texty pro členy jednotek požární ochrany. Praha: Gallus Ruber, 1993.  
MARHOLD, J.: Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky. Praha: Avicenum, 1980.  
MARHOLD, J.: Přehled průmyslové toxikologie. Organické látky. Svazek 1, 2. Praha: Avicenum, 1986.  
STEINLEITNER, H.D., aj.: Tabulky hořlavých a nebezpečných látek. 1.vydání. Praha: SPO ČSSR, 1980.  
ZAPLETALOVÁ-BARTLOVÁ, I. - BALOG, K.: Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií. 1.vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1998.  
Ochrana člověka za mimořádných událostí - Havárie s únikem nebezpečných látek. Radiační havárie. Učební texty pro chemii a fyziku na ZŠ. Praha: Fortuna, 2002.

#### c) K tématu č. IV

JANDL, J. - PETR, I.: Ionizující záření v životním prostředí. Praha: SNTL, 1988.  
Jaderná elektrárna Temelín. Základní informace. Temelín: ČEZ, 1998.  
Jaderná elektrárna Dukovany. Dukovany: Informační centrum JE Dukovany, b.r.  
Příručky pro ochranu obyvatel při vzniku radiační havárie vydávané jadernými elektrárnami Dukovany a Temelín.  
Havárie v jaderné elektrárně Černobyl. Praha: ČEZ, b.r.  
Evropská komise: Radiation Protection 87. Radiological Protection Principles for Urgent Counter-Measures to Protect the Public in the Event of Accidental Releases of Radioactive Material. (Zásady radiační ochrany pro neodkladná opatření k ochraně obyvatelstva v případě havarijního úniku radioaktivních látek). Lucembursko: Úřad pro oficiální publikace Evropského společenství, 1997. ISBN 92-827-5321-2. Český překlad: Praha: Ministerstvo obrany-Hlavní úřad civilní ochrany České republiky, 1998.

## 2. Legislativní prameny

Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění ústavního zákona č. 300/2000 Sb.  
Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 128/2000 Sb., o obcích (obecní zřízení), ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 147/1996 Sb., o rostlinolékařské péči a o změnách některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky a o změně zákona č. 425/1990 Sb., o okresních úřadech, úpravě jejich působnosti a o některých dalších opatřeních s tím souvisejících, ve znění pozdějších předpisů (zákon o prevenci závažných havárií).  
Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 309/2002 Sb.  
Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 320/2002 Sb.  
Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění zákona č. 320/2002 Sb.  
Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.  
Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.  
Nařízení vlády č. 11/1999 Sb., o zóně havarijního plánování.  
Vyhláška MDS č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.  
Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.  
Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému.  
Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva.  
Směrnice Ministerstva vnitra č. 9 č.j. PO-4536/IZS-2001, kterou se stanoví organizační uspořádání krizového štábu kraje,

okresu a obce, jeho uvedení do pohotovosti a vedení dokumentace. Věstník vlády pro orgány krajů, okresní úřady a orgány obcí, 2001, prosinec.  
Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (Dohoda ADR). Příloha A: ustanovení o nebezpečných látkách a předmětech. Příloha B: ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě. Ve znění platném od 1.1.1995. Praha 1995.  
CO-51-5: Provozní havárie s výronem nebezpečných škodlivin. Resortní předpis. Praha 1981.

Název	<b>OCHRANA ČLOVĚKA ZA MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ</b> Příručka pro učitele základních a středních škol
Autoři	plk. Mgr. Bohumír Martínek – vedoucí autorského kolektivu RNDr. Petr Linhart, CSc. – vedoucí autorského kolektivu