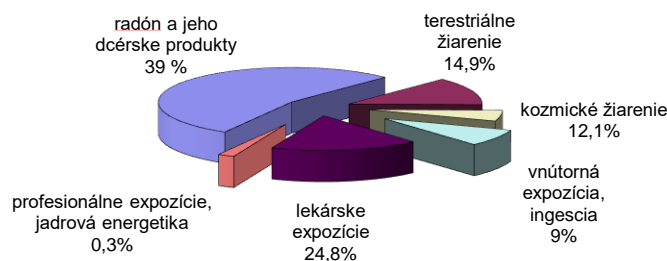


# MONITOROVANIE RADIACNEJ SITUÁCIE V ČSSR PO HAVÁRII V ČERNOBYLE A PRIJATÉ OPATRENIA PRE OCHRANU OBYVATEĽSTVA

*Helena Cabáneková, Denisa Nikodemová*  
Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave

## 1. ÚVOD

Ionizujúce žiarenie (IŽ) je sprevádzajúcim fenoménom nášho života na zemi so spoločenským prínosom, ale aj možnou zdravotnou ujmom. Je neoddeliteľnou súčasťou životného prostredia (ŽP), ale aj dôsledkom ľudskej činnosti, teda uvedomelého využívania zdrojov ionizujúceho žiarenia (ZIŽ) v medicíne, priemysle, hospodárstve, školstve, vede a výskume. Ochrana zdravia pred žiarením je komplexným problémom, ktorý sa týka profesionálneho, lekárskeho ožiarenia a ožiarenia obyvateľstva. Je to multidisciplinárny vedný odbor, ktorý vychádza z poznatkov o biologických účinkoch žiarenia, predovšetkým o jeho vplyve na zdravie človeka, z podmienok ovplyvňujúcich veľkosť ožiarenia v jednotlivých skupinách obyvateľstva, ako aj zo spoločenských princípov, organizačných a právnych zásad. Hlavným cieľom ochrany pred žiarením je zabezpečiť dostatočnú úroveň ochrany zdravia pri plnom využívaní zdrojov žiarenia ako aj pri existujúcej úrovni prírodného žiarenia. Na obr. č. 1 je uvedený príspevok k ožiareniu obyvateľstva z jednotlivých zdrojov žiarenia (UNSCEAR 2010)



Obr.č.1.: Príspevok z jednotlivých zdrojov žiarenia k expozícii obyvateľstva.

Prírodná rádioaktivita je tvorená extraterestriálnymi zdrojmi (kozmičné žiarenie - jeho úroveň závisí len od nadmorskej výšky), primordiálnymi zdrojmi (pôvod vo vesmíre - vďaka dlhej dobe polpremeny, viac ako  $10^8$  rokov, doteraz zastúpené na Zemi vo významnom množstve) a sekundárnymi rádionuklidmi zo štyroch základných premenových radov (urán-rádiový, thóriový, aktíniový, neptúniový). V prírode bolo nájdených okolo 340 rôznych nuklidov, z ktorých približne 70 je rádioaktívnych. Ožiarenie obyvateľstva z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia, podľa UNSCEAR 2010, je uvedené v tabuľke č. 1.

Zdroj žiarenia	$E_{\text{eff}}$ [mSv/rok]
kozmičné žiarenie	0,39
externé terestriálne žiarenie	0,48
interné ožiarovanie inhaláciou	1,26*
interné ožiarovanie ingesciou	0,29
<b>Celkom</b>	<b>2,4</b>

\*počítané podľa ICRP65, (z inhalácie radónu – 1,2 mSv/rok)

Tab.č.1.: Ročná efektívna dávka z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia

Zhodnotenie nových poznatkov o zdravotných účinkoch, ktoré sú dôsledkom expozície radónu a jeho dcérskymi produktmi viedlo k revízii koeficientu rizika zdravotnej ujmy pre populáciu z hodnoty  $4,5 \cdot 10^{-8}$  Bq.h.m<sup>-3</sup> na hodnotu  $8 \cdot 10^{-8}$  Bq.h.m<sup>-3</sup>, čo prakticky znamená pre každého obyvateľa zvýšenie efektívnej dávky z inhalácie radónu na 2,3 mSv/rok. Slovensko, v dôsledku svojej geologickej štruktúry patrí medzi krajiny s vyšším výskytom radónu v pobytových priestoroch. Na základe výsledkov skríningu objemovej aktivity radónu v pobytových priestoroch SR a nových konverzných faktorov (ICRP115) je odhadnutá priemerná ročná efektívna dávka pre obyvateľa SR 3,57 mSv.

Poznatky o prírodnej rádioaktívite zložiek životného prostredia, ktoré sa začali systematicky zhromažďovať od roku 1955 boli v zmysle odporúčaní ICRP rozšírené na hodnotenie závažnosti rádioaktívneho spadajú pri pokusných výbuchoch jadrových zbraní na zdravie obyvateľstva. Výstavba jadrovoenergetických zariadení prispela tiež k potrebe zhromažďovania informácií o množstve a type uvoľnených rádionuklidov do ŽP, ako miery potenciálneho zdravotného ohrozenia jednotlivca. K tomuto účelu boli spracované jednoduché a spoľahlivé metódy, ako aj interpretačné postupy, ktorých úlohou bolo vytvoriť všeobecné princípy havarijnej pripravenosti na mimoriadne udalosti a na posúdenie miery kontaminácie jednotlivých zložiek ŽP. Boli vypracované medzinárodné odporúčania WHO a MAAE, ktoré obsahovali odvodené zásahové úrovne pre neodkladné a následné ochranné opatrenia a boli podkladom pre vytvorenie národných monitorovacích sietí a Smernice o zásadách monitorovania pri radiačnej havárii.

V príspevku je analyzovaná pripravenosť štátu na sledovanie kontaminácie životného prostredia rádionuklidmi pred radiačnou haváriou v Černobyle a sú prezentované výsledky monitorovania jednotlivých zložiek životného prostredia na území republiky po havárii v Černobyle. Sú diskutované možné dopady na zdravie obyvateľstva a popísané prijaté nápravné opatrenia pre obyvateľstvo a kritické skupiny z obyvateľstva.

## 2. Biologické účinky ionizujúceho žiarenia

Pôsobenie IŽ na biologický systém sa riadi všeobecnými zásadami jeho interakcie s hmotou, pričom za špecifiká vo vzájomnom vzťahu zodpovedá biologický systém a jeho charakteristiky. Pri interakcii ide o fyzikálne, fyzikálno-chemické, chemické a biologické procesy, pričom účinok má len tá časť IŽ, ktorá sa absorbuje v živom tkanive. Akceptuje sa niekoľko teórií pôsobenia IŽ na živý organizmus (zásahová, radikálová, molekulárno biologická teória, teória duálnej radiačnej akcie,...), avšak obyčajne neplatia jednoduché vzťahy. Charakteristickým účinkom žiarenia na fyzikálno-chemickej úrovni je ionizácia molekúl a na ňu

nadväzujúce deje, ktoré majú za následok poškodenie s ďalšími dôsledkami na bunecnej úrovni. Jednou zo základných zložiek bunky je kyselina dezoxiribonukleová (DNA). Je najdôležitejšou biologickou molekulou, pretože obsahuje základné informácie o štruktúre a funkcii bunky. Vyskytuje sa len obmedzený počet jej kópií (často len 1 – 2 kópie) a vo viacbunkových organizmoch obsahuje základné informácie o štruktúre a funkcii organizmu ako celku a to v každom okamihu jeho vývoja (od zárodočných buniek až po smrť dospelého jedinca). Reťazec DNA je dvojitý a špirálovite stočený. Molekuly DNA sú v bunke usporiadané do chromozónov a zlomy na ich reťazci môžu viesť ku vzniku chromozónových aberácií (dicentrické, alebo prstencové), ktoré sú typické pre expozíciu IŽ a preto podľa ich počtu v periférnej krvi môžeme pri znalosti ZIŽ presne odhadnúť obdržanú dávku. DNA je terčovou molekulou pre IŽ, pri ožiarení však dochádza k poškodeniu aj iných molekúl, ako sú proteíny a lipidy. Tieto molekuly sa však v organizme nachádzajú v mnohých kópiách, preto pozorovateľný účinok žiarenia možno očakávať až pri poškodení dostatočne veľkého percenta týchto molekúl.

Pri ožiarení tkaniva však nedochádza len k jednosmerným a nevratným zmenám vedúcim k poškodeniu bunecných štruktúr a ich funkcií. V biologickom štádiu radiačného poškodenia prebiehajú aj procesy reparačné a regeneračné, ktoré obnovujú schopnosť bunecného delenia a funkcií tkanív a orgánov. Prebiehajú v podstate dva druhy reparačných procesov a to na úrovni zasiahnutej bunky a na úrovni zasiahnutého tkaniva.

Snaha o vysvetlenie účinkov IŽ na tkanivo ďalej viedla k zavedeniu teórií **priameho** a **nepriameho** účinku.

- Priamy účinok žiarenia je dôsledkom prenosu energie žiarenia bezprostredne na biologickú molekulu, pri ktorej dochádza k lokálnej absorpcii energie, ionizácii a následnej chemickej zmene zasiahnutej štruktúry. Mechanizmus priameho účinku má druhotný význam, pretože pravdepodobnosť takýchto priamych zásahov je nízka. Priamy účinok sa môže významne prejavovať v prípade husto ionizujúceho žiarenia (alfa častice, neutróny) a vedie k nereparovateľným biologickým poškodeniam.
- Teória nepriameho účinku predpokladá, že miesto chemickej reakcie (ionizácia, excitácia, disociácia) nie je totožné s miestom primárnej absorpcie ionizujúceho žiarenia, ale prichádza k prenosu energie v rámci molekuly a medzi molekulami. Biologické systémy obsahujú vysoké percento vody (až 80%), v ktorej sú rozptýlené biologicky aktívne látky a preto veľká časť žiarenia sa absorbuje práve vo vode. Nepriamy účinok žiarenia sa môže teda podieľať na celkovom poškodení až 80 %. Výsledkom je množstvo zmien, ktoré nepriamo ovplyvňujú metabolické procesy. Nepriamy účinok je charakteristický pre žiarenie s nízkou hustotou ionizácie (rtg. žiarenie, gama žiarenie).

Rozsah a závažnosť biologického účinku ionizujúceho žiarenia na človeka závisí od mnohých faktorov, ako je napr.:

- Spôsob expozície (jednorazová, opakovaná, externá expozícia, interná expozícia). Z hľadiska možného zdravotného rizika, dávka obdržaná frakcionovane (po častiach) má za následok menej závažné poškodenie, ako pri jednorazovom ožiarení tou istou dávkou. Reparačné a regeneračné procesy poškodeného tkaniva medzi jednotlivými expozíciami (frakcionované ožiarenie) vedie k zmierneniu biologických účinkov žiarenia a tým menej závažnému zdravotnému poškodeniu.

- Druh žiarenia – rozdielny biologický účinok jednotlivých druhov žiarenia charakterizuje radiačný váhový faktor  $w_R$  (fotóny, elektróny, mióny =1, neutróny (podľa energie) = 5,10 až 20, protóny = 5 a alfa častice, ťažké jadrá, štiepne fragmenty = 20),
- Veľkosť absorbovanej dávky.
- Veľkosť časti tela (orgánu), ktorý je exponovaný (pomoc pri regenerácii zdravým tkanivom v okolí)
- Rádiosenzitivita (vysoká citlivosť na IŽ). Bunkové populácie majú rôzne rastové charakteristiky a ich citlivosť na IŽ je rôzna. Pod rádiosenzitivitou jednotlivých tkanív ľudského tela sa chápe vnímavosť k vyvolaniu akútnych, klinicky významných následkov. K vnímavým systémom z tohto hľadiska patria črevná sliznica, lymfatické tkanivo, kostná dreň, gonády, očná šošovka, pečeň, pankreas, ľadviny, nervové tkanivo.
- Individuálna biologická variabilita exponovaného jedinca.

Ožiarenie človeka môže vyvolať niektoré chorobné zmeny, ktoré sa môžu prejavíť v priebehu dní a týždňov, ale aj v priebehu rokov až desaťročí. To viedlo v minulosti k rozlišovaniu skorých a neskorých následkov ožiarenia. V posledných rokoch sa zaviedlo triedenie opierajúce sa o základné typy vzťahu dávky a účinku. Poznanie tohto vzťahu a jeho popis vhodným kvantitatívnym parametrom je hlavným cieľom biologických a lekárskeho štúdií zameraných na ochranu pred ionizujúcim žiarením. Na základe týchto znalostí je potom pre činnosti vedúce k ožiareniu možné vymedziť ciele a kritériá radiačnej ochrany a pre mimoriadne situácie spojené s ožiarením odhadnúť možné následky ako aj zdravotnícku pomoc.

Z hľadiska ochrany zdravia pred žiarením rozdeľujeme biologické účinky IŽ na „**stochastické**“ (náhodné) a „**nestochastické**“ (deterministické). Ich prehľad je uvedený v tabuľke č.2.

- Stochastické účinky sú bezprahové a so stúpajúcou dávkou stúpa pravdepodobnosť vzniku poškodenia, tj. rakovina a dedičné účinky u potomkov osôb exponovaných IŽ. Majú pravdepodobnostný charakter, sú náhodné, individuálne a nepredvídateľné. Tieto chorobné stavy sa však aj bez vplyvu ionizujúceho žiarenia samovoľne vyskytujú v populácii.
- Deterministické účinky sú podmienené bunkovými stratami v dôležitých bunkových populáciách a týkajú sa veľkého počtu buniek. Kategória deterministických účinkov predpokladá výskyt klinických príznakov, ktoré sú viditeľné vonkajším (makroskopickým) pozorovaním. Na molekulovej a bunkovej úrovni sa však aj u týchto účinkov uplatňuje moment stochastických zákonitostí (náhodnosť, štatistická pravdepodobnosť). V najnovších odporúčaniach ICRP sú deterministické účinky označované pojmom tkanivové reakcie, nakoľko účinky ožiarenia sa nemusia prejavíť v priebehu expozície.

DETERMINISTICKÉ		STOCHASTICKÉ	
skoré	neskoré		
somatické		genetické	
- akútna choroba z ožiarenia - akútne lokálne zmeny - akútna dermatitída - poškodenie fertility	- nenádorové neskoré poškodenie - chronická rádiodermatída - zákal očnej šošovky	- zhubné nádory	- genetické účinky u potomstva
- poškodenie vývoja plodu			

Tab.č. 2.: Biologické účinky žiarenia na človeka

V tabuľke č. 3. sú uvedené hodnoty prahového ožiarenia, pri prekročení ktorých s veľkou pravdepodobnosťou sa prejaví akútne účinky ožiarenia.

Nevoľnosť a zvracanie	> 1,0 Gy
Radiačné popáleniny a erytém	> 3,0 Gy
Sekundárna ulcerácia	> 8,0 Gy
Poškodenie plodu	> 0,5 Gy
Závažná retardácia	> 0,1 Gy
Mierne zníženie IQ	> 1,0 Gy
Iné vývojové poruchy	

Tab.č.3.: Prahové ožiarenie pre akútne zdravotné účinky [IAEA 98]

V závislosti od charakteru zdroja IŽ a jeho využitia, poznáme vo všeobecnosti dve základné cesty ožiarenia jednotlivca z populácie, externé (vonkajšie) a interné (vnútorné) ožiarenie.

Pri vonkajšom ožiarení dominuje expozícia z prírodného žiarenia a lekárska expozícia. K externej expozícii prispievajú aj umelé rádionuklidy uvoľnené do ŽP pri vzniku mimoriadnych udalostí (skúšky jadrových zbraní, radiačné havárie, nehody...).

Pod interným ožiarением sa rozumie expozícia organizmu rádionuklidmi prítomnými v organizme. Ide teda o vnútornú kontamináciu v dôsledku príjmu umelých alebo prírodných rádionuklidov, prítomnosti izotopickej zmesi prvkov, ktoré sú súčasťou organizmu (tab.č.4.), alebo aplikáciou rádionuklidov pre lekárske účely. Rádionuklidy sú do organizmu inkorporované ingesciou (prechod rádionuklidu do zažívacieho traktu), inhaláciou (vdýchnutie rádioaktívnej látky vo forme aerosólu a plyných pár spolu so vzduchom), prechodom cez poranenú kožu, ako aj absorpciou cez neporanenú kožu (napr. trícium). Dávky z interného ožiarení nie je možné merať priamo a ich distribúcia v organizme môže byť veľmi nehomogénna.

Nuklid	A [Bq]
<sup>40</sup> K	4 500
<sup>14</sup> C	3 800
<sup>87</sup> Rb	650
<sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Bi, <sup>210</sup> Po	60
<sup>220</sup> Rn (krátkožijúce nuklidy)	30
<sup>3</sup> H	25
<sup>7</sup> Be	25
Ostatné <sup>222</sup> Rn	15
ostatné	7
<b>Spolu</b>	<b>9 112</b>

Tab.č.4.: Obsah rádionuklidov v tele priemerného jednotlivca z populácie [Klener]

Následky jadrovej, resp. radiačnej havárie alebo nehody predstavujú zložitý komplex zdravotných problémov pre populáciu ako aj pre pracovníkov podieľajúcich sa na ich likvidácii. Tieto následky sa výrazne menia v závislosti od spôsobu expozície a od:

- celkového množstva a zloženia zmesi rádionuklidov, ktoré unikli do okolia,
- energie rádionuklidov,
- charakteru prostredia, do ktorého boli rádionuklidy uvoľnené,
- mechanizmu šírenia rádionuklidov.

Relatívny príspevok každej potenciálnej cesty ožiarenia (externá, interná) k celkovej expozícii v dôsledku havárie/nehody sa bude líšiť v závislosti od konkrétneho typu, rozsahu a priebehu udalosti. Navyše je potrebné rozlišovať aj fázu udalosti (úniková – len externé ožiarenie, poúniková – externé aj interné ožiarenie). V skutočnosti, vo väčšine prípadov „rozhodujúci pracovník“ bude pre zasahujúci personál uvažovať len obmedzený počet expozičných ciest. Preto v prípade rýchleho rozhodovania o minimalizácii následkov havarijného ožiarenia a o ochrane zdravia obyvateľstva i pracovníkov podieľajúcich sa na likvidácii následkov havárie/nehody je potrebné prijať plánované protiradiačné opatrenia (okamžité i následné), pomocou ktorých je v zmysle základných princípov radiačnej ochrany možné vylúčiť:

- prekročenie „prahového ožiarenia“ pre akútne formy poškodenia organizmu, ktorý je vyjadrený ako efektívna dávka obdržaná v priebehu 24 až 48 hodín,
- prekročenie „prahového ožiarenia“ pre akútne poškodenie štítnej žľazy, vyjadrený ako úvazok ekvivalentnej dávky v štítnej žľaze,
- zvýšenie nárastu nádorových a genetických ochorení, ktoré sú bezprahové, ale pri ktorých sa predpokladá, že zvyšovanie ich nárastu je úmerné zvyšovaniu kolektívnej dávky.

Znalosť biologických účinkov ionizujúceho žiarenia je veľmi dôležitá pre stanovenie princípov a kritérií radiačnej ochrany, z ktorých sa potom ďalej odvodzuje systém limitovania dávok pre pracovníkov zo zdrojmi ionizujúceho žiarenia ako aj pre obyvateľstvo.

### 3. Situácia v ČSSR pred haváriou v Černobyle

Organizácia monitorovania rádioaktivity v životnom prostredí bola v ČSSR zabezpečovaná ministerstvom zdravotníctva ČR a SR a štátny dozor bol realizovaný činnosťou hygienických staníc, odborníkmi radiačnej ochrany a jadrovej bezpečnosti v špecializovaných zariadeniach, pričom riadením boli poverené Odbor hygieny záření Institutu Hygieny a Epidemiologie v Prahe (IHE) a Odborom hygieny žiarenia na Výskumnom Ústave Preventívneho Lekárstva v Bratislave (VÚPL). Zainteresovaní odborníci boli dobre oboznámení s problematikou radiačných nehôd a medzinárodnými dokumentmi ICRP, MAAE, WHO, UNSCEAR.

Po spustení bloku V1 v elektrárni Jaslovské Bohunice bola vydaná príručka pre civilnú obranu CO-51-6 „Ochrana obyvateľstva a opatrení v národnom hospodárstve pri radiačnej havárii JEZ“, ktorá už počítala s možnosťou nadprojektovej havárie na území republiky a obsahovala aj smerné hodnoty (úrovne dávok), ktorých dosiahnutie, resp. prekročenie vyžaduje zavedenie opatrení na ochranu obyvateľstva. Následne bola ustanovená Komisia vlády ČSSR (VHK) pre koordináciu opatrení pri radiačnej havárii jadrovej energetického zariadenia (JEZ), ktorej štatút bol schválený vládou ČSSR v decembri 1981.

V nadväznosti na vznik VHK bol vypracovaný aj návrh na vybudovanie radiačnej monitorovacej siete (RMS), ktorý bol parlamentom ČSSR schválený v roku 1985. RMS bola budovaná a rozvíjaná spoločne až do roku 1991, kedy po rozdelení republiky transferom uznesenia vlády bola vytvorená Komisia vlády SR pre radiačné havárie (KRH SR), ktorej štatút bol schválený Uznesením vlády v roku 1991.

Ešte pred haváriou černobyľskej elektrárne, pre radiačnú monitorovaciu sieť bola vypracovaná Smernica o zásadách monitorovania pri radiačnej havárii JEZ, schválená VHK vo februári 1986. V súlade so smernicou bolo zabezpečené pravidelné a systematické monitorovanie rádioaktivity v životnom prostredí, realizované odborníkmi hygieny žiarenia KHS na celom území ČSSR ako aj špecializovanými pracoviskami JE J.Bohunice a Dukovany v okolí našich JEZ. V obmedzenom rozsahu (v rámci riešenia výskumných projektov) sa na monitorovaní podieľali aj výskumné pracoviská a VŠ. Pre potreby ČSLA a CO na celom území bolo zabezpečené meranie príkonu dávky (PD) vonkajšieho gama žiarenia. Monitorovanie kontaminácie prízemnej vrstvy atmosféry však bolo realizované prístrojovým zariadením s relatívne nízkou účinnosťou, avšak vzhľadom na účel (možnosť použitia jadrových zbraní) bolo postačujúce.

Pre prenos výsledkov monitorovania v teréne bola vypracovaná schéma trasy prenosu výsledkov od monitorovacích skupín do VHK ČSSR

Napriek tomu, že Smernica bola spracovaná pre zabezpečenie havarijnej pripravenosti na mimoriadne situácie spojené s únikom rádioaktívnych látok (RAL) do životného prostredia a nepočítala s nadprojektovými haváriami mimo územia našej republiky, pripravený systém mohol byť uvedený okamžite do činnosti a tak zabezpečiť zhromažďovanie a vyhodnocovanie výsledkov merania aj po havárii v černobyľskej jadrovej elektrárni.

#### 4. Situácia v ČSSR po havárii v Černobyle

Prvý príchod kontaminovaných vzdušných mäs na naše územie bol zaregistrovaný v noci z 29.04. na 30.04. 1986 v rámci kontinuálnych kontrolných meraní v okolí našich JEZ a následne už v ranných hodinách začali merania aj na Odbore hygieny záření IHE Praha, Odbore hygieny žiarenia VÚPL v Bratislave a niektorých odboroch HŽ KHS.

Dňa 30.04. začala svoju činnosť aj VHK, ktorá až do 08.05. zasadala každodenne. Na svojom prvom zasadaní VHK rozhodla, že všetky kompetentné organizácie v ČSSR zabezpečia, až do odvolania sledovanie kontaminácie ŽP. V súlade so štatútom, koordináciou činnosti celoštátnej RMS bol poverený IHZ Praha. Výsledky monitorovania z územia SSR sa zhromažďovali na Odbore hygieny žiarenia VÚPL v Bratislave. Po ich vyhodnotení boli následne odovzdávané hlavnému hygienikovi SSR a Ústrediu monitorovacej siete ČSSR. Prvým rozhodnutím VHK bolo, aby všetky kompetentné organizácie (na Slovensku to boli VÚPL Bratislava, VÚJE J.Bohunice, KHS Bratislava, KHS B.Bystrica, MFF UK Bratislava, URVJT Košice a SHMU Bratislava) zabezpečili až do odvolania:

- sledovanie príkonu dávky gama žiarenia v prízemnej vrstve atmosféry,
- sledovanie mernej aktivity jódu vo vzduchu,
- sledovanie sumárnej aktivity beta vo vzduchu.

Súčasne sa začalo so sledovaním objemovej aktivity aerosólov, spadov (mokrých i suchých), vody a vodných tokov, pôdy a porastu. Začalo sa s odberom vzoriek v potravinovom reťazci (mlieko, mäso, zelenina, ovocie). Osobitná pozornosť bola venovaná kontaminácii ovčieho mlieka  $^{131}\text{J}$ , ako jednej z hlavných zložiek potravinového reťazca kritickej skupiny obyvateľstva.

Odber vzoriek mlieka a mäsa zabezpečovala Štátna veterinárna správa MPVŽ SSR, obilia a vody MLVH SSR prostredníctvom krajských poľnohospodárskych nákupných stredísk a Povodí riek SSR. Odber vzoriek zeleniny, ovocia a pôdy zabezpečovali Okresné hygienické stanice. HS mesta Bratislavy a KHS v Košiciach neboli v čase havárie vybavené primeranou prístrojovou technikou, preto odoberané vzorky z týchto spádových oblastí boli merané a vyhodnocované na VÚPL v Bratislave.

Monitorovanie jednotlivých zložiek životného prostredia a potravinového reťazca sa vykonávalo prevažne gamaspektrometrickými meraniami, ktoré umožnili kvantitatívnu, ako aj kvalitatívnu analýzu. Podmienky merania boli volené tak, aby bola zabezpečená dostatočná presnosť merných aktivít a do monitorovania sa postupne zapájali všetky pracoviská vybavené citlivou meracou technikou. V priebehu monitorovania bolo identifikovaných celkovo 27 rádionuklidov, pričom na obdržanej dávke sa významné podieľali len rádionuklidy  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{137}\text{Cs}$ . Vzhľadom na dobu polpremeny rádionuklidu  $^{131}\text{I}$ , od júla 1986, 90% efektívnej dávky bolo z expozície rádionuklidmi cézia.

Monitorovaním boli zaznamenané celkovo 3 prísuny kontaminovaných vzdušných mäs (z 29.04. na 01.05. zo severovýchodu, 03. - 04.05 z juhovýchodu a 07. - 08. z juhovýchodu), pričom prvý a tretí prísun bol zaznamenaný všetkými stanicami v republike, druhý prísun bol detegovaný len na Slovensku

Na základe prvých výsledkov meraní príkonu dávky (PD) v ovzduší, aktivity rádionuklidov v aerosóloch a v spade bol realizovaný prvý, silne konzervatívny odhad dávkovej záťaže obyvateľstva SR z externého ožiarenia s využitím matematických modelov

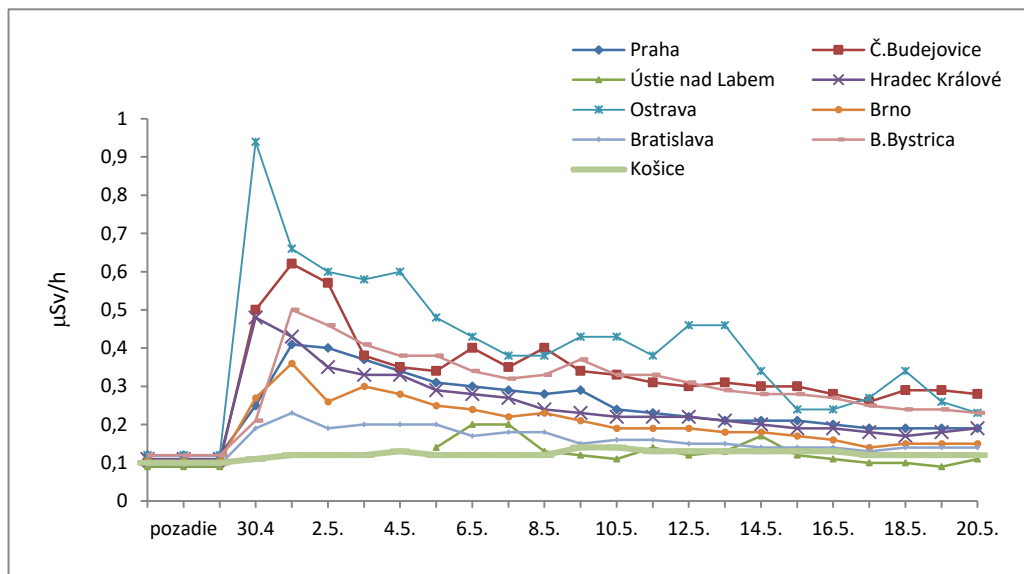


odporúčaných WHO a MAAE. Vypočítané dávky pre obyvateľa ČSSR boli hlboko pod hodnotami pre zavedenie neodkladných ochranných opatrení (ukrytie, evakuácia a obmedzenie pohybu na voľnom priestranstve) odporúčanými ICRP 40 a implementovaných aj v príručke pre civilnú obranu CO-51-6, preto hlavní hygienici nevydali pokyn na ich zavedenie.

- **Výsledky monitorovania v prvom roku po havárii**

- Príkion dávkového ekvivalentu fotónového žiarenia v prízemnej vrstve atmosféry.

Priemerná hodnota príkonu dávkového ekvivalentu fotónového žiarenia (PDE) v prízemnej vrstve atmosféry v ČSSR je dlhodobo na úrovni 0,1  $\mu\text{Sv/h}$ . Na Slovensku, dlhodobý priemer PDE je v intervale (0,08-0,12)  $\mu\text{Sv/h}$  pre 80% územia. Po prechodoch rádioaktívnych mrakov sa táto hodnota zvýšila prakticky trojnásobne, s miestnymi hodnotami (0,1–0,7)  $\mu\text{Sv/h}$ . Maximálne hodnoty PDE boli namerané na území severnej Moravy, kde pri prechode mraku okolo 1. mája silno pršalo ( $\approx 1,2 \mu\text{Sv/h}$ ). Hodnoty postupne klesali na úroveň 0,2  $\mu\text{Sv/h}$  (koniec mája) a od júla je hodnota PDE na úrovni dlhodobých priemerov pozadia. Na obrázku č.2. sú uvedené hodnoty PDE v prízemnej vrstve atmosféry merané v mesiaci máj na území hlavných miest (Praha, Bratislava) a ďalších 7-ich krajských miest. Pre západočeský kraj nie sú k dispozícii kompletne výsledky za sledované obdobie, ale hodnoty, ktoré boli namerané sa významne neodlišovali od celoštátneho priemeru.



Obr.č.2.: Príkion dávkového ekvivalentu fotónového žiarenia v prízemnej vrstve atmosféry na stabilných monitorovacích miestach RMS ČSSR

- Kontaminácia ovzdušia

Kontaminácia ovzdušia na území ČSSR bola pred haváriou v Černobyle na úrovni stotín  $\text{Bq/m}^3$ . Rádioaktívny mrak a kontaminácia povrchov spôsobili, že kontaminácia ovzdušia v prvých dňoch po havárii mali za následok zvýšenie objemových aktivít gama rádionuklidov vo vzduchu až do  $300 \text{Bq/m}^3$ . V nasledujúcich dňoch bol zaznamenaný výrazný pokles úrovne kontaminácie ovzdušia a od 10. mája boli objemové aktivity menšie ako 1

Bq/m<sup>3</sup>. Pôvodná úroveň, blízka prírodnému pozadiu, bola dosiahnutá približne za 200 dní. Kontrola kontaminácie ovzdušia ďalej prebiehala kontinuálne, odberom aerosólov a spadov.

- Aerosóly

Z prízemnej vrstvy atmosféry boli odoberané aerosóly na filtre veľkoobjemovými odberovými zariadeniami (v prvom období na vybraných lokalitách s frekvenciou odberu 24 hodín). Následne boli filtre gamaspektrometricky vyhodnocované. V prvom týždni, po prechode mraku, sa filtre odoberali na VÚPL v Bratislave, KHS B.Bystrica, MFF UK v Bratislave, ÚRVJT v Košiciach a VÚJE v J.Bohuniciach. Denný medián časového integrálu objemovej aktivity troch základných rádionuklidov v prvom týždni po príchode mraku bol na Slovensku pre <sup>137</sup>Cs : 16,0 Bq/m<sup>3</sup>, pre <sup>131</sup>I : 152,0 Bq/m<sup>3</sup> a pre <sup>132</sup>Te: 117,6 Bq/m<sup>3</sup>. Pre stanovenie celkovej objemovej aktivity jódu bola uskutočnená korekcia, keďže jód sa na filtre absorboval len v aerosólovej forme.

- Spady

Aerosóly vypadávajúce z atmosféry sedimentujú na zemskom povrchu mokrým a suchým spadom. Rádioaktívny spad, ako indikátor kontaminácie ŽP po skúškach jadrových zbraní, sa na vybraných lokalitách SSR odoberal v týždenných a mesačných intervaloch od roku 1961. Po 29.4. 1986 boli suchý a mokrý spad odoberané štandardnou metódou na 12-ich lokalitách Slovenska. V prvom období boli spady odoberané v denných, neskôr v týždenných a mesačných intervaloch. Stanovovala sa sumárna beta aktivita a následne gamaspektrometrickou analýzou bola stanovená koncentrácia jednotlivých rádionuklidov. Rádioizotopy cézia tvorili dňa 03.05. 1986 približne 5 % z celkovej aktivity. Pre porovnanie, kumulatívna hodnota depozitu <sup>137</sup>Cs v dôsledku skúšok s jadrovými zbraňami za obdobie 1962 – 1975, stanovená KHS západoslovenského kraja, bola 2,7 kBq./m<sup>2</sup> v Bratislave a 2,4 kBq./m<sup>2</sup> v lokalite J.Bohunice. Integrálne hodnoty spadu za celé obdobie zvýšenej aktivity vzduchu po havárii v Černobyle, v Bratislave dosiahli hodnotu 1,08 kBq./m<sup>2</sup> a v J.Bohuniciach 1,7 kBq./m<sup>2</sup>.

Na základe výsledkov meraní kontaminácie prízemnej vrstvy atmosféry sa pristúpilo k hodnoteniu obsahu rádioizotopov cézia a jódu aj v tráve, vode a pôde.

- Tráva

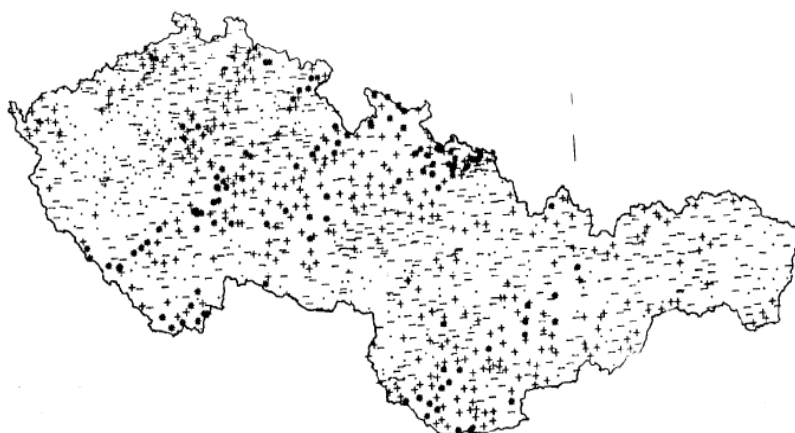
Na celom území SSR sa začalo so zberom čerstvej trávy bez bližšej špecifikácie druhu. V prvom období (od 1.5. do 11.6.1986) bolo z vybraných lokalít na území SSR celkovo odobraných a gamaspektrometricky vyhodnotených 225 vzoriek trávy. Stanovená merná aktivita bola vyhodnocovaná ako denný medián, pričom najvyššia hodnota mediánu objemovej aktivity <sup>131</sup>J bola 66,2 kBq/kg a 2,2 kBq/kg pre <sup>137</sup>Cs. Od 4. mája klesala aktivita zachytená na tráve exponenciálne, s efektívnou dobou polpremeny 4,4 dní pre <sup>131</sup>J a 19,1 dní pre <sup>137</sup>Cs. V polovici júna, hmotnostná aktivita <sup>131</sup>J v tráve SSR bola 0,04 kBq/kg a 0,33 kBq/kg pre <sup>137</sup>Cs.

- Kontaminácia pitnej vody, vodných zdrojov a prameňov

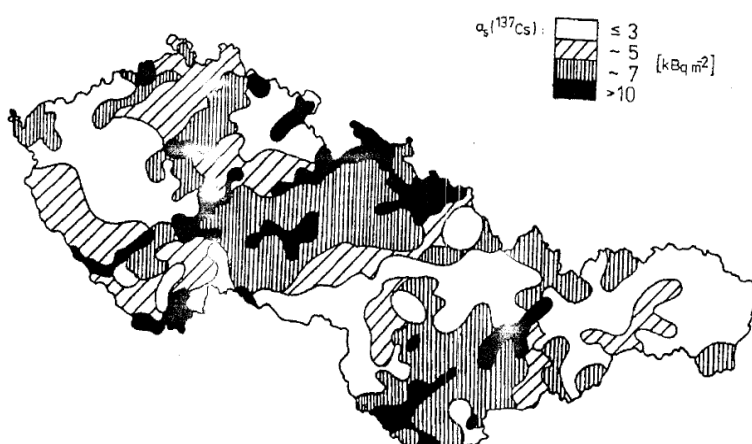
V mesiaci máj boli odobrané vzorky pitných vôd, ako aj neupravených, „surových“ vôd z priehradných nádrží. Odoberané boli aj vzorky z vodných tokov a rybníkov. Na základe nameraných hodnôt objemových aktivít rádionuklidov jódu a cézia (<sup>131</sup>J menej ako 5 Bq/l, <sup>137</sup>Cs menej ako 1Bq/l), kontaminácia zdrojov pitných vôd a prameňov bola nepodstatná.

- Pôdy

Pre zhodnotenie spadú a kontaminácie pôdy bol v dňoch 16. – 18.06.1986 uskutočnený jednorazový odber vzoriek pôd. V ČSSR bolo v tom období 172 okresov v 10 krajoch, v ktorých bolo celkovo odobraných cca 1300 vzoriek pôd, pričom vzorky boli odoberané jednotnou metodikou odberu (plocha 30x30 cm do hĺbky 3 cm) z 10-15 miest na okres, následne jednotnou metodikou spracovávané a gamaspektrometricky vyhodnocované. Stanovené merné aktivity boli prepočítané na plošné aktivity. Na obrázku č.3 je uvedená zemepisná distribúcia plošnej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  a na obrázku č.4 je uvedená priemerná plošná aktivita pre jednotlivé oblasti republiky. Miestne rozdiely v zrážkach v čase prechodu jednotlivých mrakov (zdroj SHMU) však mali za následok veľmi nerovnomernú kontamináciu, až rádové rozdiely aj na malé vzdialenosti (niekoľko km).



Obr.č.3.: Kartogram plošnej aktivity  $^{137}\text{Cs}$   
 (. < (0-1)Bqm<sup>-2</sup>, - < 3 Bqm<sup>-2</sup>, + < 10 Bqm<sup>-2</sup>, \* < 30 Bqm<sup>-2</sup>, # > 30 Bqm<sup>-2</sup>)

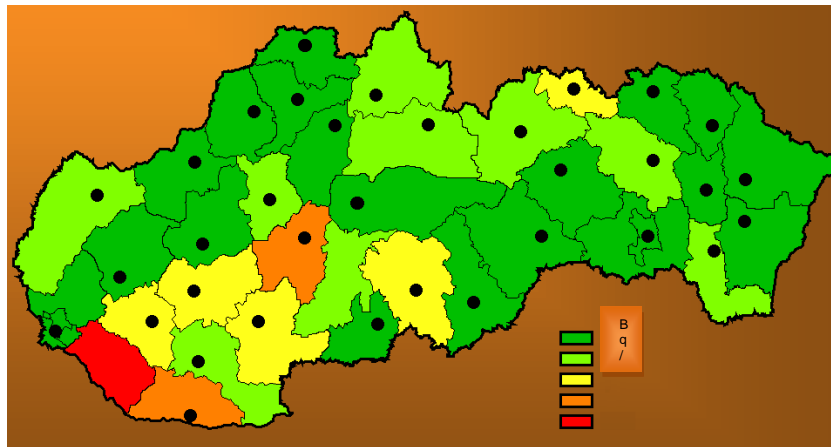


Obr.č.4.: Priemerná plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$  pre jednotlivé oblasti ČSSR.

Medián plošnej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v jednotlivých krajoch ČSSR sa pohyboval v intervale (1,29 – 4,63) kBq/m<sup>2</sup> a  $^{134}\text{Cs}$  v intervale (0,79 – 1,9) kBq/m<sup>2</sup>. Priemerná plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$

v ČSSR bola na úrovni 4 kBq/m<sup>2</sup> a stanovené hodnoty plošnej aktivity sa pohybovali v intervale od 0,1 kBq/m<sup>2</sup> do 30 kBq/m<sup>2</sup>. V SSR kontaminácia pôdy bola tiež značne nerovnomerná. Priemerná plošná aktivita <sup>137</sup>Cs v pôdach SSR bola 2,22 kBq/m<sup>2</sup> (západoslovenský kraj: 2,59 kBq/m<sup>2</sup>, stredoslovenský kraj: 2,1 kBq/m<sup>2</sup>, východoslovenský kraj: 1,99 kBq/m<sup>2</sup>), pričom najvyššie merné aktivity boli stanovené pre územie Žitného ostrova a v strednom Pohroní, kde pri prechode kontaminovaných más boli silné dažďové zrážky. Na obrázku č.5 je uvedená plošná kontaminácia územia SR v júni 1986. V dňoch 27. – 29.6.1986 bolo vykonané aj letecké monitorovanie vybraných oblastí SSR a jeho výsledky sú tiež v súlade s kontamináciou pôdy stanovenej z priamych odberov vzoriek.

Na základe meraní bolo odhadnuté, že na územie ČSSR spadlo približne 1% rádioaktívnych látok z úniku v Černobyle.



Obr.č.5.: Plošná kontaminácia územia SR rádionuklidom <sup>137</sup>Cs v júni 1986

- **Potravinový reťazec**

V dôsledku kontaminácie pôdy a listového porastu, od 1. mája na celom území ČSSR sa pristúpilo k monitorovaniu obsahu rádionuklidov v jednotlivých zložkách potravinového reťazca.

- Mlieko

So sledovaním kontaminácie kravského mlieka na Slovensku sa začalo 1.5.1986. V prvom týždni (od 1.5.do 9.5.1986) sa sledovalo prevažne surové, nespracované mlieko priamo so ŠM, resp. JRD v nepravidelnej sieti. Na základe gamaspektrometrickej analýzy bola vo vzorkách mlieka stanovená objemová aktivita radiotoxikologicky závažných rádionuklidov (<sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs, <sup>131</sup>J). Z nameraných hodnôt boli pre jednotlivé dni počítané mediány a ich štandardné odchýlky pre jednotlivé kraje a pre celé územie Slovenska. V tabuľke č. 5. je uvedený prehľad kontaminácie kravského mlieka rádionuklidom <sup>131</sup>J v prvom týždni po prechode vzdušných kontaminovaných más.

kraj	<sup>131</sup> J [Bq/l]	
	min	max
západoslovenský	256	539
stredoslovenský	530	2700
východoslovenský	932	3800

Tab.č.5.: Objemové aktivity <sup>131</sup>J v kravskom mlieku v období od 1.5. do 9.5.1986

Koncentrácia <sup>137</sup>Cs v kravskom mlieku bola v prvých dňoch na úrovni desiatok Bq/l. Od 9.5.1986, v spolupráci so Štátnou veterinárnou správou (ŠVS) bol zabezpečený odber mlieka v pravidelnej sieti mliekarenských výrobní na území SSR a odoberané bolo mlieko určené do obchodnej siete na priamu spotrebu. Podľa časového priebehu možno pozorovať fázu nárastu koncentrácie v kravskom mlieku s dosiahnutým maximom (celoslovenské priemery: <sup>131</sup>J: 833 Bq/l, <sup>137</sup>Cs: 216 Bq/l) okolo 8.5. a 12.5.1986 a s následným exponenciálnym poklesom u jódu s polčasom približne 4,4 dňa, u cézia s efektívnym polčasom 11,4 dňa. Nárast objemovej aktivity v kravskom mlieku bol rozdielny v jednotlivých oblastiach SSR čo súviselo s obdobím prechodu zo zimného krmenia na použitie zelených krmív, resp. paše. Nárast objemovej aktivity rádionuklidov cézia v kravskom mlieku bol ďalej pozorovaný znovu počas zimných mesiacov roku 1986 a začiatkom roku 1987. Dôvodom bolo zrejme skrmovanie zásob a nerovnomerná kontaminácia krmiva v období žatvy.

S ohľadom na významnosť konzumácie mlieka vo výžive obyvateľstva, pre odhad záťaže obyvateľstva bol na základe všetkých nameraných koncentrácií stanovený medián časového integrálu <sup>131</sup>J (26,13 Bq.rok.l<sup>-1</sup>) a <sup>137</sup>Cs (14,17 Bq.rok.l<sup>-1</sup>).

Od 9.5.1986 bola zabezpečená aj kontrola mliečnych výrobkov z kravského mlieka (smotana, maslo, jogurt, tvaroh). Vo výrobkoch z kravského mlieka najvyššie priemerné hodnoty boli ≈ 800 Bq/l boli zaznamenané v období od 5.5. do 16.5.1986. U žiadneho analyzovaného výrobku nebola prekročená zásahová úroveň 2000 Bq/kg, resp. 2000 Bq/l pre nápravné opatrenia.

Závažnejšia situácia bola pri produkcii ovčieho mlieka a výrobe ovčích syrov a bryndze. Vzorky ovčieho mlieka a výrobkov z neho boli odoberané zo salašov JRD a ŠM v rovnakom časovom úseku ako kravské mlieko. Celkovo bolo vyšetrených rádovo stovky vzoriek na obsah rádioizotopov jódu a cézia. V tabuľke č. 6 sú maximálne a minimálne koncentrácie jódu a cézia v ovčom mlieku a jeho výrobkov namerané v prvom období.

Nuklid	[Bq.l <sup>-1</sup> /kg <sup>-1</sup> ]					
	mlieko		hrudka		bryndza	
	min	max	min	max	min	max
<sup>131</sup> J	150	75000	180	70000	200	3500
<sup>137,134</sup> Cs	170	500	150	900		130

Tab.č.6.: Objemové (hmotnostné) aktivity <sup>137,134</sup>Cs a <sup>131</sup>J v ovčom mlieku a výrobkoch.

Kontaminácia ovčieho mlieka a bryndze postupne klesala a v prvých júnových dňoch priemerná aktivita <sup>131</sup>J v ovčom mlieku bola 200 Bq/l a v bryndzi 100 Bq/kg.

Už prvé hodnotenie kontaminácie ovčieho mlieka a výrobkov ukázalo na možnosť prekročenia limitov pre príjem  $^{131}\text{J}$ , preto boli pripravené pre hlavného hygienika SSR podklady na zavedenie nápravných opatrení.

- Mäso

Od mája 1976 do apríla 1987, v spolupráci so štátnou veterinárnou službou, sa v mesačných intervaloch začalo s odberom a následným vyhodnocovaním obsahu rádionuklidov v rôznych druhoch mäsa. V tomto období boli odoberané vzorky hovädzieho, bravčového, baranieho mäsa, ako aj hydiny a diviny (celkový počet vyhodnotených vzoriek 517). Z nameraných hodnôt boli pre daný mesiac spočítané mediány hmotnostnej aktivity. Dynamika zmien aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v odobraných vzorkách hovädzieho a bravčového mäsa bola rozdielna z dôvodu spôsobu ich kŕmenia. V SSR, najvyššia stanovená priemerná hodnota hmotnostnej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  u hovädzieho mäsa bola 47 Bq/kg, u bravčového 40 Bq/kg. V marci 1987 priemerný obsah  $^{137}\text{Cs}$  poklesol na 27 Bq/kg. V baraňom mäse priemerný obsah  $^{137}\text{Cs}$  neprekročil počas celého sledovaného obdobia 90 Bq/kg a u diviny 250 Bq/kg, čo bolo dôvodom pre odporúčanie kontroly spotreby diviny obyvateľstvom SR. V mäse z hydiny, v sledovanom období, bol obsah  $^{137}\text{Cs}$  nižší ako 20 Bq/kg. U všetkých sledovaných druhoch mäsa, maximálne hodnoty koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  boli zaznamenané v zimných mesiacoch, kedy boli zvieratá kŕmené spracovanou zelenou hmotou, zozbieranou v prvých mesiacoch po havárii. K odhadu záťaže obyvateľstva z príjmu  $^{137}\text{Cs}$  mäsom, na základe nameraných hodnôt a stanovených mesačných mediánov hmotnostnej aktivity v jednotlivých typoch mäsa, bol stanovený časový integrál pre hovädzie mäso 13,3 Bq.rok/kg, pre bravčové 19,9 Bq.rok/kg, pre baranie 28,4 Bq.rok/kg a pre divinu 38,0 Bq.rok/kg.

- Zelenina

Výber analyzovaných vzoriek sa riadil sezónnym zberom v jednotlivých krajoch a merné aktivity sa líšili podľa druhu zeleniny a podľa spôsobu ich pestovania. Zvýšený obsah rádionuklidov sa prejavil najmä u listovej zeleniny (špenát, šalát) v dôsledku spadu. V období od 5.5.1986 do 17.5.1986 boli zmerané rádovo stovky vzoriek rôznych druhov zeleniny. Do 10. mája sa priemerné hodnoty v neumytej zelenine pohybovali v rozmedzí niekoľko stoviek až tisícov Bq/kg. Ojedinele boli namerané koncentrácie  $^{131}\text{J}$  do 8000 Bq/kg v šaláte a špenáte, po 10.5. koncentrácia  $^{131}\text{J}$  v zelenine klesala a koncom mája bola na úrovni jednotiek Bq/kg. Priemerný obsah  $^{137}\text{Cs}$  v zelenine neprekročil hodnotu 200 Bq/kg. V zelenine, ktorej vegetačné obdobie je neskôr ako v máji, namerané koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  boli menšie ako 10 Bq/kg. Na základe výsledkov meraní kontaminácie zeleniny (špenát, šalát) bol vypočítaný časový integrál mernej aktivity zeleniny 65,3 Bq.rok.kg<sup>-1</sup> pre  $^{131}\text{J}$  a pre  $^{137}\text{Cs}$  6,3 Bq.rok/kg. V septembri 1986 bol uskutočnený jednorazový prieskum obsahu rádionuklidov v zemiakoch. Vo všetkých analyzovaných vzorkách (38 vzoriek) bola koncentrácia  $^{137}\text{Cs}$  pod hodnotou 5 Bq/kg.

- Obilie

Na území SSR bolo odobraných v čase žatvy (júl, august 1986) 492 vzoriek rôznych druhov obilnín. Odber bol uskutočnený jednorazovo, prostredníctvom okresných HS v poľnohospodárskych nákupných strediskách v počte 4 – 6 vzoriek pšenice, 1 – 2 vzorky raži a 3 – 5 vzoriek jačmeňa z každého okresu. Frekvenčná analýza nameraných aktivít  $^{137}\text{Cs}$  v sledovaných obilninách vykazovala logaritmicke-normálne rozdelenie hodnôt v súbore dát z celého územia republiky. Priemerný medián mernej aktivity  $^{137}\text{Cs}$  pre SSR bol pre raž na

úrovni 21,1 Bq/kg, pre pšenicu 14,6 Bq/kg a pre jačmeň 3,6 Bq/kg. Najvyššie hodnoty mediánov boli u všetkých druhov obilnín nájdené v západoslovenskom kraji. Pri porovnaní s mapou kontaminácie pôdy rádionuklidom  $^{137}\text{Cs}$  je vidieť dobrú zhodu.

- Ovocie

Vzhľadom na pomerne vysokú priemernú spotrebu ovocia u jednotlivca v SSR, zvýšená pozornosť bola venovaná sledovaniu kontaminácie predovšetkým jarných druhov ovocia. V období od 5.5. do 27.7. 1986 bolo analyzovaných 1048 vzoriek ovocia (23 druhov) a 58 vzoriek ovocných produktov (kompóty, sirupy, vína). Obsah cézia v ovocí bol relatívne nízky a priemerné hodnoty pre jednotlivé druhy sa pohybovali v rozpätí (7 – 30) Bq/kg. Hodnoty vyššie ako 100 Bq/kg boli zaznamenané len u ríbezlí a v lesných plodoch. Relatívne vysoké koncentrácie  $^{137}\text{Cs}$  boli namerané vo vzorkách húb a niektorých druhov liečivých rastlín, čo viedlo k prísnejšej kontrole, aj keď ich ročný príjem konzumom je veľmi nízky.

## 5. Nápravné opatrenia

Havária jadrového zariadenia prekvapila svojim rozsahom nielen širokú verejnosť, ale aj odborníkov. Je však potrebné zdôrazniť, že aj v tvrdých podmienkach, ktoré v tomto období u nás vládli, sa potvrdila veľmi dobrá pripravenosť jednotlivých zložiek monitorovacej siete, predovšetkým hygienickej služby v ČSSR.

Pri hodnotení aktuálnej radiačnej situácie na našom území, vo vzťahu k potrebe zavedenia neodkladných, resp. následných protiopatrení, bolo nevyhnutné zvažovať, na základe zhromaždených údajov o množstve a type uvoľnených rádionuklidov a príkone dávkového ekvivalentu vonkajšieho žiarenia, mieru potenciálneho ožiarenia jednotlivca a pripraviť pre jednotlivé fázy havárie zásahové úrovne dávok, vyjadrené vo veličinách priamo porovnateľných s výsledkami merania v zložkách monitorovacej siete.

Výsledky prvých analýz viedli k záverom, že v prvom období nebolo potrebné zaviesť ochranné opatrenia typu ukrytie, alebo evakuácia, ktoré by obmedzovali, alebo narušovali život občanov a uspokojovanie ich potrieb.

V nasledujúcich dňoch, po prvej fáze havárie, sa pozornosť presunula na posúdenie miery kontaminácie vzduchu, pôd a potravinového reťazca. V tejto prechodnej fáze po havárii boli sformulované odvodené zásahové úrovne pre zavedenie potrebných protiopatrení týkajúcich sa vylúčenia mlieka, mäsa, zeleniny, ovocia a bryndze kontaminovaných rádionuklidmi  $^{131}\text{J}$  a  $^{137}\text{Cs}$  z priamej konzumácie. Tieto zásahové úrovne boli porovnané s odporúčaniami MAAE a boli rozhodujúcim prvkom pri zavádzaní protiopatrení na ochranu zdravia. Zásahové úrovne, vypočítané z údajov monitorovacej siete, určili horné hranice kontaminácie jednotlivých potravín, ktorých presiahnutie viedlo k okamžitému stiahnutiu z distribúcie, alebo k zavedeniu jódovej profylaxie. Vládnou havarijnou komisiou boli následne, od 3.5.1986 prijaté ochranné opatrenia:

- zákaz priamej spotreby ovčieho mlieka až do odvolania,
- likvidácia srvátky a žinčice po výrobe syra,
- zavedenie jódovej profylaxie pre 2341 pracovníkov salašov na Slovensku,
- vylúčenie z distribúcie mlieka a bryndze s koncentráciou  $^{131}\text{J}$  nad 1000 Bq/l,
- zavedenie opatrení na zníženie obsahu rádionuklidov v detskej mliečnej výžive,

- zníženie spotreby zelených krmovín v kŕmnej dávke dojníc a zvýšenie podielu konzervovaných krmív,
- dodržiavanie hygienických zásad pri konzumácii čerstvej zeleniny,
- regulácia konzumácie mäsa zo zveriny,
- zabezpečenie mokrého čistenia komunikácií v meste,
- zabezpečenie výmeny filtrov vo vzduchotechnických zariadeniach,
- prechodné zastavenie výroby liekov z čerstvých hovädzích štítnych žliaz,
- obmedzenie preventívnych rádiodiagnostických vyšetrení na dobu jedného roku.

## 6. Radiačná záťaž obyvateľstva

Zásady postupu pre hodnotenie radiačnej situácie v prípade havárie jadrových zariadení pripravili odborníci z celého sveta spoločne, už niekoľko rokov pred černobyľskou haváriou. Tieto zásady boli spracované do odporúčaní WHO a MAAE. V zmysle týchto zásad, nie je potrebné prijať opatrenia na obmedzenie pohybu obyvateľstva vo voľnom priestore a regulovať spotrebu kontaminovaných potravín a vody, ak dávka z vonkajšieho a vnútorného ožiarenia neprekročí hodnotu 50 mSv. Evakuácia obyvateľstva z kontaminovaných území by sa mala realizovať pri prekročení zásahovej úrovni 500 mSv.

Pre odhad ožiarenia populácie v ČSSR boli zohľadnené všetky cesty expozície jednotlivými významnými rádionuklidmi, s využitím modelov odhadu dávkového ekvivalentu v najviac ožiarenom tkanive a efektívneho dávkového ekvivalentu vo vzťahu k výskytu neskorých somatických a genetických účinkov. Dávkové ekvivalenty obdržané v dôsledku externého ožiarenia, inhalácie a ingescie boli odhadnuté z nameraných hodnôt príkonov dávkového ekvivalentu v ovzduší a koncentrácií aktivít rádionuklidov v pitnej vode, potravinách a poľnohospodárskych produktoch. Pri odhadoch bol zohľadnený prehľad spotreby potravín za rok, v závislosti od veku, s využitím publikovaných prevodových faktorov pre jednotlivé rádionuklidy (UNSCEAR).

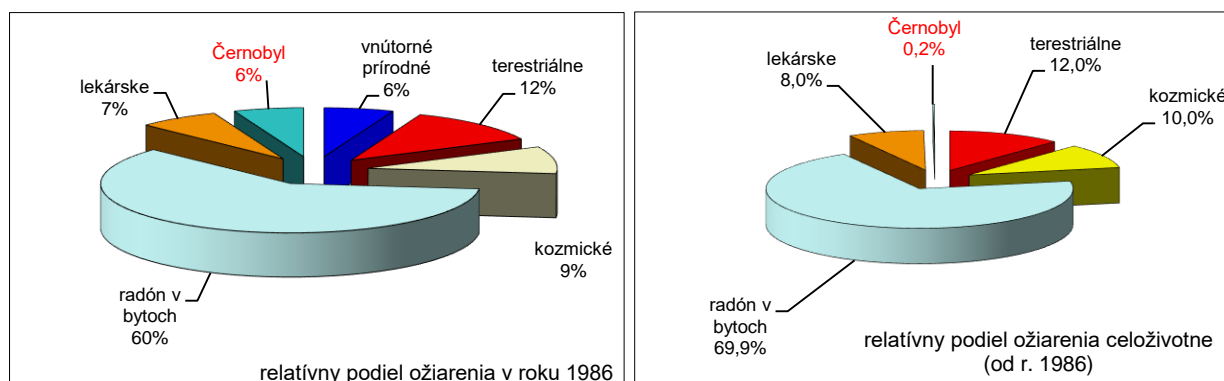
Efektívna dávka, odhadnutá na základe príspevkov zo všetkých hlavných zdrojov expozície v prvom období (od 30.4. do 10.6.1986), bola pre priemerného dospelého jedinca z populácie SR stanovená na 0,12 mSv z vonkajšieho ožiarenia, 0,23 mSv z  $^{131}\text{J}$  a 0,10 mSv zo  $^{134},^{137}\text{Cs}$ . Celková radiačná záťaž bola v tomto období po havárii hlboko pod prahom dávok spôsobujúcich bezprostredné poškodenie ľudského organizmu. Pre porovnanie, efektívny dávkový ekvivalent expozície obyvateľstva SSR v dôsledku havárie černobyľskej elektrárne, vypočítaný pre prvé obdobie, predstavuje zhruba jednu štvrtinu dávky, ktorú obdrží v priebehu roka z prírodného pozadia. Individuálna záťaž dospelých a detí do 14 rokov z jednotlivých foriem ožiarenia v období od 1.5.1986 do 1.5.1987 je uvedený v tabuľke č.7.

Zdroj ožiarenia	Individuálna dávková záťaž [ $\mu\text{Sv}$ ]	
	deti	dospelí
Vonkajšie	<b>70</b> (52 – 87)	<b>70</b> (52 – 87)
Inhalácia	<b>40</b> (32 – 48)	<b>27</b> (22 – 32)
Ingescia	<b>245</b> (150 – 491)	<b>126</b> (77 – 241)
spolu	<b>364</b> (234 – 627)	<b>223</b> (151 – 360)

Tab.č.7.: Individuálna záťaž dospelých a detí do 14 rokov v prvom roku po havárii



Napriek tomu, že odhad efektívnych dávok obyvateľstva a predpovedí časového vývoja boli značne konzervatívne, získané hodnoty ležali hlboko pod hodnotami, pre ktoré boli odporúčané protipatrenia. Na obrázku č. 6 sú uvedené relatívne príspevky jednotlivých zdrojov ožiarenia v roku 1986 a celoživotne, od roku 1986.



Obr.č.6.: Relatívny podiel ožiarenia v roku 1986 a celoživotne (od 1986)

Riziko neskorých (stochastických) účinkov poškodenia zdravia našej populácie, konkrétne na zvýšenie pravdepodobnosti úmrtí na zhubné nádorové ochorenia v nasledujúcich 30-tich rokoch po havárii bolo prognózované na základe kolektívnej dávky v SR a koeficientu rizika publikovaného v ICRP 82. Predpokladaný počet úmrtí v dôsledku expozície po havárii je 13, čo predstavuje 0,4 úmrtia za rok.

Hodnotenie situácie v ČSSR (SSR) a podniknuté opatrenia boli plne v súlade so závermi porady expertov WHO (1986) a bolo potvrdené aj v medzinárodných odborných kruhoch.

## 7. Záver

Štúdiu vplyvu ionizujúceho žiarenia na obyvateľstvo ČSSR bola venovaná dostatočná pozornosť odbornej verejnosti a bilancia zdravotných následkov sumárne predložená v publikácii umožňuje nasledovné závery:

- úroveň radiačnej záťaže zo všetkých ciest expozície vylučuje možnosť vzniku syndrómu akútneho ožiarenia a vzniku deterministického poškodenia zdravia na území SSR,
- návrhy na opatrenia spojené s obmedzovaním vychádzok tehotných žien, obmedzovanie cestovania a pobytov v prírode boli odborníkmi odmietnuté ako nezdôvodniteľné a skôr vedúce k poškodzovaniu zdravia. Taktiež hromadná distribúcia jódomých preparátov bola výslovne odmietnutá, s výnimkou skupiny pastierov oviec na Slovensku.
- stochastické poškodenie zdravia v dôsledku ožiarenia z kontaminovaného ŽP po havárii nie je možné kauzálne preukázať, nakoľko tvorilo zhruba 1/4 prírodného pozadia,
- pravdepodobnosť dodatočných úmrtí v dôsledku nádorových ochorení v priebehu 30-tich rokov po havárii (0,4 úmrtia za rok) na pozadí rádovo 100-viek spontánne sa vyskytujúcich nádorových ochorení u našej populácie taktiež nie je možné epidemiologicky ani klinicky preukázať
- skúsenosti získané z černobyľskej havárie poukazujú na skutočnosť, že psychosociálne dôsledky havárie mnohokrát prevýšili reálnu zdravotnú ujmu.

- miera strachu a nedôvera zapríčinená nedostatočnou informovanosťou obyvateľstva a šírením neodborných, skreslených a rozporných informácií, spôsobených nesprávnym výkladom fyzikálnej podstaty, používaním rôznych veličín a jednotiek, bola naprosto neúmeraná potenciálnym zdravotným rizikom v dôsledku ožiarenia.
- možno konštatovať, že z hľadiska ochrany zdravia pred ožiareními boli u nás podniknuté všetky rozumné opatrenia, potvrdené odbornými medzinárodnými organizáciami.

## SKRATKY

DNA	- dezoxiribonukleová kyselina
HŽ	- Hygiena žiarenia
ICRP	- International Commission for Radiological Protection
IŽ	- ionizujúce žiarenie
JEZ	- jadrovoenergetické zariadenie
JRD	- Jednotné roľnícke družstvo
KHS	- Krajská hygienická stanica
KRH	- Komisia pre radiačné havárie
MAAE	- Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MPVŽ	- Ministerstvo poľnohospodárstva a výživy
MNLVH	- Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva
PD	- príkon dávky
PDE	- príkon dávkového ekvivalentu
RAL	- rádioaktívna látka
SHMU	- Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave
ŠM	- Štátny majetok
ŠVS	- Štátna veterinárna správa
UNSCEAR	- United Nations Scientific Committee for the Effects of the Atomic Radiation
URVJT	- Ústav rádioekológie a využitia jadrovej techniky
VHK	- Vládna havarijná komisia
ZIŽ	- zdroje ionizujúceho žiarenia
WHO	- World Health Organization

## LITERATÚRA

ICRP 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Vol.37, No.2-4-2007, ISSN 0146-6453, ISBN 978-0-7020-3048-2

ICRP 115: Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon. Vol.40, No.1 2010, ISSN 0146-6453, ISBN 978-0-7020-4977-4

UNSCEAR 1982: Sources, Effects and Risk of Ionizing Radiation. ISBN 92-1-142143-8, 0900P

UNSCEAR 2008: Effects of Atomic Radiation.. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. VOLUME I. UNITED NATIONS. New York, 2010

IAEA Safety Reports INSAG-7, The Chernobyl Accident, Safety Series No. 75- INSAG-7, Viena, 1992

Safety Reports Series No.2 „Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries“, IAEA, Vienna 1998

Klener V. a kol.: Princípy a praxe radiační ochrany. ISBN 80-238-3703-6, SUJB Praha, 2000

Cabáneková, H., Vladár, M.: The monitoring of the air contamination in the territory of Slovak Republic. J. Radioecol. Vol. 6, 3-8, 1998.

Vladár M., Nikodemová D.: Zásahové a odvodené zásahové úrovne pri radiačných haváriách, VÚPL, 1988

Některé výsledky monitorování následků černobylské havarie v ČSSR, 1988

Správa o radiačnej situácii v SSR po havárii černobyľskej jadrovej elektrárne, VÚPL, 1987

Zpráva o radiační situaci na území Československa po havárii jaderné elektrárny Černobyl. IHE Praha, 1990