

		 MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY
Příjemci: Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. ENKI, o.p.s.		Poskytovatel: Ministerstvo vnitra - Česká republika

Projekt s názvem: Strategie řízení nápravy území po radiační havárii

s identifikačním kódem: **VH20172020015**

Název předkládaného výsledku:

Kritéria pro stanovování referenčních úrovní při rozhodování o vymezení oblastí určených k obnově s použitím principu optimalizace

.....

Typ výsledku dle UV č. 837/2017	Evidenční číslo (příjemce)	Rok vzniku
(V_{souhrn}) Souhrnná výzkumná zpráva	55/2020	2020
ISBN-ISSN	Webový odkaz na výsledek	Kde a kdy publikováno
	bude vyvěšena na: https://www.suro.cz/cz/vyzkum/vysledky/strategie-rizeni-napravy-uzemi-po-radiacni-havarii	Po odsouhlasení MV a SÚJB

Anotace výsledku:

Soubor kritérií pro stanovování referenčních úrovní pro rozhodování, jak postupovat při dekontaminaci a obnově zasažených území

Cílem obnovy je bezpečný život obyvatel v postiženém území. Vypracování strategie obnovy a její účinná realizace jsou rozhodující pro zajištění optimalizace ochrany obyvatel před ozářením a pro splnění kritérií pro jejich dodatečné ozáření.

Při návrhu kritérií pro vymezení oblastí obnovy a návratu obyvatel je potřebné zjistit cesty vnějšího a vnitřního ozáření. Rozhodnutí o obnově kromě jiného závisí na dávkovém příkonu, kontaminaci povrchů země a jiných materiálů, včetně potravin.

Kritéria pro obnovu území a návrat obyvatel budou respektovat doporučení MAAE a ICRP pro existující expoziční situace po ukončení nehodové expoziční situace.

.....

Manažer: Irena Češpírová

Řešitelský tým: Jiří Hůlka, Karol Feik, Irena Češpírová

.....

Obsah

I Úvod	3
II Vybrané pojmy a definice	5
III Zkratky	6
IV Proces nápravy	7
IV.1 Obecná pravidla procesu nápravy	7
IV.2 Tvorba specifických kritérií pro nápravu konkrétního území.....	9
IV.3 Zdůvodnění a optimalizace nápravy	9
IV.4 Zásady pro sestavení plánu nápravy	11
IV.5 Odlišnost přístupu k nápravě dle uniklých radionuklidů do životního prostředí	12
V Východiska a odvození kritérií pro nápravu	12
V.1 Východiska pro návrh kritérií při stanovení dávky ze zevního ozáření.....	13
V.2 Východiska a stanovení kritérií z hlediska vnitřního ozáření	22
VI Literatura	28
VII Přílohy:	30
VII.1 Příloha 1 – Schéma procesu nápravy	30
VII.2 Příloha 2 – Ukázka z vývoje referenčních úrovní v čase a změn nejvyšších přípustných koncentrací	35

I Úvod

Tato souhrnná výzkumná zpráva je podkladem pro postupy při stanovení referenčních úrovní kontaminace území po radiační havárii a shrnuje kritéria pro jejich stanovení při rozhodování o vymezení oblastí určených k obnově s použitím principu optimalizace. Jedná se o vymezení území podle míry kontaminace z hlediska možného pobytu osob, prováděných činností a strategie nápravy v období střední a pozdní fáze radiační havárie a při přechodu do existující expoziční situace (EES) tak, aby byly pro pobyt osob na kontaminovaném území vytvořeny podmínky, které zajistí nepřekročení stanovených referenčních úrovní pro průměrnou efektivní dávku reprezentativní osoby za kalendářní rok v rozmezí od 1 do 20 mSv (§ 102 zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon). Jde tedy o předem připravená pravidla pro rozhodování o vymezení zón a oblastí určených k obnově s použitím principu optimalizace. Zóny jsou primárně vymezeny na základě referenčních úrovní možných obdržených dávek z vnějšího i vnitřního ozáření. Jde o tři základní kategorie - nebezpečná zóna, zóna s omezeným přístupem a zóna s kontrolovaným pobytem (podle NRHP), které vychází z mezinárodních doporučení, požadavků evropského právního rámce a českých právních předpisů, zejména atomového zákona. Každá zóna má specifické určení:

- a) Nebezpečná zóna – území, na kterém se vylučuje trvalý pobyt obyvatelstva. Vstup je povolen pouze osobám podílejícím se na realizaci nápravných opatření a zabezpečení monitorování radiační situace a na zabezpečení dalších nezbytných činností. Předpokládaná efektivní dávka reprezentativní osoby při trvalém pobytu, s přihlédnutím k místně specifickým podmínkám při zavádění režimových opatření, by byla ≥ 100 mSv/rok.
- b) Zóna s omezeným přístupem – území, ve kterém by i při zavedení režimových a jiných ochranných opatření byla v důsledku kontaminace území radioaktivními látkami předpokládaná efektivní dávka reprezentativní osoby při trvalém pobytu v rozmezí 20 – 100 mSv/rok.
- c) Zóna s kontrolovaným pobytem – území, na kterém je pro reprezentativní osobu, která dodržuje stanovená režimová opatření, doporučená opatření v oblasti regulace pitné vody a spotřeby místní zemědělské produkce, včetně sběru místních plodin, zajištěno, že součet předpokládané efektivní dávky a předpokládaného úvazku efektivní dávky nepřekročí hodnotu 20 mSv/rok. V této zóně se v průběhu nápravy očekává optimalizace dávek i další postupný vývoj snižování referenčních hodnot.

Zkušenosti s předchozími velkými RH ukázaly, že i v zóně s kontrolovaným pobytem zavádějí země řadu dalších členění s cílem optimalizovat dávky.

Během období nápravy jsou odhady dávek upřesněny a potvrzeny na základě interpretace výsledků radiačního monitorování kontaminovaných oblastí. Ke stanovení uvedených efektivních dávek je třeba odvodit odpovídající kritéria, tj. zejména hodnoty měřitelných veličin (dávkového příkonu, plošné kontaminace, kontaminace potravin a vody, ev. kontaminace vzduchu a povrchů), která umožní jednodušším způsobem posoudit, zda dávky mohou být překročeny.

Toto odvození však nemůže být z principu zcela jednoznačné, protože skutečně obdržené dávky budou záviset nejen na úrovni kontaminace, ale také na řadě režimových opatření. Mezi ně patří např. doby pobytu v budovách s různým stínícím faktorem a ve volném terénu (z hlediska zevního ozáření), na podílu lokálně produkováných a konzumovaných potravin (z hlediska ingesce) a jejich kontaminace bude dále záviset nejen na kontaminaci území (půd), ale i na typu půd, typu pěstovaných plodin apod. Proto jsou odvozená kritéria jen orientační pomůckou, a musí být po reálné kontaminaci neustále zpřesňována měřeními. Konkrétní způsob vymezení bude souviset s rozsahem jednotlivých oblastí, mírou kontaminace a obecně s podmínkami v daném místě. V jednotlivých zónách se také specificky přistupuje k realizaci nápravných opatření s ohledem na možnosti následné obnovy společenských a podnikatelských aktivit, přitom musí být zohledněna veškerá rizika i důsledky (radiologické a neradiologické), aby byly zajištěny rozumné a udržitelné životní podmínky na zasaženém území. Rozhodnutí při vymezení by měla být odůvodněná a měla by být provedena optimalizace.

Vymezení zón je založeno na součtu předpokládané efektivní dávky a předpokládaného úvazku efektivní dávky. Vychází tedy z odhadů předpokládaných dávek z:

- a) vnějšího ozáření populace v důsledku působení okolní radioaktivity v obydlených oblastech, a
- b) vnitřního ozáření především v souvislosti s konzumací kontaminovaných složek potravinového řetězce (případně inhalace, ta je obecně méně významná).

Při vymezování dávky z ingesce (konzumací kontaminovaných složek potravinového řetězce) je odůvodněné předpokládat, že v podmínkách ČR a EU bude možné dovozem potravin zajistit nepřekročení mezních hodnot kontaminace potravin. To zaručí, že konzumací potravin (předpokládá se maximálně 10 % potravin kontaminovaných na nejvyšší přípustnou úroveň radioaktivní kontaminace potravin [26], [27]) nebude překročena roční efektivní dávka z ingesce 1 mSv.

Z tohoto důvodu se kritéria pro vymezení zón a oblastí soustředí primárně na dávku ze zevního ozáření.

II Vybrané pojmy a definice

Náprava

činnosti zaměřené na snížení existujícího dlouhodobého ozáření a odvrácení možného pokračujícího ozáření z kontaminace, nebo snížení pravděpodobnosti ozáření způsobeného kontaminovaným životním prostředím. Zahrnuje odstranění kontaminace (zdroje ozáření), anebo změnu cesty ozáření osob.

Plán nápravy

Dokument obsahující popis různých činností a akcí a požadovaný časový harmonogram jejich realizace s cílem dosáhnout očekávané výsledky strategie nápravy ve shodě s požadavky kompetentních orgánů.

Projektová dávka (projected dose)

Předpokládaná dávka, která je způsobena tím, že by žádná ochranná opatření nebyla realizována (podle BSS).

Referenční úroveň

Úroveň ozáření nebo rizika ozáření v NES nebo v EES, kterou je nežádoucí překročit; snížením úrovně ozáření nebo rizika ozáření na referenční úroveň nelze mít optimalizaci radiační ochrany za docílenou.

Reziduální dávka

V EES předpokládaná v budoucnosti obdržená dávka ve stavu, kdy zásah skončil, nebo bylo rozhodnuto, že zásah nebude proveden.

Zdůvodnění

Metoda, kterou se v NES nebo EES určuje, zda navrhovaná nápravná opatření při radiační havárii nebo v EES mají šanci být vcelku přínosná, tj. zda přínosy pro jednotlivce a společnost (včetně snížení újmy z ozáření) ze zavedení nápravných opatření nebo jejich pokračování převáží nad náklady protiopatření a všemi jimi způsobenými nepříznivými následky a škodami.

III Zkratky

EES	Existující expoziční situace
JE	Jaderná elektrárna
NES	Nehodová expoziční situace
NRHP	Národní radiační havarijní plán
PDE	Příkon dávkového ekvivalentu
RH	Radiační havárie
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
ŽP	Životní prostředí

IV Proces nápravy

IV.1 Obecná pravidla procesu nápravy

Proces nápravy zahrnuje obecně tyto hlavní činnosti:

- počáteční hodnocení stavu území a výběr kritérií nápravy
- identifikace možností nápravy a sestavení plánu nápravy
- realizace plánu nápravy
- řízení činností po skončení nápravy.

Při rozhodování o nápravě jsou potřebné tyto údaje a informace:

- obyvatelstvo – distribuce, demografie, speciální skupiny, počet přesídlených osob, možnosti pro jejich ubytování
- ekonomika – průmysl, obchod, potravinářství, zemědělství
- typy budov – výškové, rodinné domy, účel budov
- kritická infrastruktura
- uložení radioaktivních odpadů – místa, referenční úrovně, počet, kapacita, přeprava
- citlivé oblasti – přírodní rezervace, chráněné krajinné oblasti
- produkce potravin – mléko, řetězce dodávek potravin, maso, úroda, volně dostupné plodiny
- pitná voda – zdroje, odběr, monitorování, alternativní zdroje (např. balená voda)
- komunikace

Po realizaci plánu nápravy se musí rozhodnout, zda bude postižené území nebo jeho část uvolněno pro omezené nebo neomezené užívání, případně o dalších činnostech.

Pro určení oblasti nápravy a možných činností při nápravě je potřebné použít při prvotní analýze obecné nebo specifické referenční úrovně.

V zásadě jsou možné dva druhy nápravných činností:

- odstranění zdroje nebo
- změna expoziční cesty.

Jestliže kritéria pro nápravu byla splněna odstraněním zdroje, území může být uvolněno pro neomezené užívání. Jestliže kritéria pro nápravu byla splněna změnou expoziční cesty, území může být uvolněno pro omezené užívání s určitými podmínkami a následnou institucionální kontrolou, zda jsou tyto podmínky dodržované.

Jestliže po skončení nápravných činností podle plánu nebyla splněna kritéria, musí kompetentní orgány posoudit, zda je možné provést další činnosti, nebo zda bude území

uvolněno pro kontrolované omezené užívání. Jestliže kritéria byla splněná tím, že se v důsledku nápravy změnila pouze cesta ozáření, území může být uvolněno pro kontrolované omezené užívání.

V případě, že se změní podmínky nebo budou získány nové informace a další nápravná opatření jsou zdůvodněna, začne se znovu s obnovou výběrem možností.

Součástí nápravy je:

- vymezení zón kontaminované oblasti po radiační havárii zejména k vymezení zákazu spotřeby a uvádění místně vyráběných potravin na trh;
- permanentní monitorování životního prostředí, potravin a pitné vody;
- udržitelné nakládání s odpady v reakci na rychlý nárůst různých druhů kontaminovaného odpadu;
- efektivní organizace lékařské a psychologické péče, vč. monitorování ozáření osob;
- finanční podpora a kompenzace pro osoby postižené následky radiační havárie a
- vznik nových forem správy založených na ostražitosti a aktivní účasti dotčeného obyvatelstva, které jsou klíčovým bodem pro sociální a hospodářské oživení v postižených oblastech.

Proces obnovy ve střední a pozdní fázi začíná poté, co byly radiologické důsledky charakterizovány s dostatečnou přesností, tj. nejistoty ohledně skutečného ozáření (radiologické situace) jsou sníženy, aby se obyvatelstvo mohlo v klidu vrátit domů; je možná rehabilitace životního prostředí díky obnově a revitalizaci potřebných infrastruktur (elektřina, voda a plyn, lékařská péče, školy, doprava, správní a obchodní zařízení atd.) a je jasný převod rozhodování z vnitrostátní na místní úroveň, z orgánů na obyvatele a místní zúčastněné strany.

V takové chvíli se do rozhodování o obnově mohou zapojit ti, kteří jsou aktivní v dotčených územích (místní úředníci, podnikatelé, populace) s cílem řešit budoucnost uvedených území spolu s orgány veřejné moci. V procesu obnovy je nutné reagovat na změny kontaminace území (fyzikální rozpad kontaminantu, dekontaminace území), porovnávat zjištěné hodnoty s referenčními úrovněmi. Zjištěné skutečnosti je nutné předávat ve srozumitelné formě zodpovědným osobám i obyvatelstvu, aby bylo možné zajistit bezpečný návrat obyvatelstva na evakuované území.

K tomuto účelu jsou v této zprávě co nejjednodušeji formulována kritéria pro stanovování referenčních úrovní při rozhodování o vymezení oblastí určených k obnově. Pro sestavení plánu nápravy jsou rozhodující informace o radiační situaci na území, kde se požaduje náprava. Naměřené hodnoty se porovnávají s obecnými nebo specifickými

referenčními úrovněmi a na základě tohoto porovnání se určí kritéria pro ukončení činnosti nápravy. Obecné schéma procesu nápravy je v Příloze 1 na Obrázku 1.2.

IV.2 Tvorba specifických kritérií pro nápravu konkrétního území

Jestliže se kompetentní orgány rozhodnou použít namísto obecně přijatých referenčních úrovní místní specifické referenční úrovně, musí být odvozeny s použitím principů zdůvodnění a optimalizace. V rámci zdůvodňování se musí prokázat, že přínosy převyšují vyvolané náklady, újmu ozáření osob podílejících se na nápravě, nepříznivý vliv na životní prostředí a jiné újmy. Místní specifickou referenční úroveň by potom představovala hodnota odpovídající přijatelné reziduální dávce. Přitom by neměla být chápána jako přísný limit, ale jako hodnota, vůči které se budou porovnávat reziduální dávky po ukončení zdůvodněných a optimalizovaných činností nápravy.

IV.3 Zdůvodnění a optimalizace nápravy

Činnosti při nápravě jsou zaměřeny na snížení roční efektivní dávky z existujícího a budoucího ozáření odstraněním existujících zdrojů, změnou cest ozáření anebo snížením počtu ozářených osob. Přitom by měly být činnosti spojené s nápravou zdůvodněny a optimalizovány. Při sestavení optimalizované ochrany se musí brát do úvahy všechny relevantní výhody i nevýhody. Do této množiny faktorů patří odvrácená dávka, ale i neradiologická rizika, vliv na životní prostředí, riziko pro osoby podílející se na nápravě, ekonomické náklady, zlepšení ekonomické situace, tvorba odpadů, rostoucí nebo klesající obavy zainteresovaných stran, narušení sociálních vztahů při a po realizaci nápravných činností.

IV.3.1 Zdůvodnění nápravy

Principy zdůvodnění by měly být použity při hodnocení:

- celkových radiologických důsledků z příslušného kontaminovaného území,
- možností jak snížit tyto důsledky,
- hodnocení velikosti snížení dávky a jiných škodlivých důsledků
- odhad škod a nákladů spojených s vybranými možnostmi nápravy.

Rozhodnutí o nápravě na základě tohoto hodnocení musí při porovnávání brát do úvahy, jaký bude přínos z realizace nápravy v porovnání s náklady a jinými faktory.

O rozhodnutí a všech výhodách a nevýhodách by měla být srozumitelně informována veřejnost.

IV.3.2 Optimalizace nápravy

Způsob nápravy, její rozsah a trvání musí být zdůvodněny. Cílem optimalizace není jenom prokázat čistý přínos, ale také optimalizovanou ochranu.

Postupy při optimalizaci opatření k usměrnění přetrvávajícího ozáření v důsledku NES podle vyhlášky č. 422/2016 Sb. §110 [4]:

- 1) Při optimalizaci opatření k usměrnění přetrvávajícího ozáření v důsledku NES musí být v EES zohledněno
 - a) vnější ozáření v důsledku kontaminace životního prostředí a
 - b) vnitřní ozáření v důsledku příjmu kontaminovaných potravin nebo kontaminované vody.
- 2) Referenční úroveň k usměrnění přetrvávajícího ozáření v důsledku NES je nejvýše 20 mSv za 12 měsíců.
- 3) Opatření k usměrnění přetrvávajícího ozáření při správě kontaminované oblasti vzniklé v důsledku NES musí zahrnovat
 - a) vymezení kontaminovaných oblastí podle míry jejich kontaminace,
 - b) omezení pohybu fyzických osob,
 - c) stanovení podmínek pro živočišnou a rostlinnou výrobu,
 - d) stanovení podmínek pro spotřebu v kontaminované oblasti,
 - e) podmínky pro dekontaminaci v kontaminované oblasti a
 - f) podmínky pro ukládání a zpracování kontaminovaného odpadu

Některé z optimalizovaných činností mohou zahrnovat také nějaká omezení v užívání území, i když budou splněna kritéria nápravy. Tato omezení si na druhé straně vyžadují, aby byla zavedena institucionální kontrola dodržování omezení po celou dobu, kdy omezení platí. Upřednostňováno je takové řešení, kdy institucionální kontrola nemusí být, ale místní specifické podmínky (například nedostatek zařízení anebo míst na uložení odpadů z nápravy) mohou způsobit, že nelze realizovat nápravu pro neomezené užívání území.

Při optimalizaci nápravných činností se musí brát do úvahy také důsledky omezení, která mohou vyplynout při nápravě spočívající v opatřeních na změnu cesty ozáření (viz Příloha 1 Obrázek 1.1). Pokud z nápravných činností vyplývá nutnost zřídit místní ukládání radioaktivních odpadů, ozáření z něho musí být také zahrnuto do optimalizace.

Do úvahy při optimalizaci je třeba zahrnout také náklady na přepravu a nakládání s radioaktivními odpady, ozáření a zdravotní riziko osob při nakládání s odpady a následné

ozáření obyvatel v důsledku ukládání odpadů. Největší pozornost se musí věnovat skupině obyvatel s největším ozářením, zejména když reziduální dávka bude větší, než jsou referenční úrovně.

Výsledkem optimalizačního procesu při rozhodování o nápravě jsou referenční úrovně vyjádřené jako reziduální dávka nebo měrné aktivity v území nápravy. Jestliže se v plánu nápravy uvažuje také s ukládáním odpadů, pak dávka z uložení musí být započítána.

IV.4 Zásady pro sestavení plánu nápravy

Při sestavování plánu nápravy je třeba respektovat tyto zásady:

- a) Plán se připravuje samostatně pro každou postiženou oblast. Musí obsahovat hodnocení možného nepříznivého vlivu povrchové kontaminace na zdraví zasahujících osob, obyvatelstva a na životní prostředí a požadavky na monitorování. Schvaluje ho dozorný orgán.
- b) Součástí plánu nápravy je
 - harmonogram jednotlivých činností
 - program monitorování – podrobné monitorování území, monitorování v průběhu nápravy, monitorování pro potvrzení, že byly splněny cíle nápravy
 - operační veličiny - přímo měřitelné hodnoty - (např. údaje přístrojů související s referenčními úrovněmi)
 - kritéria pro ukončení činností nápravy
 - stav prostředí po skončení činností nápravy s ohledem na vstup a užívání území
 - systém nakládání s odpady vytvořenými při nápravě s ohledem na typ a množství
- c) Odhad dávek

Podle legislativy České republiky plán nápravy musí:

- stanovit cíle nápravy stavu,
- posoudit možnost optimalizace a postupně aktualizovat dle radiační situace
- posoudit potřebu a rozsah ochranných opatření vztahujících se na osoby provádějící nápravu,
- posoudit potřebu zamezení nebo kontroly přístupu do vymezené kontaminované oblasti,
- posoudit rozložení dávek osob, které je výsledkem provádění nápravy, a

- zvážit další potřebu a rozsah ochranných opatření vedoucích ke snížení veškerých ozáření, která stále překračují referenční úroveň.

IV.5 Odlišnost přístupu k nápravě dle uniklých radionuklidů do životního prostředí

RH jaderných elektráren lze z hlediska typu zdrojových členů a úniku radionuklidů do ŽP pro zjednodušení postupů při nápravě rozdělit do několika skupin podle skladby uniklých radionuklidů. Za základní lze považovat následující dvě skupiny, které zohledňují závažnost dlouhodobé kontaminace:¹

- 1) RH, kdy dojde k úniku radioaktivních vzácných plynů - bez významného úniku dalších radionuklidů (např. díky jejich zachytu v kontejnmentu). V tomto případě nedochází k depozici a radioaktivní kontaminaci území (radioaktivní vzácné plyny při přechodu území způsobí pouze externí ozáření) a proces nápravy není nutný. Je třeba však ověřit, zda nedošlo k nějaké přehlížené reziduální kontaminaci dalšími radionuklidy.
- 2) RH, kdy dojde kromě úniku radioaktivních vzácných plynů i k významnému úniku do životního prostředí dalších skupin radioizotopů zejména skupiny radioizotopů jodu a teluru s poměrně krátkými poločasy hodin a dnů (klíčovou roli z hlediska kontaminace životního prostředí má ^{131}I) a dále k úniku radionuklidů s delšími poločasy až desítky let (z dopadu na ŽP jde zejména o ^{137}Cs , ^{134}Cs , částečně zpravidla o řád méně ^{90}Sr), dále dochází ke kontaminaci dalších střednědobých izotopů, které mají pro dopad na ŽP a člověka menší význam (např. ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{106}Ru + ^{106}Rh , ^{144}Ce + ^{144}Pr apod.) a v okolí JE zpravidla i transuranů.

Tato výzkumná zpráva je věnována druhému případu.

V Východiska a odvození kritérií pro nápravu

V této části jsou popsána východiska pro odvození kritérií pro nápravu po ukončení havarijní (časné) fáze RH a přechodu do střední a dlouhodobé fáze RH. Nejprve jsou popsána východiska pro vymezení kritérií pro stanovení dávky ze zevního ozáření, následně pro ozáření vnitřní.

¹ Může nastat samozřejmě i případ, který se uvedené klasifikaci vymyká, např. RH spojená s explozí (teroristický útok, výbuch skladu vyhořelého paliva př. Kyštym apod.), v takovém případě je obtížné najít obecná pravidla a postupuje se podle skutečně uvolněných radionuklidů.

V.1 Východiska pro návrh kritérií při stanovení dávky ze zevního ozáření

Je třeba počítat s tím, že pokles dávkového příkonu PDE v prostředí od deponované rozsáhlé směsi radionuklidů uniklých po RH jaderné elektrárny je velmi rychlý. Pokles PDE v čase je dán součtem exponenciálních funkcí a v čase (první týdny) se chová [14] podle funkce:

$$Dp \sim (\Delta T)^{-1,2}$$

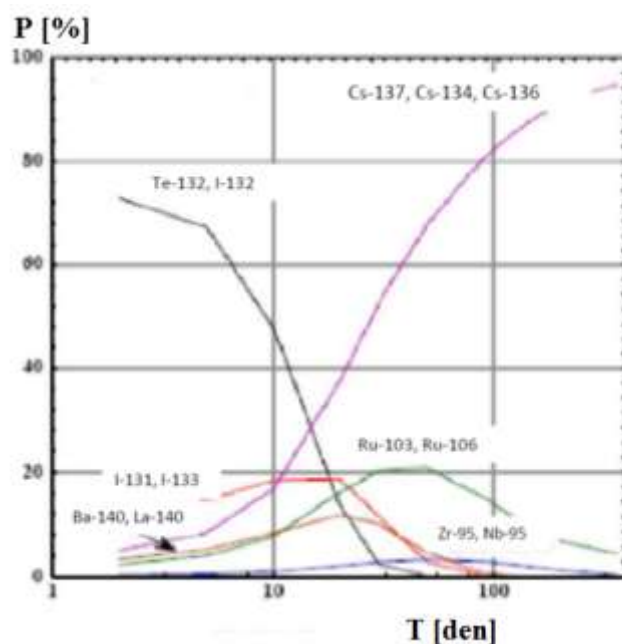
kde:

Dp PDE v čase T

ΔT čas od havárie

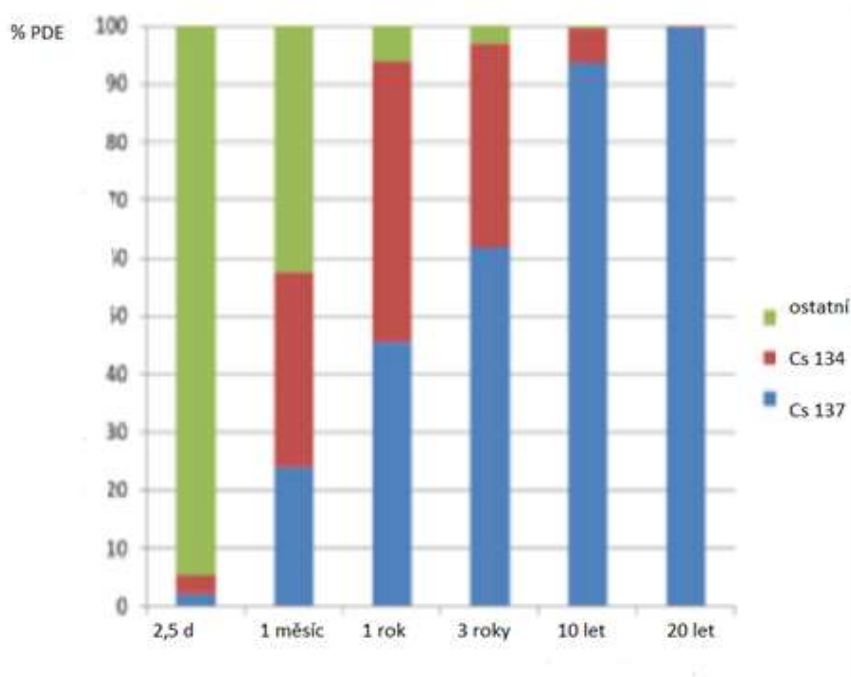
tzn. za týden klesne PDE přibližně 10 x. Tato skutečnost komplikuje vymezování zón na základě měření pouze dávkového příkonu. Pilotně je sice na základě prognóz vývoje radiační situace a výsledků měření (např. v síti včasného zjištění) území nejprve rozděleno podle PDE na 3 kategorie A, B a C (A: PDE méně než 500 nSv/h; B: mezi 500 nSv/h a 0,5 mSv/h; C: více než 0,5 mSv/h), toto členění území je pak postupně na základě detailnějšího monitorování a upřesnění hranic jednotlivých území převedeno na zóny (podle NRHP), a při tomto členění je vhodné vycházet již z depozice jednotlivých radionuklidů. Z důvodů uvedených dále je nejjednodušší i přesnější vztahovat vymezení oblasti a odhad dávek přímo k depozici (plošné kontaminaci) izotopu ^{137}Cs .

První hodiny a dny po skončení časné fáze RH se na hodnotě PDE podílejí dominantně krátkodobé radionuklidy s poločasy jednotky hodin až jednotky dnů. Prvních přibližně 14 dní má hlavní podíl na PDE směs $^{132}\text{Te} + ^{132}\text{I}$, a ^{131}I , teprve poté se začínají uplatňovat další středně a dlouhodobé radionuklidy zmíněné výše, ve zjednodušené podobě viz obrázek 1.



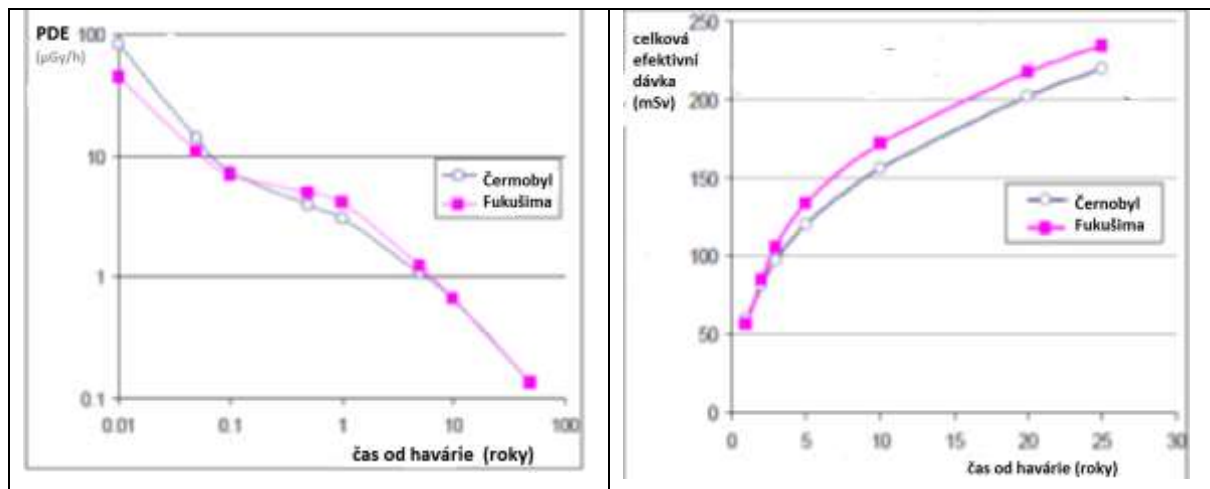
Obrázek 1: Podíl P (PDE od jednotlivých skupin radionuklidů na celkovém PDE) v závislosti na čase T po RH a dvě odlišná období z hlediska nápravy – období, kdy dominuje skupina radioizotopů jodu a teluru a období, kdy dominují radioizotopy cesia

Jiný pohled na podíl příspěvku radionuklidů k PDE je na obr. 2. Je vidět, že již koncem prvního roku po RH zcela dominují radioizotopy ^{134}Cs a ^{137}Cs . Proto v druhém a dalších letech není změna PDE zdaleka tak rychlá jako v prvním roce



Obrázek 2: Podíl radioizotopů ^{134}Cs a ^{137}Cs na PDE v čase po RH Černobyl

Pro tvorbu kritérií se nabízí použít výsledek, získaný porovnáním průběhu PDE po RH v Černobylu a Fukušimě. Reálné výsledky měření (Černobyl a Fukušima) ukázaly velmi podobné průběhy závislosti PDE i integrální dávky v čase, pokud se vztáhnou ke směsi normované na radioaktivní depozici ^{137}Cs (zde 1 MBq/m^2), viz obrázek 3.



Obrázek 3: Závislost PDE a integrální dávky v čase (obojí vztaženo ke směsi normované na ^{137}Cs spad 1 MBq/m^2)

Vyplývá z něho, že samotnou depozici ^{137}Cs lze použít (jako referenční úroveň) k odhadu dávky ze zevního ozáření. Referenční úroveň zohledňuje dávky ze zevního ozáření z plošné kontaminace terénu (v odhadu dávky ze zevního ozáření je zahrnuta kromě ^{137}Cs celá směs radionuklidů), nepřímě i z vnitřní kontaminace. Např. směs radionuklidů normovaná k depozici ^{137}Cs 1 MBq/m^2 způsobí za první rok po RH efektivní dávku ze zevního ozáření od této směsi radionuklidů ve volném terénu více než 50 mSv ale méně než 100 mSv (obr. 3).

Důležitým hlediskem a podpůrným argumentem pro tuto metodu je fakt, že stanovit plošnou kontaminaci ^{137}Cs je při současném stavu techniky dostupné a jsou na to připraveny mobilní skupiny i laboratoře.

Kritérium založené na plošné kontaminaci ^{137}Cs neznámá, že není třeba dalších kritérií, zejména z hlediska vnitřní kontaminace. Doplnujícími kritérii, která mají vliv pouze na dávky z vnitřní kontaminace, jsou referenční úrovně plošné kontaminace ^{90}Sr a transuranů $^{238,239,240}\text{Pu}$. Ty jsou uvedeny jen v zóně s kontrolovaným pobytem (oblastech I, II, III – viz tabulka 1), kde se předpokládá zemědělská produkce a jsou založeny na praktických a experimentálních zkušenostech ze zón v Černobylu. Kritérium pro kontaminaci radioizotopy jódu (zejména klíčového izotopu ^{131}I) není explicitně uvedeno, protože aktivita ^{131}I klesá radioaktivní přeměnou za každé tři měsíce o tři řády. Strategie nápravy kontaminace ^{131}I je pouze krátkodobá zaměřená na dobu několika týdnů maximálně měsíců a soustředí se na

kontrolu a regulaci produkce potravin (převážně mléčných a masných produktů a listové zeleniny), distribuci potravin a krmiv, v rámci zemědělství pak na odložení sklizně a porážky hospodářských zvířat. Kontaminace těmito radionuklidy nepředstavuje problémy s uložením odpadu.

Referenční úrovně korelující s prvotním odhadem efektivní dávky tedy vycházejí z ověřených experimentálních závislostí efektivní dávky ze zevního ozáření pro trvalý pobyt ve venkovním prostoru tj. ve volném nestíněném terénu v čase (obrázek 3) a jsou odvozeny konzervativně pro první rok po RH jaderného zařízení. Jsou navázány na vymezení zón podle míry kontaminace ve smyslu NRHP (nebezpečná zóna, zóna s omezeným přístupem a zóna s kontrolovaným pobytem) dle tabulky 1.

V prvních dvou zónách se nepředpokládá dlouhodobý pobyt osob. Třetí zónu s kontrolovaným pobytem, kde se předpokládá průměrná efektivní dávka pro reprezentativní osobu v rozmezí od 1 do 20 mSv ročně, je vhodné rozdělit na 3 oblasti (I, II, III).

Tabulka 1: Kritéria - referenční úrovně pro prvotní vymezení zón a oblastí

Zóna (oblast) a efektivní dávka reprezentativní osobě především ze zevního ozáření	Referenční úroveň plošné kontaminace (pro uvedený radionuklid)
Nebezpečná zóna > 100 mSv/rok	$> 1,5 \text{ MBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{137}\text{Cs})$
Zóna s omezeným přístupem 20 – 100 mSv/rok	$300 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 1,5 \text{ MBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{137}\text{Cs})$
Zóna s kontrolovaným pobytem < 20 mSv/rok	$< 300 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{137}\text{Cs})$
Zóna s kontrolovaným pobytem Oblast I	$100 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 300 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{137}\text{Cs})$ $20 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 60 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{90}\text{Sr})$ $0,5 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 2 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{238,239,240}\text{Pu})$
Zóna s kontrolovaným pobytem Oblast II	$30 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 100 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{137}\text{Cs})$ $5 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 20 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{90}\text{Sr})$ $0,2 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} - 0,5 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{238,239,240}\text{Pu})$
Zóna s kontrolovaným pobytem Oblast III	$< 30 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{137}\text{Cs})$ $< 5 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{90}\text{Sr})$ $< 0,2 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-2} (^{238,239,240}\text{Pu})$

V.1.1 Upřesnění kritérií (referenčních úrovní) pro zevní ozáření v následujících letech

Tím, že od druhého roku je efektivní dávka ze zevního záření při trvalém pobytu ve venkovním prostoru dána zcela dominantně směsí radionuklidů ^{137}Cs a ^{134}Cs , je možné ji upřesnit ze stanovené plošné kontaminace obou izotopů a zpřesnit vymezení zón a oblastí. Konverzní koeficienty plošné kontaminace ^{137}Cs nebo ^{134}Cs na celkovou efektivní dávku v čase jsou uvedeny v tabulce 2. Úrovně v tabulce odpovídají dávce od počátku depozice do uvedeného času. Ze známých plošných aktivit $^{137}\text{Cs} \dots A_{(\text{Cs-137})}$ a $^{134}\text{Cs} \dots A_{(\text{Cs-134})}$ se vypočte celková efektivní dávka v čase T od počátku depozice $Def(T)$ ze vztahu:

$$Def(T) = K_{ef(Cs-137)}(T) \cdot A_{(Cs-137)} + K_{ef(Cs134)}(T) \cdot A_{(Cs-134)} \quad [1]$$

a přírůstek dávky ΔD_{ef} mezi časy T_2 a T_1 :

$$\Delta D_{ef}(T_2 - T_1) = D_{ef}(T_2) - D_{ef}(T_1) \quad [2]$$

Tabulka 2: Odhad integrální efektivní dávky v čase: Konverzní koeficienty $K_{ef}(T)$ pro efektivní dávku (v mSv) ze zevního ozáření ve volném terénu vztaženou na plošnou kontaminaci ^{137}Cs nebo ^{134}Cs na úrovni $1 \text{ MBq} \cdot \text{m}^{-2}$ (konverzní koeficienty zohledňují jak radioaktivní rozpad, tak průměrné pronikání Cs do půdy)²

	konverzní koeficienty v závislosti na čase po RH [$\text{mSv}/\text{MBq} \cdot \text{m}^{-2}$]								
Nuklid	1 den	2 dny	7 dnů	30 dnů	1 rok	2 roky	5 let	10 let	50 let
^{134}Cs	0.087	0.17	0.6	2.6	26	42	64	71	72
^{137}Cs	0.033	0.067	0.23	0.99	11	21	45	71	130

Tento roční nárůst efektivní dávky (s klesající tendencí) lze použít k optimalizaci vymezení hranic zón a oblastí, tj. zejména jejich postupné redukci. Při takové změně vymezení hranic zón (oblastí) je třeba postupovat velmi obezřetně a to s uvážením všech ostatních i neradiačních hledisek, včetně sociologických a ekonomických.

² uvažuje se půda $1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ se složením O 0.6, Si 0.25, C 0.07, H 0.04, Al 0.03, Fe 0.01

V.1.2 Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření v případě radiační mimořádné události jiné než radiační havárie jaderné elektrárny a kritéria pro vymezení oblastí

Pokud došlo k radiační havárii jiné než RH jaderné elektrárny, a došlo ke kontaminaci dalšími specifickými radionuklidy, bude primárním kritériem pro vymezení zón (i oblastí I, II, III specifikovaných v zóně s kontrolovaným pobytem) povrchová kontaminace konkrétního typu radionuklidu. Ta je odvozená z referenčních úrovní efektivní dávky reprezentativní osobě především ze zevního ozáření pro jednotlivé zóny. Pro odhad efektivní dávky ze zevního ozáření v čase se použije tabulka 3, kde jsou konverzní koeficienty $K_{ef}(T)$ pro efektivní dávku (v jednotce mSv) ze zevního ozáření ve volném terénu vztaženou na plošnou kontaminaci daného radionuklidu (v jednotce 1 MBq.m^{-2}). Jsou vypočteny [7] pro časový interval od počátku depozice do uvedeného data (1 den, 2 dny, 7 dnů, 30 dnů, 1 rok, 2 roky, 5 let, 10 let, 50 let).

Pro vymezení referenční úrovní plošné kontaminace odpovídající referenčním úrovním dávek zón se v tomto případě postupuje takto.

Pro stanovené referenční úrovně ročních efektivních dávek $D_{ef}(1 \text{ rok})$ pro zóny (nebezpečná zóna... 100 mSv, zóna s omezeným přístupem... (20 mSv - 100 mSv) a zóna s kontrolovaným pobytem <20 mSv) se vypočítají odpovídající hraniční plošné aktivity $A_{(R)}$ rozptýleného radioizotopu R odpovídající těmto dávkám $D_{ef}(1 \text{ rok})$ pomocí konverzního koeficientu $K_{ef}(R)$ (z tabulky 3) pro čas ($T=1 \text{ rok}$ od počátku depozice) ze vztahu:

$$A_{(R)} = D_{ef}(1 \text{ rok}) / K_{ef}(R) \quad [3]$$

Tím se získají referenčních úrovně plošné aktivity $A_{(R)}$ pro vymezení hranice zón.

Tabulka 3: Odhad integrální efektivní dávky v čase při depozici ostatních radionuklidů

	konverzní koeficienty pro vybrané izotopy: [mSv/MBq.m ⁻²]								
Nuklid	1 den	2 dny	7 dnů	30 dnů	1 rok	2 roky	5 let	10 let	50 let
⁶⁰ Co	1,4E-01	2,7E-01	9,5E-01	4,0E+00	4,4E+01	7,8E+01	1,5E+02	2,0E+02	2,3E+02
⁷⁵ Se	2,1E-02	4,2E-02	1,5E-01	5,8E-01	3,1E+00	4,4E+00	3,5E+00	3,5E+00	3,5E+00
⁹⁵ Zr *	4,1E-02	8,3E-02	3,0E-01	1,3E+00	7,3E+00	7,5E+00	7,5E+00	7,5E+00	7,5E+00
⁹⁵ Nb	4,2E-02	8,4E-02	2,8E-01	9,6E-01	2,1E+00	2,1E+00	2,1E+00	2,1E+00	2,1E+00
⁹⁹ Mo *	7,3E-03	1,3E-02	2,7E-02	3,3E-02	3,3E-02	3,3E-02	3,3E-02	3,3E-02	3,3E-02
¹⁰³ Ru *	2,7E-02	5,3E-02	1,8E-01	6,2E-01	1,5E+00	1,5E+00	1,5E+00	1,5E+00	1,5E+00
¹⁰⁶ Ru *	1,2E-02	2,3E-02	8,0E-02	3,4E-01	2,9E+00	4,2E+00	5,2E+00	5,3E+00	5,3E+00
¹³² Te *	1,1E-01	2,1E-01	5,0E-01	6,5E-01	6,0E-01	6,5E-01	6,5E-01	6,5E-01	6,5E-01
¹³¹ I *	2,1E-02	3,9E-02	1,1E-01	2,3E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01
¹³⁴ Cs	8,7E-02	1,7E-01	6,1E-01	2,6E+00	2,6E+01	4,2E+01	6,4E+01	7,1E+01	7,2E+01
¹³⁶ Cs	1,2E-01	2,3E-01	7,0E-01	1,8E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00
¹³⁷ Cs *	3,3E-02	6,7E-02	2,3E-01	9,9E-01	1,1E+01	2,1E+01	4,5E+01	7,1E+01	1,3E+02
¹⁴⁰ Ba *	3,2E-02	9,5E-02	5,6E-01	1,9E+00	2,5E+00	2,5E+00	2,5E+00	2,5E+00	2,5E+00
¹⁴⁴ Ce *	2,6E-03	5,2E-03	1,8E-02	7,5E-02	6,0E-01	8,1E-01	9,2E-01	9,3E-01	9,3E-01
¹⁶⁹ Y *	1,4E-02	2,8E-02	9,4E-02	3,2E-01	6,6E-01	6,6E-01	6,6E-01	6,6E-01	6,6E-01
¹⁹² Ir	4,6E-02	9,2E-02	3,1E-01	1,2E+00	4,6E+00	4,8E+00	4,8E+00	4,8E+00	4,8E+00
²²⁶ Ra *	7,8E-03	3,0E-02	2,8E-01	2,3E+00	3,2E+01	6,1E+01	1,3E+02	2,2E+02	5,4E+02
²³⁵ U *	8,3E-03	1,7E-02	6,0E-02	2,6E-01	3,0E+00	5,6E+00	1,2E+01	1,9E+01	4,1E+01
²³⁸ Pu	5,1E-06	1,0E-05	3,6E-05	1,5E-04	1,7E-03	3,0E-03	5,5E-03	7,3E-03	8,8E-03
²³⁹ Pu	4,2E-06	8,4E-06	2,9E-05	1,3E-04	1,4E-03	2,6E-03	5,2E-03	7,8E-03	1,4E-02
²⁴¹ Am	8,8E-04	1,8E-03	6,1E-03	2,6E-02	2,9E-01	5,4E-01	1,1E+00	1,6E+00	2,7E+00

* Dávky z dceřiných radionuklidů jsou zahrnuty do mateřského radioizotopu

mateřský radioizotop	zahrnuje dceřiné radionuklidy
⁹⁵ Zr	^{95m} Nb, ⁹⁵ Nb
⁹⁹ Mo	^{99m} Tc, ⁹⁹ Tc
¹⁰³ Ru	^{103m} Rh
¹⁰⁶ Ru	¹⁰⁶ Rh
¹³² Te	¹³² I
¹³¹ I	^{131m} Xe
¹³⁵ I	^{135m} Xe, ¹³⁵ Xe
¹³⁷ Cs	^{137m} Ba
¹⁴⁰ Ba	¹⁴⁰ La
¹⁴⁴ Ce	¹⁴⁴ Pr
²²⁶ Ra	²¹⁴ Pb, ²¹⁴ Bi, ²¹⁴ Po, ²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Bi, ²¹⁰ Po
²³⁵ U	²³¹ Th

V.1.3 Vliv stínícího faktoru při pobytu v budovách na dávku ze zevního ozáření

Roční efektivní dávka od vnějšího ozáření z kontaminovaného terénu bude záviset především:

- a) na předpokládané hodnotě pobytového faktoru, tj. jakou část roku stráví jedinec uvnitř budov;
- b) na předpokládaném faktoru zeslabení zevního záření v budově, kde dochází ke stínění budovou a
- c) na poklesu DP jednak fyzikální přeměnou deponovaných radionuklidů, jednak jejich pronikáním v důsledku meteorologických podmínek do hlubších vrstev (přírodní podmínky – „weathering faktor“ – závislý na charakteru půd a terénu, zpravidla vyjádřen minimálně dvěma exponenciálami [7])

Vztah mezi roční efektivní dávkou a dobou pobytu vně a uvnitř budov při různém stínícím faktoru budov je:

$$D_{ef} = D_{ef,out} (1-F \cdot (1-S)) \quad [4]$$

Kde je:

D_{ef}	<i>reálná efektivní dávka za rok ze zevního ozáření při kombinovaném pobytu</i>
$D_{ef,out}$	<i>efektivní dávka při pobytu pouze ve venkovním prostředí</i>
F	<i>pobytový faktor uvnitř budov</i>
S	<i>faktor stínění (na kolik dojde k zeslabení zevního pole záření budovou)</i>

Faktor pobytu v budovách se zpravidla v podmínkách Evropy uvažuje 80 % (zbylých 20% vně), jedná se však o statistický ukazatel, který v individuálních případech (venkov vs. město) se může podstatně měnit. Stínící faktor zeslabení zevního záření gama při pobytu v budovách závisí na typu budovy a liší se i řádově³. V ČR nemáme zatím data o skutečném stínícím faktoru budov, jejichž charakteristiky se rychle navíc mění směrem k dřevostavbám (průzkum ukázal, že v roce 2019 už se stavělo víc než 15 % dřevostaveb), takže stínící faktory nových budov spíše klesají.

Vymezení zón a oblastí je provedeno na základě efektivní dávky ze zevního záření za předpokladu trvalého pobytu ve venkovním (volném) prostoru. Při kombinovaném pobytu ve venkovním prostoru a v budovách je odpovídající dávka nižší díky stínění budov. Vzhledem k velmi rozdílným typům budov v České republice a jejich stínění a rozdílným dobám pobytu osob v budovách a venkovním prostoru (nejednoznačnému faktoru pobytu) nelze stanovit společnou referenční hodnotu, která by umožnila upravit vymezení zón s ohledem na tuto skutečnost, ale je nutné uvážit rozpětí hodnot.

³ (např. v UK uvažují: low shielding building $S = 0,62$, medium shielding building $S = 0,15$ a high shielding building $S = 0,03$)

Pro upřesnění odhadu efektivní dávky pro reprezentativní osobu s ohledem na stínění budovy a doby pobytu v budovách a ve volném terénu je možné použít koeficient snížení efektivní dávky díky kombinovanému pobytu v budově a mimo budovu a díky jejímu stínicímu efektu (oproti dávce ve volném terénu) definovaný jako poměr reálné efektivní dávky za rok ze zevního ozáření při reálném kombinovaném pobytu (D_{ef}) a hypotetické efektivní dávky při pobytu pouze ve venkovním prostředí ($D_{ef,out}$)

$$K = D_{ef} / D_{ef,out}$$

[5]

Hodnoty tohoto koeficientu jsou uvedeny v tabulce 4. Efektivní dávka ze zevního ozáření ve volném terénu se vynásobí tímto koeficientem pro získání korigované efektivní dávky na stínění a dobu pobytu v budově. Pro dobu pobytu 80% je vyznačen odpovídající sloupec.

Tabulka 4: Upřesnění odhadu dávky podle typu stínění budov pro reprezentativní osobu a doby pobytu v budovách a ve volném terénu

Koeficient pro upřesnění efektivní dávky ve srovnání s dávkou ve volném terénu vzhledem ke kombinovanému pobytu v budově a mimo budovu a stínicímu efektu budovy									
Zeslabení zevního záření stíněním budovy na hodnotu:	Podíl doby pobytu v budově								
	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98
0,7	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
0,6	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96
0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
0,4	0,46	0,52	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94
0,3	0,37	0,44	0,51	0,58	0,65	0,72	0,79	0,86	0,93
0,2	0,28	0,36	0,44	0,52	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92
0,1	0,19	0,28	0,37	0,46	0,55	0,64	0,73	0,82	0,91
0,05	0,15	0,24	0,34	0,43	0,53	0,62	0,72	0,81	0,91
0,01	0,11	0,21	0,31	0,41	0,51	0,60	0,70	0,80	0,90

Není-li známa přesnější úroveň stínění pro konkrétní budovu, použije se [20]:

- pro samostatně stojící dům (cihlový nebo betonový) – faktor zeslabení 0,1
- pro velké činžovní domy – faktor zeslabení 0,01

V.2 Východiska a stanovení kritérií z hlediska vnitřního ozáření

V.2.1 Úvod do problematiky

V případě návrhu těchto kritérií jde jednak o stanovení podmínek pro spotřebu potravin vč. kvality vody v kontaminované oblasti, jednak o stanovení podmínek pro živočišnou a rostlinnou výrobu tak, aby koncentrace radionuklidů v potravinách vyhověla z hlediska maximálně přípustných koncentrací.

Na vymezení kritérií pro kontaminované oblasti má velký vliv, zda dojde k RH v době vegetační sezóny a povrchové kontaminaci nadzemní části rostlin, nebo v době mimo vegetační sezónu, kdy teprve následně dojde ke kontaminaci rostlin kořenovým přestupem, který je obecně v porovnání s povrchovou kontaminací o několik řádů nižší.

V souhrnu lze tato období charakterizovat takto [20].

První rok po RH v době vegetační sezóny dojde k povrchové kontaminaci rostlin (plodin), část kontaminantu vždy propadá na půdu. Při růstu dochází jak ke snižování měrné hmotnostní kontaminace v důsledku nárůstu hmoty rostliny, tak i k transpozici radioaktivity do jiných částí rostlin. Významná část kontaminace na povrchu rostlin představuje na jedné straně významný problém v podobě kontaminovaných plodin a krmiv a je zdrojem největšího objemu odpadů, na druhé straně je tato kontaminace do značné míry odstranitelná z krajiny. Poměr kontaminace rostlin k celkové plošné kontaminaci je dán faktorem intercepce. Kontaminace, která „propadne“ na půdu, přestupuje do rostlin kořenovým systémem částečně již v roce nehody, zejména však v dalších letech. Povrchová kontaminace rostlin ze spadu má zpravidla o několik řádů vyšší podíl na celkové kontaminaci rostliny, než následek kořenového přestupu radionuklidu z půdy.

Pokud dojde k RH mimo vegetační sezónu, je kontaminace ve vrchní vrstvě půd a ke kontaminaci rostlin dojde teprve následně kořenovým přestupem, tato kontaminace ve srovnání s povrchovou kontaminací bude řádově nižší; na druhé straně je odstranění kontaminace zachycené v půdě mnohem obtížnější a nákladnější.

Kontaminace zvířat je způsobena inhalací během nehodové situace (časné fáze RH) a následně z ingesce kontaminovaných krmiv; zvířata budou i povrchově kontaminována [21]. Opět platí, že první týdny po RH dominuje z hlediska dávek skupina radioizotopů jódu (v mase a mléce je kulminace zpravidla 5. den po začátku krmení kontaminovanými krmivy), během cca 3 měsíců klesá kontaminace ^{131}I radioaktivní přeměnou řádově 1000x. Stačí proto i zde nápravu soustředit pouze na sezónní období několika měsíců.

Následující roky po RH v kontaminaci plodin již zcela dominují radioizotopy cesia ^{137}Cs a ^{134}Cs . Kontaminace do rostlin se bude dostávat dominantně kořenovým přestupem, který je proti povrchové kontaminaci plodin zpravidla minimálně o dva řády nižší; přitom přibližně první dva roky po RH dochází ke změně chemické formy cesia v půdě a postupně klesá jeho mobilita a přestup do rostlin i vod. V kontaminaci rostlin, krmiv, potravin a vody může mít významnou roli i ^{90}Sr (zejména v blízkém okolí JE), zpravidla však řádově nižší než izotopy Cs; další roli mohou mít i transurany (zejména částice rozprášeného paliva) v nejbližším okolí JE.

V.2.2 Referenční hodnoty (nejvyšší přípustné hodnoty) pro potraviny

Referenční úrovně pro potraviny (nejvyšší přípustné hodnoty) jsou stanoveny pro referenční dávku z ingesce 1 mSv / rok a to za předpokladu, že maximálně 10% stravy sestává z takto kontaminovaných potravin. Po ukončení NES a přechodu do EES mezinárodní organizace stanovily referenční úrovně pro individuální dávky a koncentrace aktivity specifických radionuklidů pro potraviny a pitnou vodu. Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace pro ^{137}Cs jsou 1250 Bq/kg v běžných potravinách a 1000 Bq/kg v mléce a tekutinách, pro ^{90}Sr – 750, resp. 125 Bq/kg [26]. Odůvodněně předpokládáme, že ČR (EU) je schopna zajisti import nekontaminovaných potravin do oblasti.

Problémem mohou být místně produkované potraviny pro vlastní potřebu. K praktické aplikaci kritérií je třeba znát podíl místních (kontaminovaných) potravin a pro tyto specifické situace stanovit místně specifické referenční úrovně, pokyny musí být tedy přizpůsobeny konkrétní situaci (viz příklady v Příloze 2).

V.2.3 Dopad RH na kontaminaci plodin během vegetační sezóny a kritéria

V případě radioaktivního spadu během vegetační sezóny je třeba vzít v úvahu následující:

- dojde k povrchové kontaminaci plodin a to jak využívaných částí (např. jedlé části), tak ostatních částí rostlin, část kontaminantu propadá na půdu
- poměr kontaminace rostlin k celkové plošné kontaminaci je dán faktorem intercepce
- kontaminace, která „propadne“ na půdu, přestupuje do rostlin kořenovým systémem částečně již v roce nehody, zejména však v dalších letech

- povrchová kontaminace rostlin ze spadu má zpravidla o několik řádů vyšší podíl na celkové kontaminaci rostliny, než následek kořenového přestupu radionuklidu z půdy
- při růstu rostlin/plodin dochází jak ke snižování měrné hmotnostní kontaminace v důsledku nárůstu hmoty rostliny, tak i k transpozici radioaktivity do jiných částí rostlin.

Pro představu o riziku plošné kontaminace z hlediska využití plodin po radiační havárii lze jako hrubé základní vodítko použít orientační hodnotu plošné kontaminace ^{137}Cs 1 kBq/m². Při jejím překročení je možné předpokládat s velkou mírou nejistoty, že dojde k překročení referenční hodnoty 1000 Bq/kg v plodinách/roślinách v důsledku povrchové kontaminace plodin bezprostředně po radioaktivním spadu. Tento odhad vychází z velmi pesimistického odhadu, že na 1 m² je výnos 1 kg plodiny (tzn. 10 t/ha) a faktor intercepce (záchytu) je 1 tj., že se na rostlinách zachytí všechna kontaminace. Pokud nejsou k dispozici lepší odhady (např. viz program SARCA [15]), může být uvedená hodnota v první fázi použita pro velmi konzervativní pilotní vymezení oblasti, kde mohou být vzrostlé plodiny povrchově kontaminovány tak, že by nemusely vyhovět přípustné hodnotě pro trh. Ve vegetační sezóně tedy již plošná kontaminace na úrovni jednotek kBq/m² představuje pro některé plodiny (např. listová zelenina) překročení nejvyšších přípustných úrovní pro potraviny. Ke zpřesnění odhadu kontaminace rostlin/plodin při povrchové kontaminaci ve vegetační sezóně v prvním roce nehody je možné použít odhad výpočtem z údajů: plošná kontaminace, množství nadzemní biomasy, respektive výnosu (kg/m²) a faktor intercepce, podrobně v [20].

V.2.4 Dopad RH na plodiny mimo vegetační sezónu

Období mimo vegetační sezónu chápeme jako období, kdy na půdě nejsou rostliny/plodiny, které by mohly být suchým nebo mokřým spadem povrchově kontaminovány tzn., období po sklizni a před růstem nových plodin. V případě, že se takové rostliny vyskytují na poli i v tuto dobu (ozimy, apod.), použije se pro ně postup odpovídající postupu během vegetační sezóny (viz výše).

Pro odhad budoucí kontaminace plodin přestupem kořenovým systémem, je možné postupovat zejména dvěma způsoby. Prvním je odhad budoucí kontaminace plodin výpočtem z tabelovaných přestupových koeficientů z mezinárodních dat [18]. Z hlediska proveditelnosti vychází ze znalosti hmotnostní aktivity radionuklidu v půdě a výpočtu z přestupového koeficientu z půdy do plodin. Tento výpočet může být však zatížen velkou nejistotou, neboť variabilita přestupových koeficientů je velká [18]. Tento postup dále předpokládá, že

hmotnostní aktivita radioizotopu v půdě je známá a přibližně homogenní v místě kořenů. Vzhledem k postupné migraci radionuklidu do půdy je však první týdný po radiační havárii většina radionuklidů ve svrchní vrstvě cca 3 cm, později radionuklid postupně migruje do větší hloubky, pokud není plocha obdělávána zpravidla do cca 10-30 cm, v případě orby a následných prací dojde k promíchání do hloubky odpovídající hloubce orby rychleji. Podrobně problematika popsána v [18], [19], [20]. Druhou metodou odhadu budoucí kontaminace plodin je výpočet z dat z České republiky a historické analogie po havárii v Černobylu tj. výpočtu z plošné kontaminace a historických agregovaných přestupových koeficientů. V ČR je k dispozici časový vývoj průměrných agregovaných přestupových koeficientů vč. konfidenčních intervalů v letech následujících po radiační havárii pro 4 skupiny plodin - obilniny, zelenina, ovoce, brambory, (postup popsán v [18], [19]).

V.2.5 Hospodářská zvířata a krmiva

Referenční hodnoty pro krmiva jsou uvedeny pouze pro úplnost, protože nejsou příliš vzdáleny referenčním hodnotám pro potraviny. Zjednodušeně to znamená – tam, kde je možné produkovat zemědělské plodiny pro potraviny, jde produkovat i krmiva. Pro radioaktivní kontaminaci krmiv jsou v [5] stanoveny maximální limity radioaktivní kontaminace krmiv určených k přímému krmení zvířat vycházející z [26]. Jako limitní jsou stanoveny hodnoty pro součet hmotnostních aktivit ^{134}Cs a ^{137}Cs (typické rozmezí 1000-5000 Bq/kg krmiv podle typu). Tyto hodnoty jsou však velmi vysoké a pro uvedení produktů živočišné výroby na trh jsou přijímána v postižených oblastech zpravidla přísnější kritéria⁴. Tato zkušenost ukazuje, že po RH dochází často ke změně původní filosofie a postupné úpravě referenčních hodnot. Podrobně je zpracováno v [21], [22].

V.2.6 Návrh podkladů pro strategii plánu nápravy a optimalizaci z hlediska kontaminace půd, rostlin, plodin a hospodářských zvířat podle vymezení zón a oblastí po RH

Kritéria a podklady pro strategii plánu nápravy (Tabulka 5) jsou odvozeny odlišně pro první rok po RH a pro roky následující. Proces nápravy, která bude trvat jednotky až desítky let, se zaměřuje zpravidla na další roky po RH. Během zkušeností v dalších letech se mohou referenční hodnoty i kritéria měnit. Při zavádění opatření i nápravy v zemědělství je vhodné pragmaticky vymezit v zóně s kontrolovaným pobytem další oblasti, podle míry plošné

⁴ Takovým příkladem je Japonsko po havárii JE Fukušima. Přijaté hodnoty byly postupem času ještě zpřísněny na základě výsledků monitorování a po zpřesnění odhadu dosahu havárie.

kontaminace. V druhém a dalších letech po RH je již lhostejné, zda k radioaktivnímu spadu došlo během vegetační sezóny nebo mimo vegetační sezónu. Z hlediska vnitřní kontaminace mohou být (zejména v okolí havarované JE) významné i ^{90}Sr (zpravidla však o řád méně než izotopy Cs) a minoritně transurany $^{238,239,240}\text{Pu}$. Proto jsou v oblastech uvedeny i tyto radioizotopy na základě reálných zkušeností [25] a referenčních hodnot z oblastí kontaminovaných v okolí Černobylské JE (Bělorusko, Ukrajina, Rusko).

Tabulka 5: Podklady pro strategie plánu nápravy a optimalizaci z hlediska kontaminace půd, rostlin, plodin a hospodářských zvířat podle vymezení zón a oblastí

Zóna (oblast)	Očekávané možnosti strategie plánu nápravy a optimalizaci (kontaminace půd, rostlin, plodin a hospodářských zvířat)	
	RH ve vegetační sezóně	RH mimo vegetační sezóny
Nebezpečná zóna	První rok po RH bude kontaminace rostlin depozicí na nadzemní části v takovém rozsahu (na úrovni řádu až stovek MBq/kg podle parametrů rostlin), že přesáhne referenční úroveň kontaminace plodin, krmiv a potravin, které by z nich byly vyprodukovány. Kontaminace masa a mléka hospodářských zvířat se očekává podobnými úrovněmi. Předpokládá se, že rostliny budou ponechány na místě nebo se přistoupí k jejich likvidaci. Výhodou včasného odstranění plodin před migrací radioizotopů do půdy je významné odstranění kontaminace půdy.	S velkou pravděpodobností bude kontaminace plodin kořenovým přestupem první roky (změna migračních vlastností Cs v půdě) v takovém rozsahu (na úrovni jednotek až desítek kBq/kg), že často přesáhne referenční úroveň kontaminace plodin, krmiv a potravin, které by z nich byly vyprodukovány. Totéž se týká masa a mléka hospodářských zvířat. Předpokládá se, že plodiny budou ponechány na místě, odstranění nepřispěje významně k budoucímu omezení kontaminace půdy (jedná se o zlomky procenta v porovnání s kontaminací půdy).
Zóna s omezeným přístupem	První rok po RH bude kontaminace rostlin, plodin, krmiv a hospodářských zvířat v takovém rozsahu (na úrovni řádu až stovek kBq/kg), že většinou přesáhne referenční úroveň radioaktivní kontaminace plodin, potravin a krmiv. Předpokládá se i zde, že plodiny budou ponechány na místě nebo se přistoupí k jejich likvidaci. Počítá se s plným dovozem potravin v prvním a pravděpodobně i několika následujících letech.	Je pravděpodobné na velké části území, že kontaminace rostlin, plodin, kořenovým přestupem bude první dva roky v takovém rozsahu, že často přesáhne referenční úroveň radioaktivní kontaminace potravin a krmiv a masa a mléka hospodářských zvířat, může být na úrovni jednotek kBq/kg (spíše výjimečně desítek) Předpokládá se, že plodiny budou ponechány na místě. Počítá se s plným dovozem potravin v prvním a pravděpodobně i několika následujících letech.

Zóna s kontrolova- ným pobytem	Tato zóna představuje široké rozpětí možných úrovní kontaminace, tím i velké rozpětí možností nápravy a optimalizace (podrobněji rozvedeno níže po jednotlivých oblastech I, II, III.)	
Zóna s kontrolova- ným pobytem Oblast I	První rok po RH kontaminace plodin a potravin přesáhne velmi často referenční úrovně (bude na úrovni řádu až stovek kBq/kg podle parametrů rostlin), podobně kontaminace masa a mléka hospodářských zvířat. Plodiny budou ponechány na místě nebo se přistoupí k jejich likvidaci. V dalších letech je pravděpodobné, že kontaminace rostlin kořenovým přestupem a tím pěstovaných potravin často přesáhne referenční úrovně (může být na úrovni stovek Bq/kg až jednotek kBq/kg). Je třeba systematická kontrola komodit a postupné vymezení skupin s vyšší kontaminací. Nutno počítat s dovozem potravin.	Je pravděpodobné, že kontaminace plodin kořenovým systémem a potravin zpravidla první dva roky v řadě případů přesáhne referenční úrovně (na úrovni stovek Bq/kg až jednotek kBq/kg). Je třeba systematická kontrola komodit. Počítá se s částečným dovozem potravin.
Zóna s kontrolova- ným pobytem Oblast II	První rok po RH přesáhne kontaminace plodin a potravin často referenční úrovně (zpravidla na úrovni řádu jednotek až desítek kBq/kg) Významná část plodin bude ponechána na místě nebo se přistoupí k jejich likvidaci. V dalších letech lze očekávat jejich kontaminaci na úrovni jednotek až stovek Bq/kg (výjimečně kBq/kg). Nutné systematické měření komodit. Počítá se s částečným dovozem potravin.	Kontaminace plodin kořenovým systémem první dva roky v některých případech přesáhne referenční úrovně (na úrovni desítek a stovek Bq/kg spíše výjimečně jednotek kBq/kg). Nutný systematický monitoring komodit a rozhodnutí o skupinách plodin a potravin s vyšší kontaminací.
Zóna s kontrolova- ným pobytem Oblast III	První rok po RH kontaminace plodin výjimečně až jednotky kBq/kg . Třeba zavést reprezentativní dlouhodobý monitoring komodit. V dalších letech se očekává spíše výjimečné překročení referenčních úrovní (např. minoritních potravin lesních plodů) Vhodné udržovat reprezentativní dlouhodobý monitoring komodit.	Kontaminace kořenovým přestupem u většiny plodin a potravin nebude ani první rok překročeno referenčních úrovní (s výjimkou minoritních potravin např. lesních plodů) Vhodné udržovat reprezentativní dlouhodobý monitoring komodit

VI Literatura

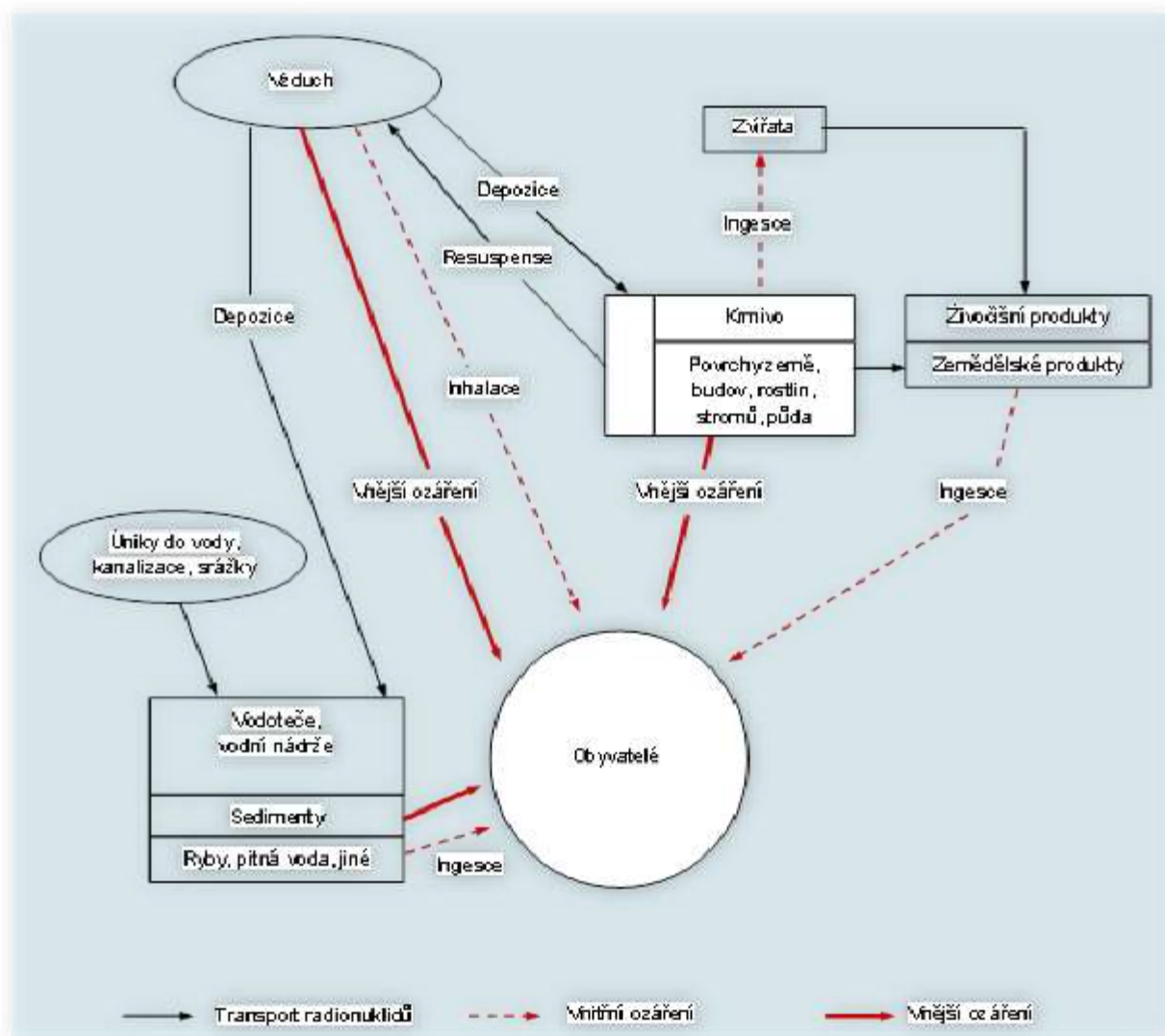
- [1] IAEA Safety Standards Series No. WS-G-3.1. Remediation process for areas affected by past activities and accidents: Safety Guide. Vienna: IAEA, 2007
- [2] Zákon 263/2016 Sb. Atomový zákon
- [3] IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014
- [4] Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- [5] Vyhláška č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události
- [6] Protective Measures in Early and Intermediate Phases of a Nuclear or Radiological Emergency. Nordic Guidelines and Recommendations, 2014
- [7] UK Recovery Handbooks for Radiation Accident 2015, Inhabited Areas Handbook, version 4. Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards Public Health England, June 2015
- [8] IAEA Safety Glossary: Terminology used in Nuclear Safety and Radiation Protection: 2007 Edition. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2007.
- [9] Publikace 103. Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007
- [10] ICRP Publication 111 Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-Term contaminated Areas after a Nuclear Accident or a radiation Emergency. Approved by the Commission in October 2008.
- [11] IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7. PREPAREDNESS AND RESPONSE FOR A NUCLEAR OR RADIOLOGICAL EMERGENCY: GENERAL SAFETY REQUIREMENTS: International Atomic Energy Agency, 2014
- [12] IAEA General Safety Guide. No GSG2 Criteria for Use in Preparedness and Response for Nuclear or Radiological Emergency. International Atomic Energy Agency, 2011
- [13] IAEA TECDOC 1788 . Criteria for Radionuclide Activity Concentrations for Food and Drinking Water: International Atomic Energy Agency, 2016
- [13] Metodika pro modelové prognózní stanovení kontaminace plodin (v prvním a dalších letech po havárii), SURO 2015
- [14] The Effects of Nuclear Weapons , Samuel Glasstone, United States Government Printing (June 1, 1983)

- [15] SARCA Software pro hodnocení prostorové radioaktivní kontaminace zemědělských plodin (Spatial Assessment of Radioactive Contamination of Agricultural Crops),
- [16] Data z černobylské kontaminace území České republiky za období 1986-2004 , projekt Analýza a zpracování vybraných dat, potřebných pro vývoj a ověření programového vybavení pro hodnocení radiologických důsledků vážných havárií (2005)
- [17] Doporučení ke snížení obsahu radionuklidů ve zvířatech a v živočišných produktech (SURO 2015)
- [18] IAEA 472/2010 : HANDBOOK OF PARAMETER VALUES FOR THE PREDICTION OF RADIONUCLIDE TRANSFER IN TERRESTRIAL AND FRESHWATER ENVIRONMENTS, IAEA, 2009)
- [19] Metodika pro hodnocení úrovně kontaminace plodin a rizika vzniku kontaminovaného odpadu , Zpráva SURO 2015
- [20] Doporučení pro obecný postup zjištění a hodnocení rizika kontaminovaných plodin a jejich likvidace Zpráva SURO 2015
- [21] Doporučení pro obecný postup zjištění a hodnocení rizika kontaminovaných plodin a jejich likvidace Zpráva SURO 2015
- [22] Doporučení ke snížení obsahu radionuklidů ve zvířatech a v živočišných produktech Zpráva SURO 2015
- [23] Souhrn Doporučení a Metodik pro rozhodování při radiační mimořádné situaci, kdy dojde ke kontaminaci hospodářských zvířat a jejich produktů. Zpráva SURO 2015
- [24] Manuál pro regulaci ozáření v nehodové a EES (operační zásahové úrovně pro neodkladná a následná ochranná opatření) SÚJB 2018,
- [25] V. Ramzaev, A. Barkovsky, V. Golikov : Evaluation of external exposure from the Chernobyl fallout and terrestrial radionuclides in the Bryansk region, Russia, 2001
- [26] Nařízení Rady (Euratom) 2016/52 ze dne 15. ledna 2016, kterým se stanoví nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin a krmiv po jaderné havárii nebo jiném případě radiační mimořádné situace
- [27] Národní program monitorování; <https://www.sujb.cz/dokumenty-a-publikace/narodni-program-monitorovani/>

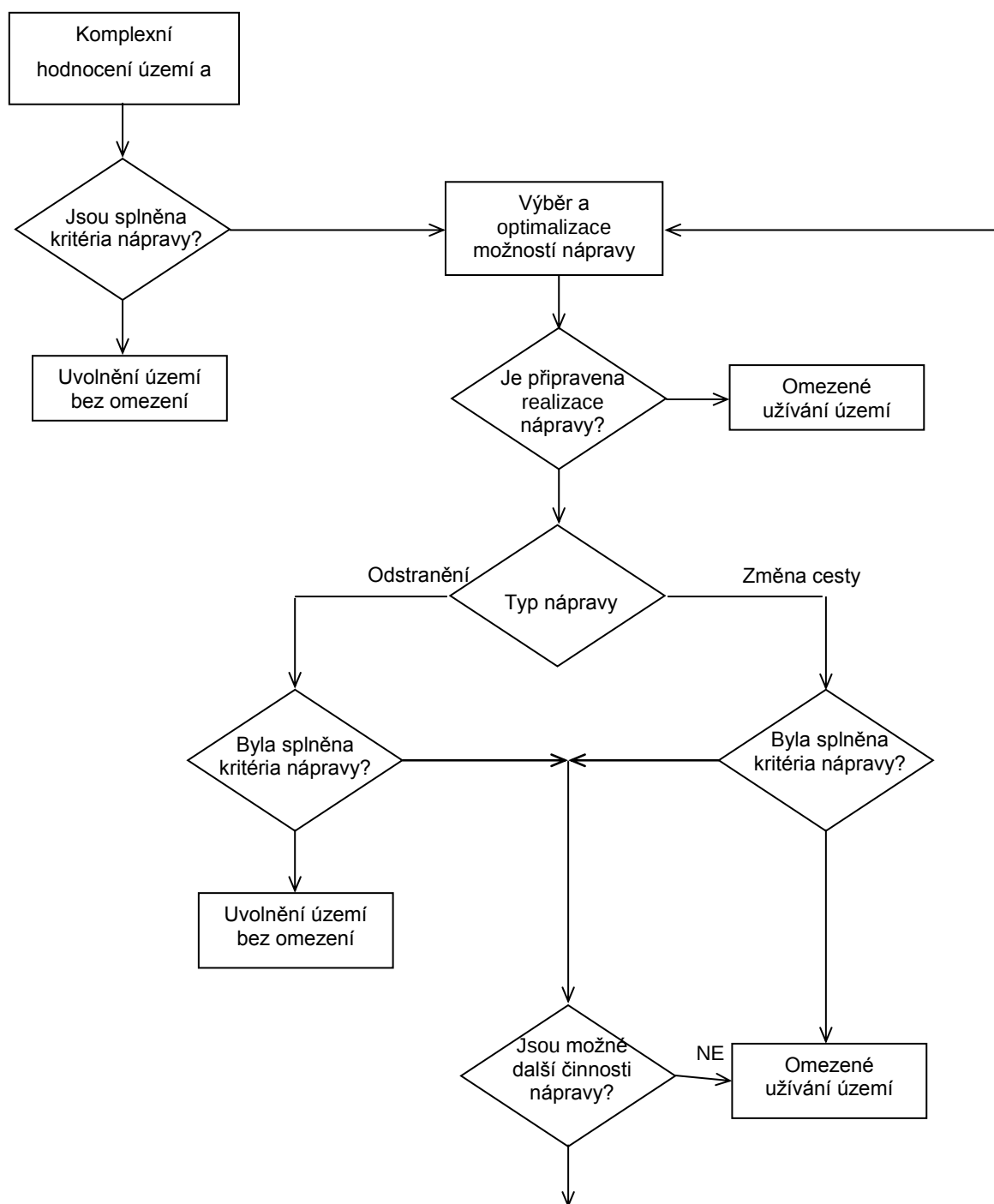
VIIPřílohy:

VII.1 Příloha 1 – Schéma procesu nápravy

Dávky obdržené obyvatelstvem v důsledku kontaminace prostředí jsou rozhodujícím parametrem pro rozhodování o nápravě. Hlavní expoziční cesty v období nápravy jsou znázorněny na Obrázku 1.1. Ne vždy je možné tyto dávky přímo měřit, proto musí být k dispozici ověřené modely pro výpočet předpokládaných dávek (projektových).



Obrázek 1.1: Hlavní expoziční cesty

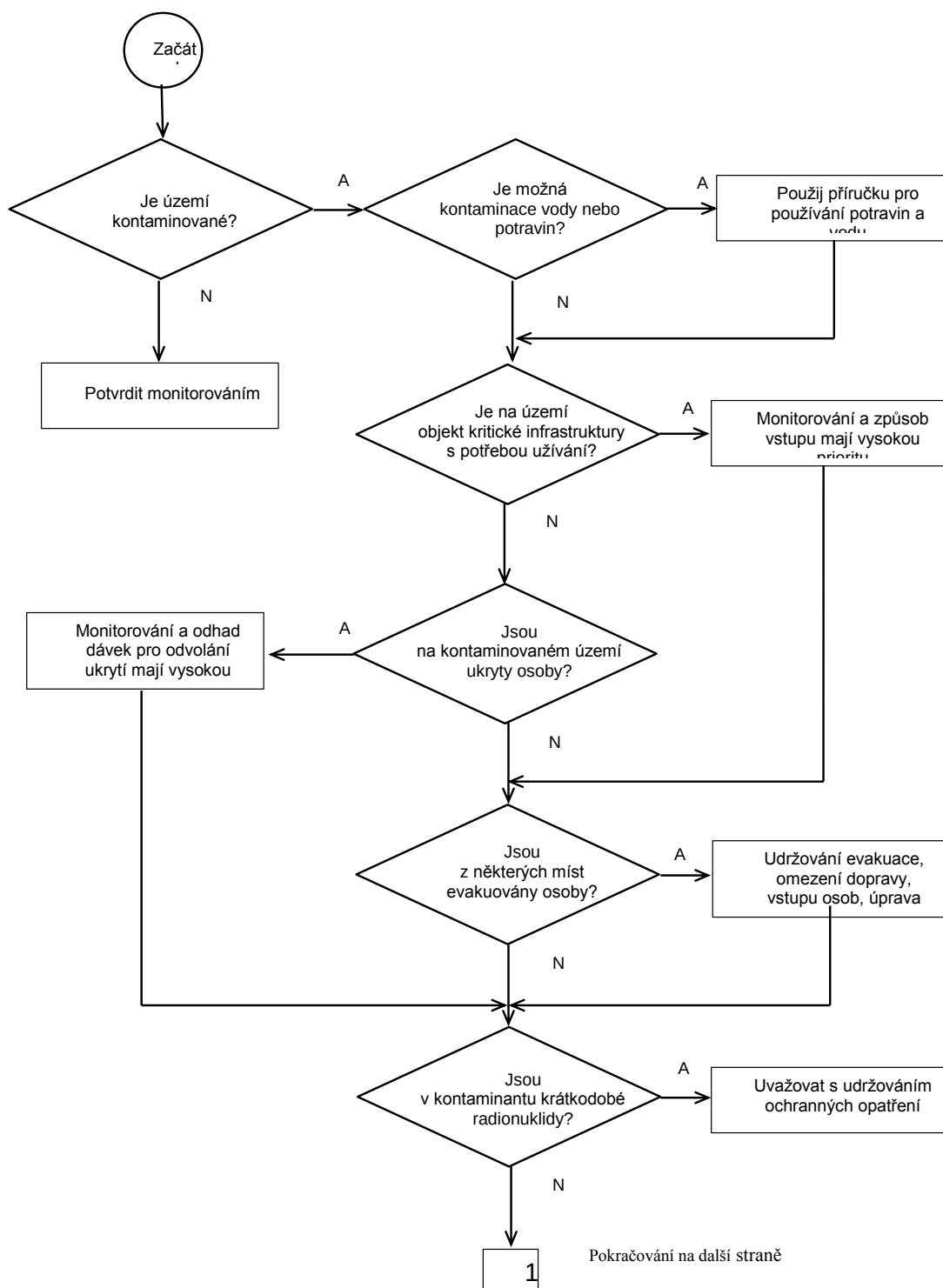


Obrázek 1.2: – Schéma procesu nápravy [1]

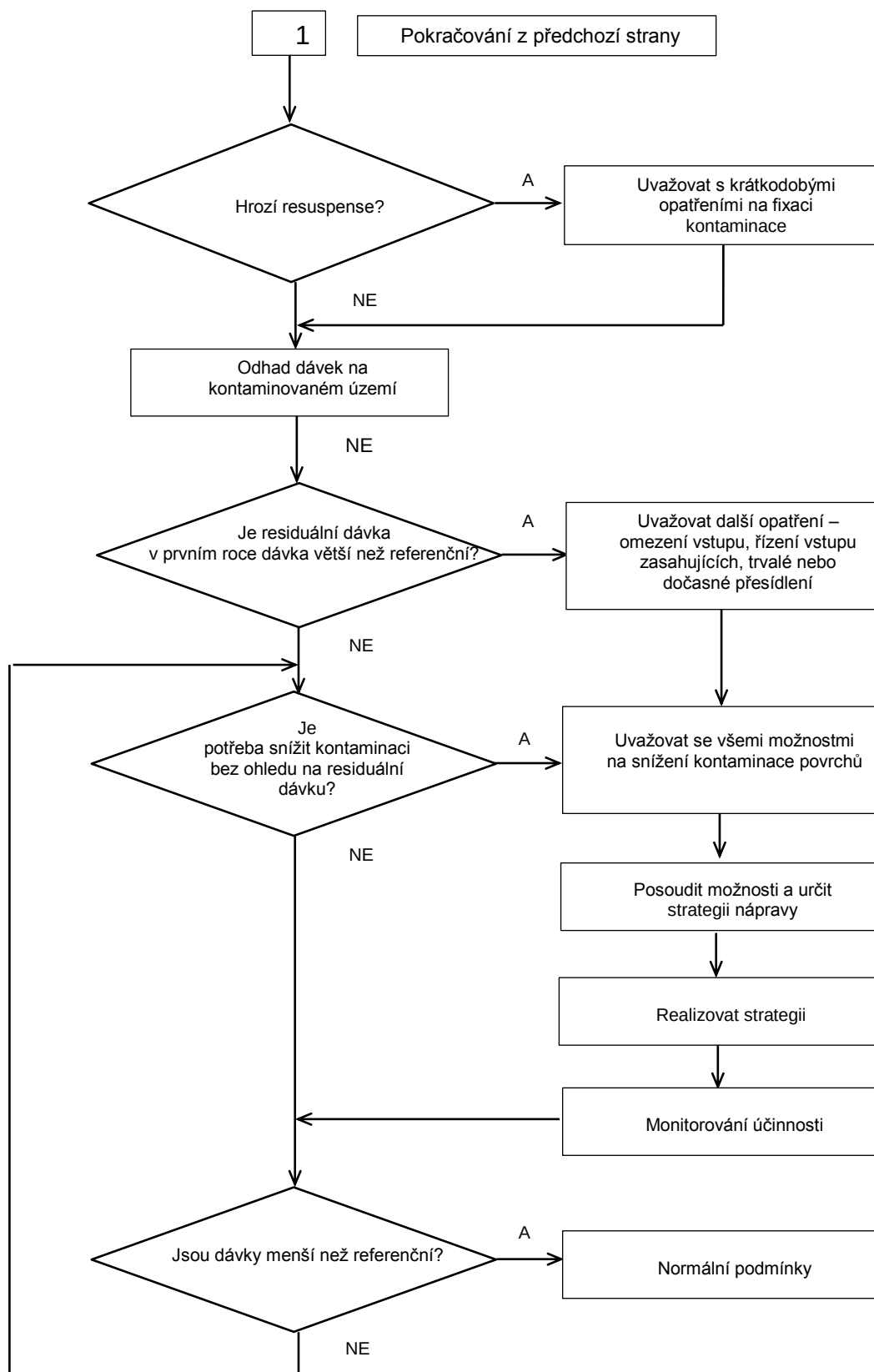
Referenční hodnota roční efektivní dávky (případně ekvivalentní orgánová dávka spolu s dalšími parciálními referenčními hodnotami) tvoří kritéria pro ukončení nápravy. Tyto hodnoty dávek zahrnují nejen obdržené, ale i reziduální dávky. Referenční dávky i další referenční hodnoty nemohou být měřeny přímo, a proto je potřebné vytvořit pomocí

vhodného modelu snadno měřitelné operační hodnoty, jako je například měrná aktivita – Bq/kg nebo Bq/m².

Referenční úroveň k usměrnění přetrvávajícího ozáření se pak použije aplikací vhodných modelů pro výpočet parciálních referenčních hodnot měrných aktivit při nakládání s velkým množstvím radioaktivních odpadů (půda, jiné materiály), stejně jako pro povrchovou kontaminaci v souvislosti s určením způsobu využívání postiženého území.



Obrázek 1.3A: Vývojový diagram pro charakterizaci havárie, požadavek na monitorování a hodnocení dávek [7]



Obrázek 1.3B.: Vývojový diagram pro charakterizaci havárie, požadavek na monitorování a hodnocení dávek – pokračování

VII.2 Příloha 2 – Ukázka z vývoje referenčních úrovní v čase a změn nejvyšších přípustných koncentrací

Kritéria pro stanovení kontaminace území musí být zvolena tak, aby potraviny nepřekročily uvedené požadované referenční úrovně. Totéž se týká krmiv.

Příklad vývoje referenční úrovně koncentrací cesia na postiženém území po havárii JE Černobyl v Bělorusku, Ukrajině a Rusku

Protože strava v některých komunitách může obsahovat více než 10% kontaminovaných potravin, může být nutné směrné hodnoty snížit. Na základě zkušeností a možností mohou být referenční hodnoty pro kontaminaci potravin postupně upravovány (snižovány). Příkladem takového postupné optimalizace je vývoj referenčních hodnot pro potraviny po černobylské kontaminaci v Bělorusku, Ukrajině a Rusku.

Tabulka 2.1.: Referenční úrovně koncentrací ^{137}Cs (Bq/kg, Bq/l) v některých základních potravinách v různých obdobích po Černobylu a jejich vývoje v čase v Bělorusku:

Potraviny	rok 1988	1990	1992	1999
Mléko	370	185	111	100
hovězí a jehněčí	2 960	592	600	500
vepřové a drůbež	1850	592	600	500
brambory a kořenová zelenina	740	592	370	80
Zelenina	740	185	185	100
Chléb	370	370	185	40
čerstvé houby	1 480	370	370	370
sušené houby	11 100	3 700	3 700	2 500

Tabulka 2.2.: Vývoj referenční úrovně koncentrací ^{137}Cs (Bq/kg, Bq/l) v některých základních potravinách (Bělorusko, Ukrajina a Rusku a hodnoty pro společný obchodní trh těchto zemí ve srovnání s EU)

Potraviny	EU	Bělorusko	Rusko	Ukraine	Společný trh
Rok uplatnění	1986	1999	2001	1997 & 2006	2011
Chléb, mouka a obilné výrobky	600	40	40–60	20-50	40
Mléko	370	100	100	100	100
Dětská strava	370	37	40-60	40	40
Dětská strava	600	50–200	100–500	100-500	100
Maso a produkty	600	180–500	160-180	200-400	200
Ryba	600	150	130	150	130
Vejce	600	-	80	100	-
Zelenina, ovoce, brambory	600	40–100	40–120	40–70	80

Tabulka 2.3.: Aktuální referenční úrovně koncentrací ^{137}Cs a ^{90}Sr v potravinách přijaté v Bělorusku (BY), Rusku (RUS) a na Ukrajině (UKR)

Potraviny	^{137}Cs (Bq/kg, Bq/l)			^{90}Sr (Bq/kg, Bq/l)		
	BY	RUS	UKR	BY	RUS	UKR
Obiloviny	60	70	50	11	40	20
Chléb, pečivo	40	40	20	3.7	20	5
Brambory	80	120	60	3.7	40	20
Zelenina	100	120	40	-	40	20
Ovoce	40	40	70	-	30	10
Maso a masné produkty	500	160	200	-	50	20
Ryby a rybí produkty		130	150	-	100	35
Mléko	100	100	100	3.7	25	20
Voda			2	0.37		2
Lesní plody/houby (čerstvé)	185/370	160/500	500/500	-	60/50	50/50
Lesní plody a houby (sušené)	2 500	2 500	2 500	-	250	250
Dětská výživa	37		40	1.85	-	5

Ukázka specifických nejvyšších přípustných hodnot v potravinách

V některých případech a na žádost místních zúčastněných stran, mohou být vybrány naopak vyšší hodnoty, aby se zachoval místní obchod a místní produkce (to je příklad konzumace masa sobů severskými národy ve Švédsku). V takovém případě se doporučuje stanovit národní referenční úroveň pro koncentrace radionuklidů ve specifické potravine pomocí vzorce:

$$NRU(A) = D_{ef} / m(A) / h_{ing} (A)$$

Kde je:

$NRU(A)$ *národní referenční úroveň pro hmotnostní aktivitu v potravine (pro věkovou skupinu A)*

D_{ef} *stanovená roční referenční dávka pro ingesci (mSv/rok)*

$m(A)$ *roční spotřeba potraviny (pro věkovou skupinu A)*

$h_{ing} (A)$ *konverzní koeficient pro ingesci (pro věkovou skupinu A)*

V případě takové specifické skupiny jsou referenční hodnoty doprovázeny doporučením ke konzumaci (např. ve Švédsku pro maso sobů):

Tabulka 2.4: – Švédské doporučení k možné konzumaci masa sobů:

Koncentrace potravin Cesium-137	Doporučení
méně než 300 Bq/kg	Potraviny lze konzumovat obvyklým způsobem
mezi 300 a 1 500 Bq/kg	Nejezte jídlo častěji než jednou týdně
mezi 1500 Bq/kg a 10 000 Bq/kg	Nejezte jídlo více než a několikrát za rok
nad 10 000 Bq/kg	Potraviny vůbec nekonzumujte