

20 let od havárie v Černobylu - fakta a souvislosti

Obsah:	strana
Nárůst rakoviny štítné žlázy po havárii v Černobylu. Zkušenosti a poučení z katastrofy Christine Frenzel, Edmund Lengfelder	3
Zvýšení výskytu karcinomu štítné žlázy u dospělé populace v zemích středně těžce postižených černobylyským radioaktivním spadem Stefan Mürbeth, Milena Roušarová, Hagen Scherb, Edmund Lengfelder	11
Thyroid cancer has increased in the adult populations of countries moderately affected by Chernobyl fallout Stefan Mürbeth, Milena Rousarova, Hagen Scherb, Edmund Lengfelder	19
Černobyl: změna sex ratio u českých novorozenců v listopadu 1986 MUDr. Miroslav Peterka, CSc.	27
Chernobyl: prenatal loss of four hundred male fetuses in the Czech Republic Miroslav Peterka, Renata Peterková, Zbyněk Likovský	31
Havárie v Černobylu v kontextu společensko-politického vývoje Mgr. Dana Kuchtová	37
Černobyl - situace po 20. letech Václav Vašků	43
Pozvánka na seminář	49
Sdružení Jihočeské matky	50

Foto na obálce: Václav Vašků

Titulní strana:

Město duchů. Před havárií v Černobylu bylo město Pripjat chloubou Sovětského svazu. Necelé 3 kilometry od Černobylu zde žilo téměř 48 000 lidí, z nichž většinu živila právě atomová elektrárna. Dnes Pripjat připomíná město duchů. Panenky v mateřské školce stále leží tak, jak je děti odložily. Dětská plynová maska je krutým paradoxem: týden před havárií zde totiž bylo cvičení, při němž se děti učily používat ochranné pomůcky pro případ radioaktivního nebezpečí. V osudný den však na příkaz stranického vedení nebyla použita ani jediná maska.

20 let po Černobyli:

Nárůst rakoviny štítné žlázy po havárii v Černobyli Zkušenosti a poučení z katastrofy

Christine Frenzel, Edmund Lengfelder
únor 2006

Před dvaceti lety, 26. dubna 1986, došlo v ranních hodinách k nejtěžší katastrofě v dějinách jaderné energetiky - čtvrtý blok jaderné elektrárny v Černobyli explodoval. Už 36 hodin po explozi pronikly kontaminované vzdušné masy do Skandinávie. 29. 4. 1986 kolem 18. hodiny překročily radioaktivní vzdušné masy hranici mezi Českou republikou a Bavorskem.

Doba uvolňování radioaktivních látek u explodovaného reaktoru byla deset dní. Směry větru a větrné poměry se stále měnily. Tím došlo k rozdělení radioaktivního spadu ze 70% do Běloruska a z 15% v Ukrajině a v Rusku. Lokální dešťové srážky způsobily nerovnoměrné rozdělení radionuklidů v postižených oblastech.

V Bělorusku bylo vyhlášeno 7 000 km² plochy za uzavřenou zónu, která podléhá striktní kontrole, na Ukrajině je to 1 000 km² a v Rusku 2 000 km². Dokonce ve vzdálenosti 400 km od reaktoru musely být v okrese Vološin, severozápadně od Minsku, evakuovány některé vesnice, zatímco široké oblasti bližší zdroji zamoření byly kontaminovány méně než některé oblasti v Bavorsku. Spolehlivé mapování kontaminovaných ploch bývalého Sovětského svazu existuje teprve od roku 1989, ovšem jen pro hlavní nuklid Cs-137. V Gomelské oblasti (správní území větší než Bádensko-Würtembersko) byla teprve v roce 1991/1992 v okrese Vetka - 40 km severovýchodně od hlavního města této oblasti Gomelu a ve vzdálenosti 140 km od Černobyli - evakuována velká oblast a vyhlášena za uzavřenou zónu. Lidé ale do té doby byli vystaveni radiaci. Při přesídlení si riziko onemocnění rakovinou „vzali s sebou“.

Podle údajů WHO je počet likvidátorů (lidí, kteří pracovali na odklizení troskek reaktoru, na evakuaci obyvatelstva a hospodářských zvířat, stavbě sarkofágu, mytí míst atd.) asi 800 000. Podle údajů zdravotnických institucí na Ukrajině

tam zemřelo nejméně 15 000 likvidátorů, vysoký je i počet sebevražd. Odhady organizací, které sdružují tyto likvidátory, o počtu obětí jsou výrazně vyšší než oficiální údaje. Při zvážení údajů z různých zdrojů lze vycházet z toho, že od černobylské havárie dodnes zemřelo 50 až 100 tisíc likvidátorů. Podle ruských údajů je dnes většina likvidátorů invalidy a trpí mj. onemocněním krevního oběhu, rakovinou plic, záněty žaludku a střev, nádory a leukémií.

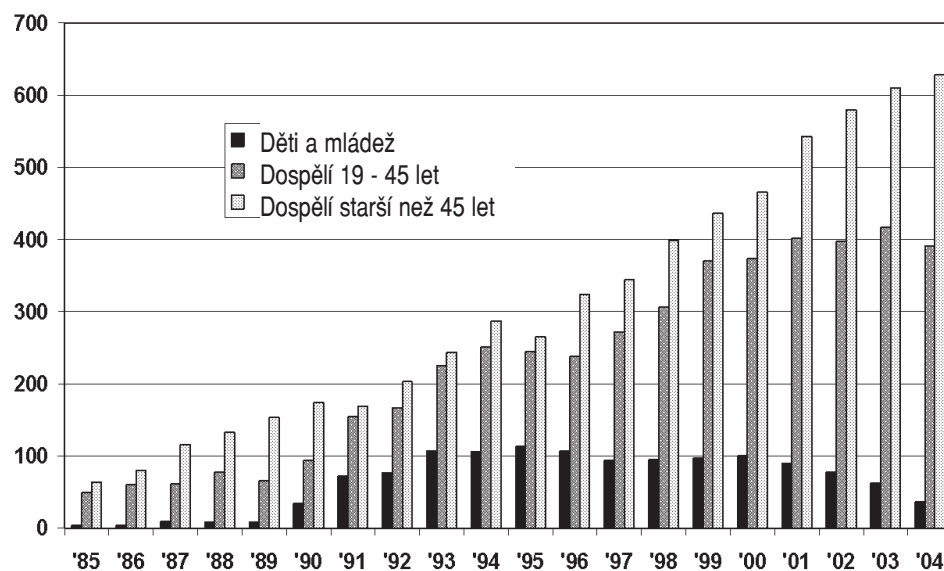
Rakovina štítné žlázy

V Bělorusku byl už na konci roku 1990 zvýšen víc než třicetkrát výskyt rakoviny štítné žlázy u dětí oproti desetileté střední hodnotě před rokem 1986.

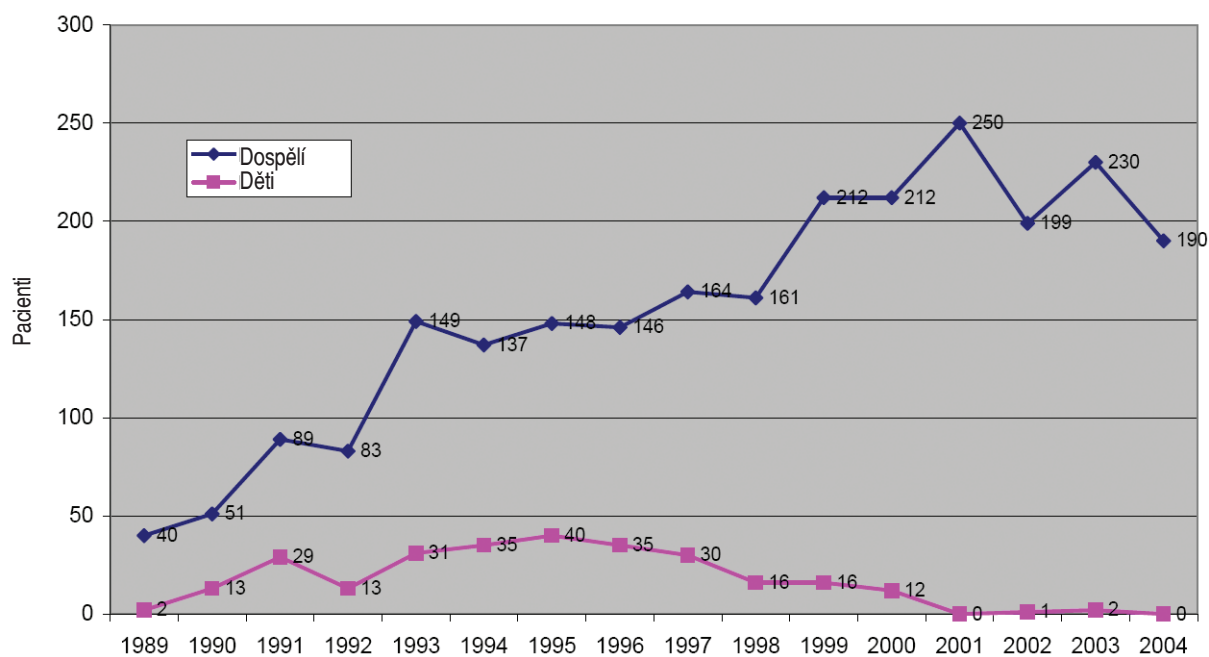
Největší nárůst případů rakoviny štítné žlázy u dětí se vyskytoval v Gomelské oblasti, která byla nejvíc radioaktivně zamořená. Převážná část postižených dětí byla v době havárie mladší než 6 let, víc než polovina byla mladší než 4 roky. V roce 1995 bylo v Bělorusku zjištěno nejvyšší množství nových onemocnění rakovinou štítné žlázy u dětí (0 - 14 let). Již dříve byl zjištěn agresivní růst a rychlé metastázování do jiných orgánů (především do plic). Případy, které se vyskytly byly na histopatologických vyšetřeních identifikovány téměř výhradně jako papilární karcinomy štítné žlázy.

Ostatní druhy nádorů

V důsledku černobylské katastrofy je možné zaznamenat u obyvatelstva především nárůst rakoviny štítné žlázy, masivní nárůst je možné pozorovat i u jiných druhů nádorů a u mnoha jiných nezhoubných onemocnění. V Gomelské oblasti se třikrát zvýšil počet diabetiků u mládeže ve srovnání s obdobím před katastrofou.



Tabulka 1
Výskyt rakoviny štítné žlázy v Bělorusku v letech 1985 - 2004.



Tabulka 2
Nová onemocnění rakoviny štítné žlázy v Gomelské oblasti.

Tabulka 3
Rakovina štítné žlázy v Gomelské oblasti po černobylské katastrofě, Bělorusko. Suma každoročních nových onemocnění u různých věkových skupin. Srovnání pozorovaných časových úseků 13 let před a 13 let po havárii reaktoru.

Věk. skupina	1973-1985	1986-1998	Nárůst
0 - 18	7	407	58x
19 - 34	40	211	5,3x
35 - 49	54	326	6x
50 - 64	63	314	5x
> 64	56	146	2,6x

V Gomelské oblasti se v období mezi roky 1989 až 1999 výrazně zvýšilo množství všech onemocnění rakovinou. V této době se zvýšil počet případů rakoviny z 240,8 na 346 na 100 000 osob, tzn. z nejnižší úrovně výskytu rakoviny na nejvyšší v celém Bělorusku. Největší nárůst rakovinných onemocnění se objevil právě v těch oblastech, které byly nejsilněji zatíženy radiací. U mužů postihovaly nádory nejčastěji plíce, žaludek, kůže a prostatu, u žen to byly především nádory prsu, dělohy, žaludku a kůže.

U rakoviny prsu u žen se v Gomelské oblasti počet onemocnění do roku 2005 ve srovnání s obdobím před rokem 1988 zdvojnásobil. Věk žen, které tato nemoc postihuje, se stále snižuje.

V Gomelské oblasti byl - podle údajů z příslušných klinik - zaznamenán u dětí i u dospělých nárůst u leukémie o cca 50% ve srovnání s obdobím před katastrofou.

Jiné patologie

Už krátce po havárii v Černobylu byl na Ukrajině nápadný silný nárůst patologií, které souvisí s přesídlením lidí. Týkají se především těhotenství a plodnosti. Ve zprávě ukrajinského Ministerstva zdravotnictví o vývoji zdravotnictví v letech 1986-1988 bylo poukázáno na zřejmý úbytek porodů, zvýšený počet potratů a zvýšený počet různých zdravotních problémů s plodností a těhotenstvím.

Zřetelný nárůst onemocnění byl registrován ošetřujícími lékařskými zařízeními v následujících oblastech: všeobecná onemocnění štítné žlázy, onemocnění srdce a oběhové soustavy, onemocnění očí (obzvláště šedý zákal)

Projekty Institutu Otto Huga (Otto Hug-Strahleninstitut) v Bělorusku - 16 let ve službách zdraví, vzdělávání a zlepšování sociální situace

Během několikátýdenní cesty Běloruskem v roce 1990 bylo mně, E. Lengfelderovi a dalším členům německého nestátního institutu Otto Huga (Otto Hug-Strahleninstitut - OHSI) zřejmé, v jakém rozsahu byla tato země a její obyvatelé postiženi radioaktivní kontaminací po černobylské katastrofě 26. dubna 1986.

Zatímco některé mezinárodní organizace se v té době zabývaly tím, že bagatelizovaly již tehdy viditelné následky jaderné katastrofy, a tak blokovaly mezinárodní programy pomoci, rozhodl se Otto Hug-Strahleninstitut (OHSI) poskyto-

vat dlouhodobou pomoc a rozvíjet programy spolupráce.

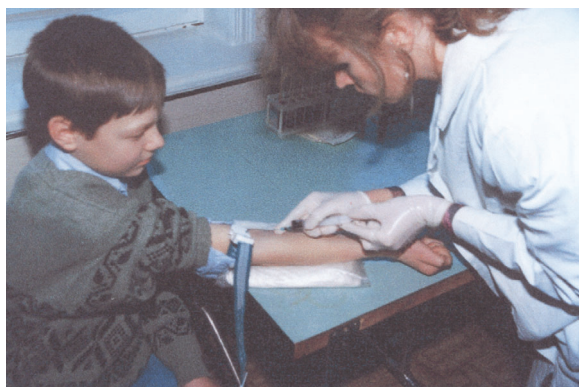
K úkolům a cílům OHSI patří poskytování humanitární pomoci, ochrana zdraví, snaha o zlepšení sociální situace obyvatelstva v situacích, kdy dochází ke vzniku radiologické zátěže. K tomu patří i kvalifikované průzkumy kontaminace a průzkumy poškození zdraví. Jen tak je možné optimálně přizpůsobit ochranná opatření situaci, obzvláště pak vzdělávací opatření a zprostředkování strategií k efektivnímu využívání všech typů zdrojů.

V Institutu Otto Huga pracují společně na dobrovolné bázi odborníci z Německa, ale i odborníci mezinárodní v oborech medicíny, biologie záření, radioekologie, laboratorní techniky, logistiky, ochrany před haváriemi, energetiky aj. Mnozí z nich jsou zaměstnanci univerzit, jejich odborné zaměření přispívá k úspěchu projektů. Je tak zajištěno kvalifikované odborné vedení jednotlivých projektů a pomocných opatření. Přes 90% prováděných projektů a opatření se týká Běloruska. Zde má Institut dobrou infrastrukturu, dobré kontakty a respekt u všech příslušných zařízení státní správy, ale i u obyvatel.

V roce 1991 zahájil Institut několik dlouhodobých výzkumných a lékařských projektů k rakovině a dalším onemocněním štítné žlázy v Bělorusku. Současně byl zahájen program radiační kontroly. Spolupráce v Bělorusku je založena na dlouhodobých smlouvách s ministerstvy a zahrnuje několik univerzit také na západě. Laboratoře a lékařská zařízení v Bělorusku obdržela vybavení a jsou soustavně institutem zásobována tak, aby bylo možné poskytovat lékařské ošetření a zajišťovat doprovodný výzkum.

14 nejdůležitějších projektů:

- Radiometrická kontrola potravin a částí území Běloruska (začátek 1991)
- Centrum štítné žlázy u endokrinologického dispenzáře oblasti Gomel: diagnostika, terapie a dlouhodobá péče po ošetření - všech patologií, včetně rakoviny štítné žlázy (zahájení 1992)
- Patologicko - anatomická laboratoř na onkologickém dispenzáři v Minsku: Přesná histologická diagnostika nádorů štítné žlázy všech dětí a mládeže a mnohých dospělých v Bělorusku. Založení banky tkání.
- Nukleární medicína - terapie radioaktivním jódem - všech případů rakoviny štítné žlázy v Gomelské oblasti na onkologickém dispenzáři v Gomelu (začátek 1996)



Obrázek 1
Odběr krve k vyšetření hodnot štítné žlázy



Obrázek 2
Moderní vybavení laboratoře je předpokladem pro přesné výsledky a pro úspěšné léčení



Obrázek 3
Vyšetření ultrazvukem je v diagnostice štítné žlázy nutností



Obrázek 4
Lékařka nahmatává na krku mladého pacienta zvětšené lymfatické uzliny

- Vzdělávací a pokračovací programy a konzultace v lékařství, lékařské a laboratorní techniky, radioekologie, ochrana před haváriemi, regionální energetické systémy atd. Vybavení a výuka na Mezinárodní Sacharovově univerzitě v Minsku a na jiných školách (zahájení 1991)
- Zřízení kogenerační jednotky (300 kV el.) na řepkový olej, který je obnovitelným zdrojem. Projekt společně s Mezinárodní Sacharovovou univerzitou a okrskem Choiniki (zahájení 2003)
- V přípravě je vzorové zařízení pro vytápění štěpkou - nejmodernější technologie v ekonoenergetickém parku Wolma Sacharovovy univerzity, společně s Rakouskem (zahájení 2005)

Od roku 1993 bylo v projektu „**Centrum rakoviny štítné žlázy Gomel**“ ošetřeno víc než 100 000 pacientů tohoto správního území - jednalo se o ošetření v souvislosti s onemocněními štítné žlázy včetně rakoviny, přičemž bylo provedeno 220 000 krevních analýz pro diagnózu parametrů štítné žlázy.

V „**Histopatologické laboratoři**“ Národního centra pro onemocnění štítné žlázy Běloruska bylo již diagnostikováno víc než 8 200 zhoubných onemocnění štítné žlázy. Bylo připraveno 40 000 patologických preparátů podle mezinárodně platných a akceptovaných standardů. Od roku 1993 vedla úspěšná mezinárodní spolupráce v oblasti patologie a molekulární genetiky rakoviny štítné žlázy k významnému pokroku v pochopení molekulární biologie tohoto onemocnění a ke zřízení tkáňové banky nádorů.

Díky projektu „**Terapie radioaktivním jódem**“ v Gomelu, který byl zahájen v roce 1997, bylo dosud diagnostikováno a provedeno 2 100 ošetrovacích cyklů u pacientů nemocných rakovinou, u kterých dochází k metastázování rakoviny štítné žlázy, především do plic. U mladých lidí je rakovina štítné žlázy velmi agresivní a metastázuje rychle do plic a do kostí. Ve většině případů už není operace metastáz možná. Většina nemocných pochází z Gomelské oblasti. Institut zajišťuje pravidelné dodávky radioaktivního jódu.

Přes 600 odborníků se dále vzdělávalo v rámci „**Projektů dalšího vzdělávání**“, z toho víc než 100 v zahraničí. Dvěma institucím byla předána moderní výrobní zařízení na výrobu infúzních roztoků a speciálních lékových látek.

Od roku 1991 poskytl Otto Hug-Strahleninstitut bezplatnou pomoc Bělorusku v rámci lékař-

ských programů, programů ochrany před ozářením, vzdělávání a vědy v hodnotě víc než 14 milionů euro.

Zdravotní následky havárie na Západě

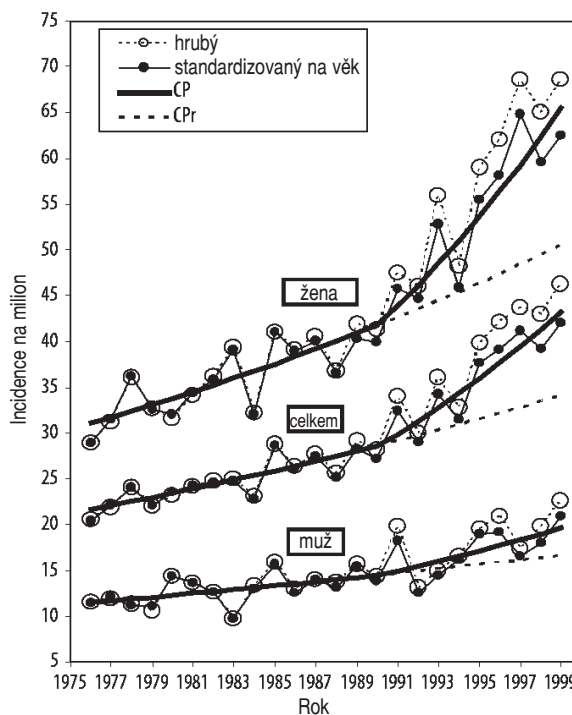
Také na západě existují průkazné zdravotní vlivy Černobylu. Byly provedeny četné výzkumy, které zjišťovaly možný vliv havárie na porodní anomálie a perinatální úmrtnost. Scherb a spolupracovníci srovnávali počet mrtvých novorozenců u dvou skupin obyvatel - jedné ze západní Evropy a jedné z východní Evropy poblíž Černobylu. U obou skupin bylo od roku 1980 možné pozorovat pokles počtu mrtvých novorozenců. To je možné zdůvodnit stálým zlepšováním lékařské péče během těhotenství.

U zkoumané skupiny obyvatel ze západní Evropy se neprojevila žádná nápadná změna. U skupiny obyvatel z východní Evropy se projevil v letech 1986 a 1987 ve srovnání s rokem 1985 zřetelný absolutní nárůst počtu mrtvých novorozenců. V období od roku 1986 do roku 1992 to znamená celkově 1639 mrtvých novorozenců navíc. Výsledky jsou vzhledem k velkému počtu případů vysoce signifikantní. Pouze souvislost s Černobylem je relevantní, pro další důvody neexistují žádné záchytné body.

Scherb a spolupracovníci také zkoumali deset okresů v Bavorsku nejvíce zasažených havárií v Černobyli. Zde překročil počet mrtvých novorozenců očekávanou hodnotu o 45%. Také v letech 1988 a 1989 byly zjištěny signifikantní efekty (cca. 35% zvýšení).

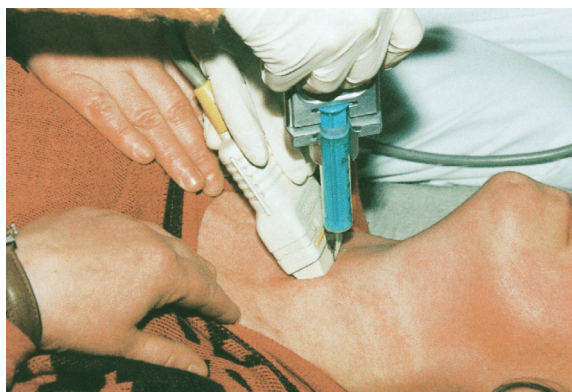
Berlínský Institut pro humánní genetiku zjistil, že 9 měsíců po černobylské katastrofě skokově narostl počet případů mongolismu (trisomie 21) u novorozenců v Berlíně. Z hlediska podchycení případů trisomie 21 byla v době havárie situace v Berlíně epidemiologicky jedinečná. Vzhledem k poloze bývalého západního Berlína - ostrova uzavřeného na území bývalé NDR - mohla být ve velkém časovém úseku evidována četnost prakticky všech prenatalních a postnatalních diagnostikovaných případů a mohla být srovnána se všemi relevantními demografickými faktory.

V desetiletí od ledna 1980 do prosince 1989 byl v západním Berlíně průměr dva až tři případy trisomie 21 měsíčně, zatímco v roce 1987, devět měsíců po černobylské katastrofě, to bylo 12 případů. Po analýze časové posloupnosti bylo možné tento nárůst označit za vysoce signifikantní a nebylo možné ho vysvětlit věkem těhotných nebo dokonalejší předporodní diagnostikou.



Tabulka 4

Výskyt rakoviny štítné žlázy podle věku u žen, mužů a celkově u obyvatelstva v Čechách



Obrázek 5

Uzel nejasného původu na štítné žláze dvaařicetileté pacientky bude s pomocí ultrazvuku připravován k další diagnostice



Obrázek 6

Ve vyšetření „up-take“ bude každému pacientovi určena terapeutická dávka pro optimální působení radioaktivního jódu

Jedinou vážnou příčinou, která přichází v úvahu, je radiální zátěž způsobená havárií v Černobylu. I tady mají nuklidy jódu zvláštní význam, neboť v prvních týdnech po havárii představují podstatnou část radioaktivní dávky, kterou je zasaženo obyvatelstvo.

Pracovní skupina profesora Lengfeldera zkoumala výskyt rakoviny štítné žlázy po Černobylu na Západě. Ačkoli Bavorsko bylo postiženo spadem radioaktivního jódu, musela být studie skutečněna v sousední České republice, protože zde je již dlouho veden rozsáhlý registr onkologických onemocnění, který v Bavorsku dosud chybí. Výzkum výskytu rakoviny štítné žlázy podle věku a pohlaví v České republice je pro časové období 1976 až 1999 ukončen. Studie je pravděpodobně nejrozsáhlejší studií v této oblasti, neboť obsahuje 247 miliónů patientských let. Od roku 1978 až do roku 1999 bylo možné zaregistrovat každoroční nárůst rakovin závislý na věku o 2,1%.

Studie ukázala, že od roku 1988 je možné zaznamenat dodatečný signifikantní nárůst výskytu rakoviny štítné žlázy kolem 2,3% za rok. Kontaminace v České republice způsobená černo-bylským spadem, včetně radiojódu, byla ve srovnání se situací v Bělorusku, na Ukrajině a v Rusku nízká. To mělo za následek jen nízké individuální dávky pro orgány štítné žlázy, vedlo to však k závažné kolektivní dávce pro štítnou žlázu u českého obyvatelstva. Protože je velmi nepravděpodobné, že by v České republice po havárii v Černobylu přicházela v úvahu zvýšená intenzita lékařských pozorování a lepší uchování údajů jako příčina zvýšeného výskytu rakoviny štítné žlázy, jeví se radioaktivní jód z Černobylu pravděpodobnou příčinou tohoto onemocnění. U dospělých se už po několika letech po havárii projevil signifikantní nárůst případů rakoviny štítné žlázy. Je možné se domnívat, že i v Bavorsku došlo k nárůstu rakoviny štítné žlázy. Objasnění této otázky je ostatně obtížné, protože v Německu stále ještě neexistuje žádný registr onkologických onemocnění, který by pokrýval celé území.

Poučení pro Evropu

Zkušenosti z Černobylu ukázaly, že po katastrofě v jaderné elektrárně, bez ohledu na příčinu havárie, by evakuační území mohlo zasahovat až do vzdálenosti 400 km od zdroje, v závislosti na rozsahu katastrofy a podle povětrnostní situace.

Pokud bychom aplikovali situaci z Běloruska na Německo nebo na Evropu, tak bychom mohli vycházet z toho, že by např. v Německu, kde je osídlení sedmkrát až desetkrát hustší, bylo nutno evakuovat 3 až 6 miliónů lidí. Řízená evakuace tolika lidí není možná.

Škody na budovách, hospodářských státcích a odhadované zdravotní škody jsou u jaderných zařízení kryty povinným pojištěním ve výši 2,5 miliard euro. Tato suma je politickým kompromisem, podle mezinárodních studií by pokryla jen 0,1% veškerých škod. Poškození lidé by si museli škody nakonec zaplatit sami.

Je v rozporu s principy etiky a spravedlnosti přenášet rizika a možné škody ze soukromé podnikatelské činnosti (a soukromých zisků) v takovém rozsahu na občany a nepožadovat od energetických koncernů, které provozují jaderné elektrárny, provozní pojištění v rozsahu možných škod, jako je tomu standardně u jiných soukromých podnikatelských oborů.

Můžeme jenom doufat, že politici a občané konečně pochopí vážnost situace, poučí se ze zkušenosti dvaceti let po havárii v Černobylu a začnou jednat. Technické selhání je totiž vždy možné, selhat může i člověk (tzv. lidský faktor), novou hrozbou je i cílený teroristický útok. Politická moudrost a zodpovědnost by nyní měla vést k okamžitému eliminování hrozby způsobené jadernými elektrárnami pro zdraví, ekonomické podmínky a životní podmínky občanů celkově.

Literatura

- BBC 2 am 01.04.1996: Chernobyl - 10 Years on. In der Fernsehreihe: HORIZON (1996)
- Bulgakov, A. und Lengfelder, E.: Aspekte der medizinischen und sozialen Folgen der Tschernobyl-Katastrophe in der Ukraine. In: Neue Bewertung des Strahlenrisikos (Lengfelder, E. und Wendhausen, H. Hrsg.), Münchener Medizin Verlag ISBN 3-8208-1224-4, München, 231-236 (1993)
- Grodzinsky, D. und Lengfelder, E.: Vier Jahre nach Tschernobyl - noch immer sind die Folgen nicht abschätzbar. Deutsches Ärzteblatt 87 (20 A), 1614 - 1620 (1990)
- IAEA (International Atomic Energy Agency): The International Chernobyl Project. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures. Conclusions and recommendations of a report by an international advisory committee. IAEA, Wien, Mai 1991.
- IAEA und WHO: Main Conclusions of the Chernobyl Forum. International Conference: Chernobyl - Looking Back to Go Forwards. Vienna 6-7 September 2005
- Karaoglou, A., Desmet, G., Kelly, G. N. and Menzel, H. G. (eds.): The radiological consequences of the Chernobyl accident. Publication of the European Commission, EUR 16544 EN, Luxembourg, 1996
- Kasakov, V. S., Demidchik, E. P. and Astakhova, L. N.: Thyroid cancer after Chernobyl. Nature 359 (1992), 21

- Klugbauer, S., Demidchik, E. P., Lengfelder, E. and Rabes, H.: Detection of a novel type of RET rearrangement (PTC5) in thyroid carcinomas after Chernobyl and analysis of the involved RET-fused gene RFG5. *Cancer Res.* 58, 198-203, (1998)
- Konoplja, E. F. and Rolevich, I. V. (ed.): The Chernobyl Catastrophe Consequences in the Republic of Belarus. National Report, Ministry of Emergencies, Minsk, 1996
- Lengfelder, E.: Nutzen und Risiko zivilisatorischer Strahlenbelastung. In: Einwirkung der Umwelt auf den Menschen - Auswirkungen auf die Medizin des 21. Jahrhunderts (A. Beck Hrsg.), 41-56, Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften, Bern (2001)
- Lengfelder, E., Demidchik, E., Demidchik, J., Rabes, H., Sidorow, J., Knesewitsch, P. und Frenzel, Ch.: 14 Jahre nach Tschernobyl: Schilddrüsenkrebs nimmt zu. Dramatische Fehleinschätzung internationaler Experten. *MMW-Fortschr. Med.* 41, 353-354 (2000)
- Lengfelder, E., Demidchik, E., Demidchik, J., Sidorov J., Gedewich, S., Birukova L., Osowik, G., Gamolina, L., Prigoschaja, T., Rabes H., Frenzel, Ch.: 10 Years of Chernobyl aid programmes of the Otto Hug Radiation Institute: Treatment and research projects on thyroid cancer in Belarus. 3rd International Conference: Health effects of the Chernobyl accident: Results of 15-year follow-up studies. June 4-8, 2001, Kiev, Ukraine. *Intern. J. Radiat. Med.* 3, 73 (2001)
- Lengfelder, E., Demidchik, E., Demidchik, J., Becker, K., Rabes, H. und Birukowa, L.: 10 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe: Schilddrüsenkrebs und andere Folgen für die Gesundheit in der GUS. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 138 (15) 259-264, (1996)
- Lengfelder, E., Gärtner, R., Stephan, R. und Demidchik, E.: Aus der Tschernobyl-Katastrophe lernen. Jodprophylaxe auf alle Altersstufen ausweiten. *MMW-Fortschr. Med.* 41, 355-356 (2000)
- Lengfelder, E.: Ausschnitt aus einer Analyse der internationalen Berichterstattung zu Tschernobyl-Folgen: Die UN-Organisation WHO, IAEA und UNSCEAR. Otto Hug Strahleninstitut - MHM, München, Informationen 4-01 (2001)
- Lengfelder, E.: Die Bedeutung modifizierender Faktoren für die Erhebung, Bewertung und Verbreitung von Untersuchungsergebnissen über die Folgen der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl. *Berichte des Otto Hug Strahleninstituts, Bonn, Nr. 5* 3-21, ISSN 0941-0791, (1992)
- Lengfelder, E.: Die Folgen von Tschernobyl für Mensch und Umwelt. In: Tschernobyl und kein Ende? (Liebert, W. und Schmithals, F., Hrsg.) 31-39, Agenda Verlag, Münster (1997)
- Lengfelder, E.: Messergebnisse und Bewertung der Strahlenbelastung durch den Reaktorunfall in Tschernobyl. In: *Strahlenwirkung - Strahlenrisiko: Daten, Bewertung und Folgerungen aus ärztlicher Sicht.* 2. erweiterte Auflage, (Lengfelder, E. Hrsg.) 37-68, Ecomed Verlag, München-Landsberg ISBN 3-609-63260-7 (1990)
- Mürbeth, St., Rousarova, M., Scherb, H. und Lengfelder, E.: Thyroid Cancer has increased in the adult populations of countries moderately affected by Chernobyl fallout. *Med. Sci. Monit.* 10, 300 - 306 (2004)
- Nationales Schilddrüsenzentrums der Republik Belarus und Otto Hug Strahleninstitut - MHM: Projekt der histopathologischen Analyse von Schilddrüsentumoren in Belarus nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. 1993 - 2005
- Netschaj, A. and Schumichina, T., Dokumentation der Oblast Klinik Gomel, Staatliches Gesundheitswesen, Belarus 1998
- Prigoschaja T. I.: Entwicklung der onkologischen Erkrankungen im Oblast Gomel nach der Tschernobyl-Katastrophe. (russ.) Internationale Konferenz: Gesundheitliche Folgen der Tschernobyl-Katastrophe: 15 Jahre danach. Gomel, 04.-06. April 2001
- Scherb, H., Weigelt, E. and Brueske-Hohlfeld, I.: European still-birth proportion before and after the Chernobyl accident. *Europ. J. Epidemiology* 28, 932-940 (1999)
- Sperling, K., Dörries, A., Plätke, R., Struck, E., Gaenge, M. und Wegner, R.-D.: Häufung von Trisomie 21 Fällen unter den Neugeborenen Berlins. *Ann. Univ. Sarv. Med.* 7 Suppl. 305-306 (1987)
- Sperling, K., Pelz, J., Wegner, R.-D., Dörries, A., Grüters, A. und Mikkelsen, M.: Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine month after the Chernobyl accident: temporal correlation or causal relation? *British Medical Journal* 309 158-162, (1994)
- United Nations Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, Chapter IV: The Chernobyl Accident. New York (2000)
- United Nations, General Assembly: Strengthening of international cooperation and coordination of efforts to study, mitigate and minimize the consequences of the Chernobyl disaster. Report of the Secretary-General, A/50/1995, New York 1995.
- United Nations, Resolution 913 (X), 3 December 1955, Founding Resolution for UNSCEAR
- World Health Organisation: Health Consequences of the Chernobyl Accident. Results of the IPHECA pilot projects and related national programmes: Summery Report, Geneva 1995

Strana 10:

Mapa zamořených území (Cesium 137)

Kontaminace Ci/km²: 1 - 5 žlutá, 6 - 15 oranžová, 16 - 40 červená, nad 40 tmavě červená. Měřítko 1:2.000.000

Zvýšení výskytu karcinomu štítné žlázy u dospělé populace v zemích středně těžce postižených černobylským radioaktivním spadem

Stefan Mürbeth^{1ABCDG}, Milena Roušarová^{2ABFG}, Hagen Scherb^{3ACDEF}, Edmund Lengfelder^{1ABCDG}

¹ Strahlenbiologisches Institut der Universität München, Německo

² NOR Fakultní nemocnice Plzeň, Česká republika

³ GSF - National Research Centre for Environment and Health, Neuherberg, Německo

Podíl autorů na publikaci:

- A Uspořádání studie
- B Shromažďování dat
- C Statistická analýza
- D Interpretace dat
- E Příprava rukopisu
- F Vyhledávání literatury
- G Shromažďování financí

Zdroj podpory: zdroje z oddělení

SOUHRN

Kontext:

U dětí postižených černobylskou jadernou katastrofou vzrostla incidence karcinomu štítné žlázy. Méně důkazů existuje pro odpovídající efekt u dospívajících a dospělých osob. Registr maligních onemocnění České republiky dává příležitost ke studiu různých činitelů ovlivňujících výskyt karcinomu štítné žlázy.

Materiál a metody:

Z Českého statistického úřadu (ČSÚ) a Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) jsme získali anonymní populační data o incidenci karcinomu štítné žlázy v České republice za roky 1976 - 1999. Tato studie se týká 247 milionů patientských let. Ke zjištění trendů podílů incidence jsou navrženy lineární logistické regresní modely, které umožňují sledovat možné změny podle sklonu (kritické body).

Výsledky:

Od roku 1976 do roku 1999 byl zjištěn rovnoměrný roční vzestup přímo standardizovaného podílu incidence karcinomu štítné žlázy k věku o 2,0 % (95% interval spolehlivosti CI 1,3 - 2,7, $p < 0,0001$). Od roku 1990 jsme pozorovali další významný nárůst incidence karcinomu štítné žlázy o 2,6 % za rok (95% CI 1,2 - 4,1, $p = 0,0003$). Tento efekt (kritický bod) je v podstatě nezávislý na věku, avšak závisí na pohlaví: ženy 2,9 % za rok (95% CI 1,3 - 4,7, $p = 0,0006$), muži 1,8 % za rok (95% CI 1,0 - 4,7, $p = 0,2127$). Odhadované minimální období latence pro populaci jako celek jsou 4 roky.

Závěry:

I když v České republice byl relativně malý spád radioaktivního záření, od roku 1990 se ve všech věkových kategoriích neočekávaně rovnoměrně zrychlila incidence karcinomu štítné žlázy. Je proto nutné se pečlivě podívat na celkovou dávku a na skupinu osob, u kterých byla nízká individuální orgánová dávka, avšak vysoká dávka z hlediska počtu.

Klíčová slova:

kritický bod • černobylská nehoda • podíl incidence • logistická regrese • analýza trendů • karcinom štítné žlázy

Adresa autora:

Dr. rer. nat. Hagen Scherb, GF-National research Centre for Environment and Health, Ingolstädter Landstr. 1, D-85764, Neuherberg, Německo. E-mail: scherb@gsf.de

KONTEXT:

Výbuch jaderného reaktoru v ukrajinském Černobyli 26. dubna 1986 vedl během 10 dní k uvolnění velkého množství radioaktivního materiálu o síle několika stovek megaCurie. Tato radioaktivní kontaminace měla závažné zdravotní důsledky pro celkovou populaci postižených zemí. Například v Bělorusku, na Ukrajině a v České republice (ČR) došlo k významnému nárůstu incidence zhoubných novotvarů (štítné žlázy, plic, žaludku, močového systému, akutní leukémie) [1-4]. Vzhledem k mnohým prokázaným a podezřelým zdravotním účinkům ionizační radiace, je rozvoj karcinomu štítné žlázy předmětem obzvláštního zájmu, a to z několika důvodů:

1. Krátce po nehodě jaderného reaktoru, bude hlavní expozice způsobena radioaktivním jódem I-131, který má relativně krátký poločas 8 dní. Radioaktivní jód se rychle dostává do organismu vdechováním a spolknutím. Přibližně 90 % jódu v lidském těle se nachází v štítné žláze a radioaktivní jód má silné kancerogenní účinky.
2. U osob, které přežily výbuch atomové bomby v Japonsku a u obyvatel Marshalových ostrovů, kteří byli vystaveni radioaktivnímu spadu po zkouškách vodíkové bomby bylo pozorováno zvýšené riziko vzniku karcinomu štítné žlázy.
3. Po černobylské katastrofě byl popsán mnohonásobný nárůst (10 až 30x) incidence karcinomu štítné žlázy u dětí v Bělorusku a na Ukrajině [5-8]. Podle prognóz WHO a dalších institucí, u třetiny dětí z nejvíce kontaminované oblasti Běloruska (Gomel), které byly v době nehody mladší než 4 roky, se rozvine během jejich života karcinom štítné žlázy [9,10]. Mnozí odborníci zastávají názor, že po černobylském radioaktivním spadu u dětí došlo pouze k postižení štítné žlázy [11]. Nedávno však byl popsán vzestup incidence karcinomu štítné žlázy u dospívajících a dospělých osob z České republiky, Běloruska, Ukrajiny, Polska a severní Anglie [3,12-15].

Hlavním cílem této studie bylo zjistit, zda k vzestupu incidence karcinomu štítné žlázy došlo rovněž v méně kontaminovaných oblastech a zda byly postiženy obě pohlaví a všechny věkové kategorie. Proto jsme sledovali incidenci karcinomu štítné žlázy podle záznamů v registru zhoubných novotvarů České republiky. Rozsah spadu produktů radioaktivního štěpení v České

republice je srovnatelný se spadem v sousedních oblastech bývalé Německé demokratické republiky (NDR) a Bavorska. Ukládání Cs-137 v České republice se pohybuje od hranice detekce až po 185 kBq/m² [16]. Zpráva UNSCEAR z roku 1988 [17] dokumentuje nižší průměrnou kontaminaci (2,3 - 2,8 kBq/m²) v západní a východní části bývalého Československa v porovnání s centrální částí (5,3 kBq/m²). Zdá se proto důvodné odhadovat menší radioaktivní spad v západních Čechách než ve zbytku České republiky.

MATERIÁL A METODY

Registrace zhoubných novotvarů v České republice se provádí od začátku 50. let minulého století. V roce 1976 byl založen populační registr zhoubných novotvarů. Základním zdrojem informací uchovávaných v českém registru zhoubných novotvarů je povinně vyplňovaný formulář „Hlášení zhoubného novotvaru“, který vyplňuje lékař diagnostikující tuto chorobu. Oznámení se vrací do 3 měsíců na okresní pobočku registru. Po kontrole a komplementaci je oznámení založeno do databáze. V následujících letech se data doplňují a porovnávají s údaji o úmrtí z Českého statistického úřadu (ČSÚ). Od roku 1994 publikace „Zhoubné novotvary“ používá kódy 10. revize Mezinárodní onkologické klasifikace, 2. vydání. Od 1. ledna 1995 se stala platnou TNM klasifikace zhoubných novotvarů (4. vydání, 2. revize). Registr zhoubných novotvarů České republiky se skládá z 8 podregistrů, které zase na druhé straně shrnují informace ze základních jednotek registru v okresech České republiky (obr. 1).

Populační registrace zhoubných novotvarů se považuje za kompletní, pokud obsahuje nejméně 90 % všech nově se vyskytnuvších případů v každém roce. Obecně úplnost registrace závisí na typu zvažovaného nádoru. Průměrné procento morfologických verifikací v České republice v roce 1995 bylo 77 % oznámených případů [18]. Toto procento bylo nejnižší v Praze (67 %), zatímco v západních Čechách a na severní Moravě byla histologická verifikace uskutečněna ve více než 80 % případů. Případy neregistrovaných maligních onemocnění jsou zaznamenány na základě „hlášení pouze z úmrtního listu“. Za uspokojivou situaci v daném regionu se považuje stav, kdy podíl „hlášení pouze z úmrtního listu“ není větší než 5 %. Nejvyšší podíl případů „hlášení pouze z úmrtního listu“ se vyskytuje v Praze (20 %). V mnoha dalších regionech byla frekvence „hlášení pouze z úmrtního listu“ nižší než 5 %

- ve středních Čechách to bylo 6,5 % a v severní Moravě byl ten podíl takřka nulový. Provedli jsme vyhodnocení vzorku pro určení kvality českého registru zhoubných novotvarů na základě 10 okresních podregistru registru západních Čech. Kritéria kvality tvořil podíl „hlášení pouze z úmrtního listu“ a podíl histologických verifikací. Lze uzavřít, že registr zhoubných novotvarů České republiky je široký a úplný [3].

Populační data o ročním výskytu karcinomu štítné žlázy podle věku a roční (uprostřed roku) distribuce obyvatelstva podle věku v České republice z let 1976 - 1999 jsme získali z Českého statistického úřadu (ČSÚ) a Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS). Údaje, které jsme obdrželi, byly stratifikované do věkových kategorií po 5 letech. Autoři práce stratifikaci zredukovali na věkové kategorie po 25 letech, aby se zminimalizovala náhodná variace ve statistických analýzách a aby byla usnadněna jejich prezentace. Nyní probíhá úplná analýza podle věku a pohlaví.

Základním statistickým parametrem, který jsme v této studii použili, byla roční (kumulativní incidence) [19], definovaná jako podíl určité části populace (skupina podle pohlaví, věku), u které byl v každém roce v období let 1976 - 1999 nově diagnostikovaný rozvinutý karcinom štítné žlázy. Abychom mohli analyzovat stárnutí populace, standardizovali jsme přímo [19] podíl incidence karcinomu štítné žlázy na věkovou distribuci před černobylskou katastrofou (1976 - 1985). Zdá se smysluplné, a to teoreticky i prakticky, modelovat roční absolutní incidenci (počet případů) jako binomicky distribuovanou náhodnou proměnnou s ročním vzorkem populace jako počet studií. Podle Coxe [20] je pro binomické proměnné nejvhodnější metodou lineární logistická regrese. Následně jsme provedli na základě lineární logistické regrese analýzy trendů podle pohlaví standardizovaných podílů celkové incidence. Analogicky jsme pro podíly incidence podle věku vyvinuli synoptické lineární logistické modely pomocí dvojitého zaslepeného kódování věkových kategorií a odpovídajících interakčních kategorií čas*věk. Odhadli jsme možné kritické body [21] (skoky nebo zlomené řádky) v časových trendech. Metodologie kritického bodu založená na logistické regresi byla uplatněna již v minulosti na německých a evropských údajích o mrtvě narozených dětech a výskytu vroze-
ných malformací [22]. Bansal a Sharma navrhli zajímavou metodu pro seskupování longitudinálních souborů dat [22]. Údaje o české popula-

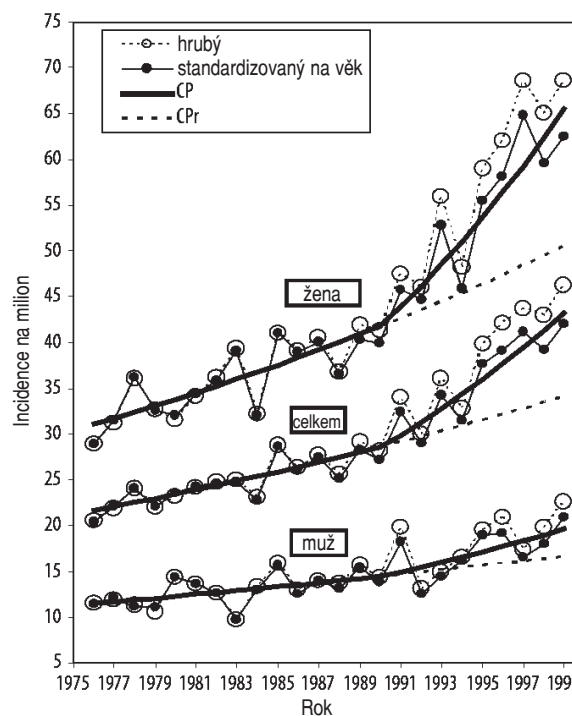


Obr. 1. Okresy České republiky (ČR). Okresy západních Čech (světlé zbarvení) použité pro validaci vzorku českého registru zhoubných novotvarů a rovněž jako oblast České republiky s menší expozicí (2,3 - 2,8 kBq/m² Cs-137) v porovnání se zbylou částí České republiky (tmavé zbarvení) (5,3 kBq/m² Cs-137) [17].

ci a o incidenci karcinomu štítné žlázy byly zpracovány pomocí aplikace Microsoft Excel 2000. Pro statistickou analýzu jsme použili SAS 8.2 [24].

VÝSLEDKY

Celková incidence karcinomu štítné žlázy v České republice byla u mužů 15,0 na milion osob (1804 případů) a u žen 44,3 na milion osob (5640 případů). Tento poměrně velký rozdíl mezi muži a ženami si žádá analýzu podle pohlaví. Věk je kromě pohlaví dalším dobře známým faktorem v analýzách vztahů mezi rizikovými faktory a malignitami (obecně je výskyt maligních onemocnění vyšší u starších věkových kategorií



Obr. 2. Hrubá a přímo podle věku standardizovaná incidence karcinomu štítné žlázy u žen, mužů a obou pohlaví dohromady v České republice, lineární regresní modely pro kritický bod (CP) a snížený kritický bod (CPr) (viz tab. 1)

Tab. 1. Modelová informace pro lineárně logistické modely kritického bodu pro incidenci karcinomu štítné žlázy v České republice přímo standardizovanou na věk, v letech 1976 - 1999 (obr. 2)

Kategorie (df, dev)	Proměnná	Odhad	Směrodatná odchylka	Hodnota p	Poměr šancí
Celkem (21, 21.6)	Čas (t)	0.020	0.003	<0.0001	1.020
	Interakce (t*d ₉₀₋₉₉)	0.026	0.007	0.0003	1.026
Ženy (21, 22.5)	Čas (t)	0.021	0.004	<0.0001	1.021
	Interakce (t*d ₉₀₋₉₉)	0.029	0.008	0.0006	1.029
Muži (21, 20.9)	Čas (t)	0.016	0.006	0.0125	1.016
	Interakce (t*d ₉₀₋₉₉)	0.018	0.014	0.2127	1.018

Kritický bod pro všechny modely: 1990; d₉₀₋₉₉ = 1 pro 1990 - 1999 a d₉₀₋₉₉ = 0 jinde; čas t transformovaný tak, aby se rok 1990 přesunul k počátku: t = rok-1990 (rok = 1976, ..., 1999, t = -14, ..., 9); df - stupně svobody; dev - deviace; t*d₉₀₋₉₉ - interakce času t s časovým intervalem d₉₀₋₉₉

obyvatelstva). Proto při analýze dlouhodobého trendu frekvence onemocnění se může snadno stát, že určitý vzestup incidence maligního onemocnění je nutné přičíst pouze stárnutí populace. Průměrný věk obyvatelstva České republiky vzrostl v období let 1976 - 1999 přibližně o 3 roky. Vzhledem k tomu, že stárnutí obyvatelstva bylo v letech 1976 - 1985 nulové nebo velmi malé, použili jsme průměrnou celkovou distribuci, distribuci podle počtu žen, mužů a podle věku z tohoto časnějšího časového období pro přímou standardizaci roční incidence v letech 1976 - 1999.

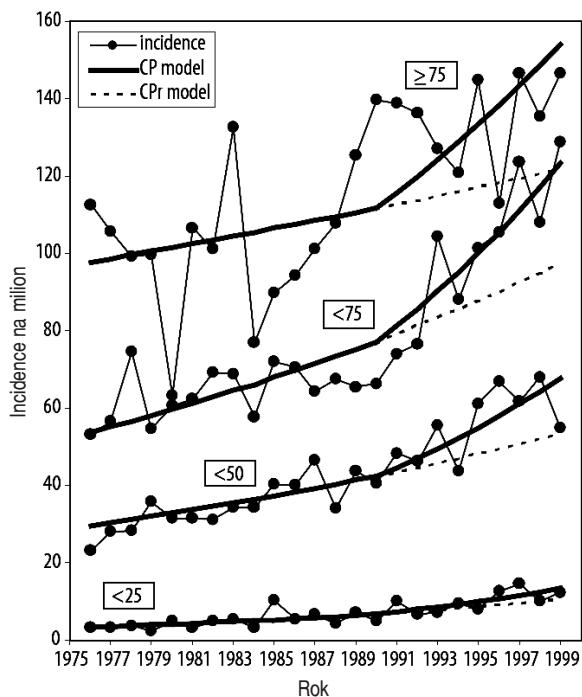
Na obrázku 2 jsou znázorněny hrubé incidence a incidence přímo standardizované na věk pro ženy, muže a obě pohlaví společně v letech 1976 - 1999. Celkový počet případů karcinomu štítné žlázy u žen byl 5640. Přímou standardizovaný počet podle věku je 5459. Z toho důvodu bylo u žen 181 případů, zejména v letech 1989 - 1999, které je možné přičíst pouze stárnutí populace. U mužů bylo 1804 zjištěných případů sníženo na 1745 případů přímou standardizovaných podle věku, což vedlo k přebytku 59 případů, které je možné přičíst hlavně ke stárnutí populace po roce 1989.

Odhad kritických bodů trendů incidencí standardizovaných podle věku na obrázku 2 odhaluje významný kritický bod v roce 1990 pro obě pohlaví společně ($p = 0,0003$). U mužů je nevýznamný kritický bod v roce 1992 ($p = 0,1416$). U žen mění trend významně svůj sklon již v roce 1989 ($p = 0,0005$). Výsledek pro obě pohlaví společně je proto dán výrazným a vysoce významným účinkem na ženy. Pro účely prezentace ignorujeme tento malý rozdíl mezi pohlavími, který může být částečně dán velkým rozdílem statistické síly a tak pro nynější účely přijímáme za kritický bod rok 1990. Nevýznamný rozdíl u mužů je v souladu s výsledky u žen. Modelové

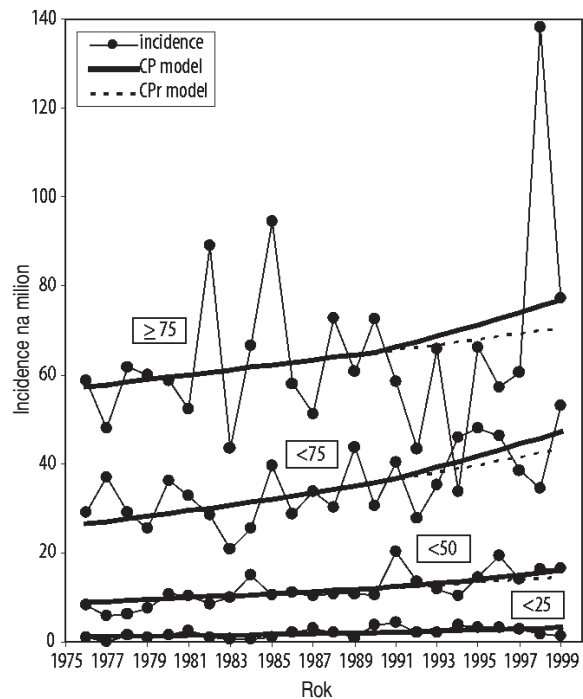
informace pro analýzy standardizované podle věku jsou shrnuty v tabulce 1. Obrázek 2 zahrnuje odpovídající lineární logistické regresní čáry s kritickými body v roce 1990 (CP, plné čáry) pro všechny tři funkce trendů. Redukované modely kritických bodů (CPr, čárkované čáry) obsahovaly rovněž výsledek z nastavení interakčního účinku na nulu (t*d₉₀₋₉₉) pro další vzestup incidence po roce 1999 v odpovídajících modelových rovnicích (viz tabulka 1). Porovnání pozorovaných standardizovaných dat s redukovanými modely kritických bodů poskytuje teoretický nadměrný počet případů maligních onemocnění činící 363 případy (95% CI 148 - 603) u žen a 69 (95% CI 36 - 94) u mužů. Nadměrný počet u mužů a žen společně je v souladu se součtem nadměrného počtu podle pohlaví a celkový nadměrný počet je poněkud přesněji odhadnutý: 426 celkových nadměrných případů (95% CI 187 - 688).

Trend celkové incidence na obrázku 2 odhaluje kritický bod v roce 1990, tj. minimální deviace je dosaženo v roce 1990. Proto se považuje střed roku 1990 za časový bod, kde trend incidence karcinomu štítné žlázy mění významně svůj sklon. Od tohoto místa může minimální období latence pro rozvoj dalších případů karcinomu štítné žlázy po Černobylu činit přibližně 4 roky. To je docela v souladu s posledními nálezy Parshkova a spol. [13], kteří udávali celkové období latence 5 let na základě menší populace, což vedlo k menší statistické síle. Je možné spekulovat, že u „nekonečné“ populace by období latence ve skutečnosti směřovalo k nule.

Vývoj výskytu karcinomu štítné žlázy u různých věkových kategorií nelze odhalit analýzou incidencí standardizovaných podle věku. Proto jsme k hodnocení věkových trendů zároveň sledovali trendy incidence karcinomu štítné žlázy ve 4 kategoriích po 25 letech za použití lineárních logistických modelů kritických bodů.



Obr. 3. Incidence podle věku u žen v České republice, včetně logistických regresních modelů synoptického kritického bodu (CP, 1990) a sníženého kritického bodu (CPr) (srov. tab. 2).



Obr. 4. Incidence podle věku u mužů v České republice, včetně logistických regresních modelů synoptického kritického bodu (CP, 1990) a sníženého kritického bodu (CPr) (srov. tab. 3).

Otázkou je, zda pozorovaný obecný vzestup incidence karcinomů štítné žlázy ve všech letech je rovnoměrný nebo se v jednotlivých věkových kategoriích liší a zejména zda další vzestup incidence po roce 1990, který je možné přičíst černo- bylské nehodě, je závislý na věku.

Na obrázcích 3 a 4 jsou znázorněny podíly incidence pro ženy a muže spolu s příslušným částečným kritickým bodem a snížené modely částečných kritických bodů pro 4 věkové kategorie 0 - 24, 25 - 49, 50 - 74 a 75 a více let. Odpovídající modelové informace jsou uvedené v tabulkách 2 a 3. Zajímavým zjištěním je, že další vzestup po roce 1990 není závislý na příslušné 25leté věkové skupině. To lze také nepřímo pozorovat v tabulkách 2 a 3, které neobsahují trojcestný efekt formy čas*věková skupina*d₉₀₋₉₉, protože tyto trojcestné efekty nebyly významné ($p > 0,2$). Nicméně, v pětiletých věkových skupinách jsou trendy výrazně proměnlivější.

Podle našeho synoptického modelu pro data podle věku (tabulka 2 a obrázek 3) činil v letech 1976 - 1990 u žen globální roční vzestup pro dvě skupiny středního věku dohromady (25 - 74 let) 2,6 % za rok ($p < 0,0001$). Od roku 1990 dochází k dalšímu významnému vzestupu o dalších 2,6 % za rok ($p = 0,0003$) což je pravděpodobně dáno černo- bylskou katastrofou. U nejmladších a nejstarších žen se věk ukázal jako modifikátor efektu. To lze pozorovat z významných interakcí

věku a času, jak je uvedeno v tabulce 2. Zrychle- ný vzestup o dalších 2,4 % ($p = 0,0081$) u mladých žen může být, alespoň částečně, důsledkem poklesu porodnosti, což vede k vyššímu než průměrnému demografickému stárnutí v této skupině a velmi pozitivnímu vztahu s incidencí karcinomu štítné žlázy s věkem.

Jelikož incidence karcinomu štítné žlázy u mužů tvoří pouze třetinu incidence u žen, z analýzy dat u mužů bychom očekávali méně přesné výsledky. Použití modelu pro data u žen v tabulce 2 však přináší odhady parametrů sestavené v tabulce 3, které jsou kvalitativně shodné s odhady získanými pro data u žen. V letech 1976 - 1990 činil u mužů (tabulka 3 a obrázek 4) roční vzestup pro dvě skupiny středního věku (25 - 74 let) 2,1 % ročně ($p = 0,0022$). Od roku 1990 dochází k dalšímu nevýznamnému vzestupu incidence karcinomu štítné žlázy u mužů, a to o 1,0 % za rok ($p = 0,5222$). Tak jako u mladých žen, zrychle- ný vzestup u mladých mužů může být rovněž důsledkem poklesu porodnosti. Základní parametry časového trendu odvozené z analýzy dat u mužů jsou proto značně shodné s odpovídajícími parametry pro synoptický věkový model u žen.

Souhrnem, incidence karcinomu štítné žlázy u mužů v České republice představuje pouze třetinu incidence u žen a základní roční vzestup u obou pohlaví je téměř totožný. Hypotetický

Tab. 2. Modelová informace pro synoptický lineárně logistický model kritického bodu pro data podle věku pro ženy (obr. 3), deviance = 87,5, stupně svobody = 88

Proměnná	Odhad	Směrodatná odchylna	Hodnota p	Poměr šancí
Věk. skupina (25 to 49)	1.837	0.063	<0.0001	6.276
Věk. skupina (50 to 74)	2.437	0.062	<0.0001	11.437
Věk. skupina (>75)	2.806	0.067	<0.0001	16.540
Čas (t)	0.026	0.004	<0.0001	1.026
Interakce (t*d ₉₀₋₉₉ , zlomený řádek)	0.026	0.007	0.0003	1.027
Interakce (t*věk.skup. (<25))	0.024	0.009	0.0081	1.024
Interaction (t*věk.skup. (>75))	-0.016	0.005	0.0018	0.984

zkratky a proměnné - viz tabulka 1.

efekt katastrofy v Černobylu je pouze slabě závislý na věku, přinejmenším z hlediska přijatého pro tuto práci. Tento efekt u mužů je pouze třetinový oproti ženám. Úprava efektu ročního poměru růstu podle věku je obdobná, avšak poněkud slabší u mužů než u žen.

DISKUSE

Sledovali jsme podíly incidence karcinomu štítné žlázy v České republice v letech 1976 - 1999 podle věku a pohlaví s důrazem na možný dopad černobylské katastrofy na data od roku 1987. K vyhodnocení základních časových trendů podle pohlaví u podílů incidence standardizované podle věku a věkových podílů, jakož i možných poruch trendů jako důsledek černobylské nehody jsme na základě lineární logistické regrese vytvořili šetrné modely trendů. V České republice jako takové jsme zjistili neočekávaně silný a významný roční vzestup podílů incidence karcinomu štítné žlázy u mužů i žen, a to i před černobylskou nehodou. Poměr růstu celkové incidence karcinomu štítné žlázy standardizovaný podle věku významně vzrostl pouze za 4 roky po nehodě v Černobylu, a to z 2,0 % ročně na 4,6 % (= 2,0 + 2,6) ročně (p = 0,0003). Tento efekt se zdá být ve vztahu s černobylskou nehodou, tím více, že je pohlavně specifický (ženy jsou postiženy téměř třikrát více než muži), zatímco zlepšený zdravotnický dohled specifický podle pohlaví a hlášení po nehodě v Černobylu jsou

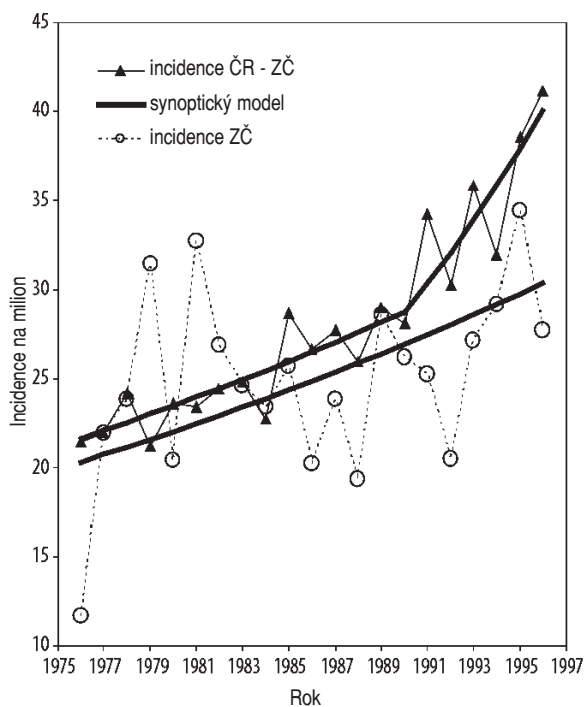
Tab. 3. Modelová informace pro synoptický lineárně logistický model kritického bodu pro data podle věku pro muže (obr. 4), deviance = 97,2, stupně svobody = 88

Proměnná	Odhad	Směrodatná odchylna	Hodnota p	Poměr šancí
Věk. skupina (25 to 49)	1.770	0.121	<0.0001	5.871
Věk. skupina (50 to 74)	2.860	0.117	<0.0001	17.456
Věk. skupina (> 75)	3.459	0.131	<0.0001	31.771
Čas (t)	0.021	0.007	0.0022	1.022
Interakce (t*d ₉₀₋₉₉ , zlomený řádek)	0.010	0.015	0.5222	1.010
Interakce (t*věk.skup. (<25))	0.022	0.017	0.1994	1.022
Interakce (t*věk.skup. (>75))	-0.012	0.010	0.2369	0.988

zkratky a proměnné - viz tabulka 1.

stěžší představitelné. Další vzestup incidence od roku 1990 je v podstatě nezávislý na věku, i když věk je modifikačním faktorem jak pro výchozí hladiny (zabránění), tak i pro obecný roční vzestup výskytu karcinomu štítné žlázy v jednotlivých věkových kategoriích. Obecně se má za to, že vystavení se RTG záření vede k rozvoji karcinomu štítné žlázy až po 15 - 20 letech latence. Pokud to vezmeme v úvahu a předpokládáme, že doba latence bude mít přibližně normální distribuci, pak nepřekvapuje, že zvýšený výskyt karcinomu štítné žlázy se začne objevovat za 4 roky po nehodě.

Silným faktorem naší studie je velký počet sledovaných patientských let: 247 384 706. Pro srovnání, sloučená analýza sedmi studií, včetně studie Rona a Lubina a spol. u osob přeživších výbuch atomové bomby, zahrnula pouze 3 miliony patientských let [25]. Nedostatkem naší studie je chybějící stratifikace dat podle úrovně kontaminace I-131. Měření radioaktivního jódu v terénu je vzhledem ke krátkému poločasu I-131 možné použít pouze v prvních dnech po nehodě. I když je známo, že spad jódu není výrazně analogický s ukládáním cesia, je nutné předpokládat určitou souvislost mezi jódem a cesiem. Proto doporučujeme stratifikaci dat o incidenci karcinomu štítné žlázy, řekněme do dvou až pěti regionů podle úrovně ukládání Cs-137. Pokud by další vzestup incidence karcinomu štítné žlázy byl rozdílný v různě kontaminovaných oblastech, pak by to posílilo důkazy o kauzálním vztahu



Obr. 5. Incidence karcinomu štítné žlázy standardizovaná podle věku v západních Čechách (ZČ) a zbylé části České republiky (ČR - ZČ, srovnej obrázek 1).

mezi výskytem karcinomu a kontaminací. V epidemiologických studiích by se měl deficit jódu považovat za matoucí faktor, protože deficit jódu může exacerbovat vychytávání radioaktivního jódu štítnou žlázou. V minulosti byl popsán pozitivní a významný vztah mezi incidencí karcinomu štítné žlázy s naměřeným nebo rekonstruovaným ukládáním I-131 [2,15,26,27]. Motivující příklad prostorově-dočasněho přístupu je znázorněn na obrázku 5. V méně kontaminovaných západních Čechách ([3], obrázek 1) nebyl zjištěn významný efekt zlomené řádky, zatímco ve zbytku České republiky v roce 1990 trend incidence karcinomu štítné žlázy mění významně svůj sklon.

ZÁVĚRY

Naše sledování prokazuje další vzestup incidence karcinomu štítné žlázy v České republice za 4 roky po nehodě v Černobylu. Tento efekt je závislý na pohlaví, avšak v podstatě nezávislý na věku. Naše nálezy doplňují předchozí zjištění jiných autorů, které byly omezeny hlavně na děti a dospívající osoby. Tento typ studie založený na vysoce nakupených datech však má slabiny z hlediska kauzální interpretace. Nezávislé důkazy je snad možné získat z dalších registrů zhoubných novotvarů ze zemí východní nebo severní Evropy se středně silnou nebo vysokou kontaminací, jako je na příklad Polsko [28].

Literatura

Viz anglický překlad.

Thyroid cancer has increased in the adult populations of countries moderately affected by Chernobyl fallout

Stefan Mürbeth^{1ABCDG}, Milena Rousarova^{2ABFG}, Hagen Scherb^{3ACDEF}, Edmund Lengfelder^{1ABCDG}

¹ Strahlenbiologisches Institut der Universität München, Munich, Germany

² NOR Fakultní nemocnice Plzeň, Plzeň, Czech Republic

³ GSF-National Research Centre for Environment and Health, Neuherberg, Germany

Authors' Contribution:

- A Study Design
- B Data Collection
- C Statistical Analysis
- D Data Interpretation
- E Manuscript Preparation
- F Literature Search

Source of support: Departmental sources.

SUMMARY

Background:

The incidence of thyroid carcinoma increased among children affected by Chernobyl fallout. Less evidence exists for a corresponding effect in adolescents and adults. The Cancer Registry of the Czech Republic provides an opportunity to study various determinants of the occurrence of thyroid cancer.

Material/Methods:

Anonymous population-based incidence data on thyroid carcinoma of the Czech Republic from 1976 to 1999 were obtained from the Czech Statistical Office (CSO) and the Institute of Health Information and Statistics (IHIS). This study covers 247 million person-years. Linear logistic regression models allowing for possible changes in slope (change-points) are suggested for the trends of incidence proportions.

Results:

From 1976 to 1999 a uniform annual increase of 2.0% per year was found in the directly age-standardized thyroid cancer incidence proportion (95%-CI: 1.3-2.7, $p < 0.0001$). From 1990 on, we observed an additional significant increase in the thyroid cancer incidence of 2.6% per year (95%-CI: 1.2-4.1, $p = 0.0003$). This effect (change-point) is essentially independent of age but dependent on gender: females 2.9% per year (95%-CI: 1.3-4.7, $p = 0.0006$), males 1.8% per year (95%-CI: -1.0-4.7, $p = 0.2127$). The estimated minimum latency period for the population as a whole is 4 years.

Conclusions:

Although the Czech Republic received only a relatively moderate amount of radioactive fallout, an unexpected uniformly accelerated increase of thyroid cancer in all age categories is seen from 1990 onwards. Therefore one should look carefully at collective dose and at the group of persons low in individual organ dose but high in number.

Key words:

change-point • Chernobyl accident • incidence proportion • logistic regression • trend analysis • thyroid cancer

Full-text PDF:

http://www.MedSciMonit.com/pub/vol_10/no_7/4269.pdf

Author's address:

Dr. rer. nat. Hagen Scherb, GSF-National Research Centre for Environment and Health, Ingolstädter Landstr. 1, D-85764 Neuherberg, Germany, e-mail: scherb@gsf.de

BACKGROUND

The explosion of the nuclear reactor in Chernobyl, Ukraine, on 26 April 1986, led to the release of a large quantity of radioactive material in a range of several hundred Mega-Curies over a 10-day period. This radioactive contamination has had serious health consequences for the general population of affected countries. In Belarus, Ukraine, and the Czech Republic (CR), for example, significantly increasing incidences of malignant neoplasms (thyroid, lung, stomach, urinary system, acute leukemia) have been reported [1-4]. Given the many proven and suspected health effects of ionizing radiation, the development of thyroid carcinoma is of special interest for several reasons:

1. Shortly after a nuclear reactor accident, the main exposure would be due to radioactive iodine I-131, which has a relatively short half-life period of 8 days. Radio-iodine is incorporated quickly and completely through inhalation and ingestion. Approximately 90% of the iodine in the human body is to be found in the thyroid gland, and radioactive iodine has strong tumorigenic effects.
2. Increased risks of thyroid cancer were seen in survivors of the atomic bombs in Japan and in Marshall Island residents exposed to fallout from hydrogen bomb testing.
3. Multiple increases (10-fold to 30-fold) in the incidence of thyroid cancers in children after the Chernobyl accident have been reported from Belarus and Ukraine [5-8]. Following prognoses by the WHO and other authorities, one third of the children from the most highly contaminated district of Belarus (Oblast Gomel), who were less than 4 years old at the time of the accident, will develop thyroid cancer in the course of their life [9,10]. Many specialists hold the opinion that only the thyroid glands of children were affected by the Chernobyl fallout [11]. More recently, however, increases in the incidence of thyroid cancer in adolescents and adults have been reported from the Czech Republic, Belarus, Ukraine, Poland, and even from the North of England [3,12-15].

The main objective of this study was to investigate whether an increase in the incidence of thyroid cancer occurred in less contaminated areas also, and whether both sexes and all age categories have possibly been affected. We

therefore investigated thyroid cancer incidence as recorded by the Cancer Registry of the Czech Republic. The amount of fallout of radioactive fission products in the Czech Republic is comparable to the fallout in the neighboring areas of the former German Democratic Republic (GDR) and Bavaria, Germany. The Cs-137 deposition in the Czech Republic ranges from the detection limit to 185 kBq/m² [16]. The 1988 UNSCEAR report [17] documents a lower mean contamination (2.3-2.8 kBq/m²) of the western and eastern portions of the former Czechoslovakia compared to the central portion (5.3 kBq/m²). It seems reasonable, therefore, to assume less fallout in West Bohemia than in the remainder of the Czech Republic.

MATERIAL AND METHODS

Registration of malignant neoplasms in the Czech Republic began as early as the late 1950s. In 1976 a population-based Cancer Registry was established. The basic source of information kept on file by the Czech Cancer Registry is the mandatory form "Report on Neoplasm" filled in by physicians diagnosing the disease. The notification is returned to the district branch of the Registry within 3 months. After check-up and complementation it is included in the data base. The data are supplemented in following years and compared with data on deaths from the Czech Statistical Office (CSO). Since 1994, the publication "Malignant Neoplasms" has used the codes of the 10th Revision of the International Classification of Oncology, 2nd edition. Since January 1, 1995, the TNM Classification of Malignant Neoplasms (4th edition, 2nd revision) has been valid. The Cancer Registry of the Czech Republic is composed of 8 sub-registries, which in turn compile information from the basic registry units in the Czech districts (Figure 1).

A population-based cancer registration is judged to be complete if it contains at least 90% of all newly occurring cases in any year. In general, the completeness of registration depends on the type of cancer considered. The average percentage of morphological verification in the Czech Republic in 1995 was 77% notified cases [18]. It was lowest in Prague (67%), whereas in West Bohemia and North Moravia histological verification was above 80%. Cancer cases not registered are noted on the basis of 'Death-Certificates-Only' (DCO). A satisfactory situation in a given territory is considered to be a

DCO proportion of no more than 5%. The highest proportion of DCO cases occurred in Prague (20%). In many other regions DCO frequency was less than 5%; in Central Bohemia it was 6.5%, and in North Moravia it was almost zero. We performed a sample assessment of the quality of the Czech Cancer Registry on the basis of the 10 district sub-registries of the West Bohemian registry. Quality criteria were DCO proportion and proportion of histological verification. It can be concluded that the Cancer Registry of the Czech Republic is comprehensive and complete [3].

Population-based annual age-specific incidence data on thyroid carcinoma, as well as the annual (mid-year) age-specific distribution of the population of the Czech Republic from 1976 to 1999, were obtained from the Czech Statistical Office (CSO) and the Institute of Health Information and Statistics (IHIS). These data, which when obtained were stratified by 5-year age-categories, were reduced to 25-year age-categories to minimize random variation in the statistical analyses and for ease of presentation. A fully age-adjusted and gender-specific analysis is in progress.

The basic statistical measure that we used in this study was the annual (cumulative) incidence [19], defined as the proportion of the total population or the proportion of a certain part of the population (gender, age-group), which, in every year from 1976 to 1999, was newly diagnosed as having developed thyroid cancer. To account for the aging of the population, we directly standardized [19] the thyroid cancer incidence proportions for the mean pre-Chernobyl (1976-1985) age distribution. It seems meaningful, theoretically as well as practically, to model annual absolute incidence (events) as a binomially distributed random variable, with the annual population size as the number of trials. According to Cox [20], linear logistic regression is the most appealing method for binomial variables. Consequently, we performed gender-specific trend analyses of the standardized overall incidence proportions based on linear logistic regression. Analogously, for the age-specific incidence proportions, synoptic linear logistic models using dummy coding of age-categories and corresponding time*age-category interactions were developed. Possible change-points [21] (jumps or broken sticks) in the time trends of the incidences were estimated. The change-point methodology based on logistic regression has been applied pre-



Figure 1. Districts of the Czech Republic (CR). West Bohemian districts (light) used for sample validation of the Czech Cancer Registry, and also as a less exposed region of the Czech Republic (2.3-2.8 kBq/m² Cs-137) compared to the remainder (dark) of the Czech Republic (5.3 kBq/m² Cs-137) [17].

viously to German and European stillbirth and congenital malformation data [22]. An interesting method for clustering longitudinal data sets has been suggested by Bansal and Sharma [23]. The Czech population data and the thyroid cancer incidence data were processed with Microsoft Excel 2000. For statistical analyses we used SAS 8.2 [24].

RESULTS

Overall thyroid cancer incidence in the Czech Republic was 15.0 per million in males (1804 cases) and 44.3 per million in females (5640 cases). Because of this rather large difference, a gender-specific analysis is called for. Besides

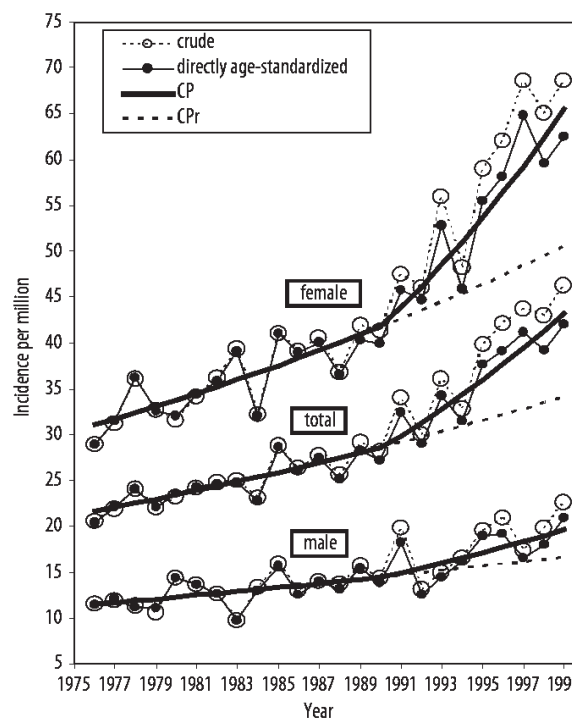


Figure 2. Crude and directly age-standardized incidence of thyroid carcinoma in females, males and both genders combined in the Czech Republic, change-point (CP) and reduced change-point (CPr) linear logistic regression models (see Table 1).

Table 1. Model information for linear logistic change-point models for directly age-standardized thyroid cancer incidence in the Czech Republic, 1976-1999 (Figure 2).

Category (df, dev)	Variable	Estimate	Std. error	p-value	Odds ratio
Total (21, 21.6)	Time (t)	0.020	0.003	<0.0001	1.020
	Interaction (t*d ₉₀₋₉₉)	0.026	0.007	0.0003	1.026
Female (21, 22.5)	Time (t)	0.021	0.004	<0.0001	1.021
	Interaction (t*d ₉₀₋₉₉)	0.029	0.008	0.0006	1.029
Male (21, 20.9)	Time (t)	0.016	0.006	0.0125	1.016
	Interaction (t*d ₉₀₋₉₉)	0.018	0.014	0.2127	1.018

Change-point for all models: 1990; d₉₀₋₉₉=1 for 1990-1999 and d₉₀₋₉₉=0 else; time t transformed to move the year 1990 to the origin: t=year-1990 (year=1976,...,1999, t=-14,...,9); df - degrees of freedom; dev - deviance; t*d₉₀₋₉₉ - interaction of time t with time interval d₉₀₋₉₉

gender, age is another well-known confounder in analyses of associations of risk factors with cancer (in general, cancer incidence is higher in older categories of a population). Therefore, in a long-term trend analysis of disease frequency it may well happen that a certain increase in the incidence of cancer must be attributed to the aging of the population alone. The mean age of the population of the Czech Republic has increased by approximately 3 years from 1976 to 1999. Because the aging of the population is nil or rather weak from 1976 to 1985, we took the mean total, female, and male age-distributions from this earlier time period to directly standardize the annual incidences from 1976 to 1999.

Figure 2 displays the annual crude incidences, as well as the directly age-standardized incidences for females, males and both genders combined from 1976 to 1999. The observed total number of female thyroid cancer cases was 5640. The directly age-standardized number is 5459. Hence there were 181 female cases, mainly between 1989 and 1999, which could be attributed to the aging of the population alone. For the males, 1804 observed cases were reduced to 1745 directly age-standardized cases, resulting theoretically in 59 excess male cases mainly attributable to the aging of the population after 1989.

A change-point estimation of the trends of the age-standardized incidences in Figure 2 reveals a significant change-point in 1990 for both genders combined ($p=0.0003$). For males, there is a non-significant change-point in 1992 ($p=0.1416$). For females, the trend changes its slope significantly already in 1989 ($p=0.0005$). The result for both genders combined, therefore, is driven by the strong and highly significant effect for females. For ease of presentation we ignore this slight difference in genders that may

partly be due to the large difference in statistical power, and so for the present purposes we assume a change-point in 1990. The non-significant result for males is consistent with the result for females. Model information for the age-standardized analyses is summarized in Table 1. Figure 2 includes the corresponding linear logistic regression lines with the 1990 change-points (CP, solid lines) for all three trend functions. The reduced change-point models (CPr, dashed lines) also included result from setting to zero the interaction effect (t*d₉₀₋₉₉) for the additional increases of the incidences after 1990 in the respective model equations (see Table 1). A comparison of the observed standardized data with the reduced change-point models yields a theoretical excess number of cancer cases of 363 (95%-CI: 148-603) and 69 (95%-CI: 36-194) for females and males, respectively. The excess for males and females combined is consistent with the sum of the gender-specific excesses, and the total excess is somewhat more precisely estimated: 426 total excess cases (95%-CI: 187-688).

The trend of the total incidence in Figure 2 reveals a change-point in 1990, i.e., the minimum deviance is met in 1990. Consequently, we consider the middle of the year 1990 as that point in time when the trend of the thyroid cancer incidence changes its slope significantly. From this position, the minimum of the latency period for the development of additional thyroid cancers after Chernobyl may be approximately 4 years. This agrees quite nicely with a recent finding by Parshkov et al. [13], who reported an overall latency period of 5 years based on a smaller population, resulting in less statistical power. One may speculate that in an "infinite" population the latency period would in fact tend towards zero.

The development of thyroid cancer occurrence within the different age-categories cannot be

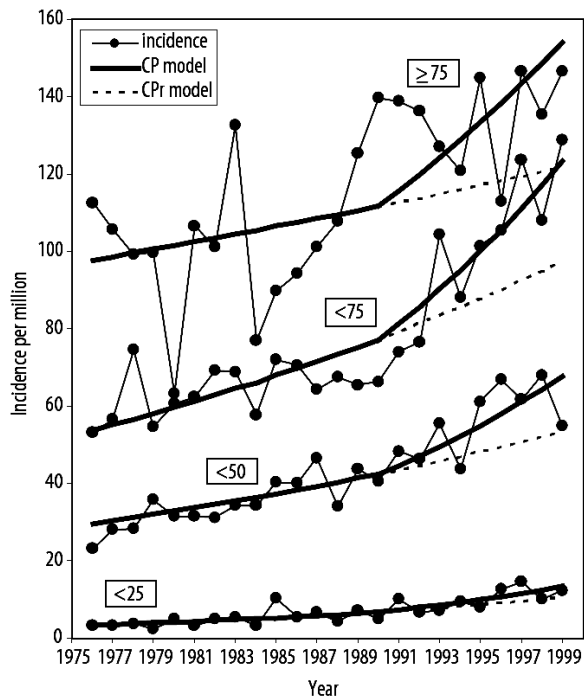


Figure 3. Age-specific incidence for females in the Czech Republic, including synoptic change point (CP, 1990) and reduced change point (CPr) logistic regression models (cf. Table 2).

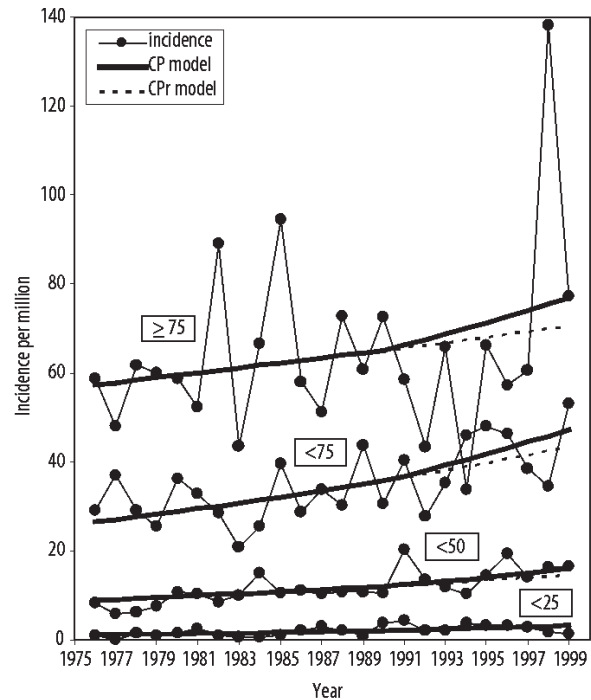


Figure 4. Age specific incidence for males in the Czech Republic, including synoptic change point (CP, 1990) and reduced change point (CPr) logistic regression models (cf. Table 3).

revealed by analyzing the age-standardized incidences. Therefore, we investigated the trends of thyroid cancer incidence in the four 25-year age-categories, using synoptic linear logistic change-point models to assess the age-specific trends simultaneously. The question arises whether the observed general increase of the thyroid cancer incidence in all years is uniform or different in the respective age categories, and, especially, whether the additional increase after 1990, which could possibly be attributed to the Chernobyl accident, is dependent on age.

Figures 3 and 4 display the incidence proportions for females and males, together with the respective partial change-point and reduced partial change-point models for the four age-categories 0 to 24, 25 to 49, 50 to 74, and 75 years of age and over. The corresponding model information is contained in Tables 2 and 3. An interesting observation here is that the additional increase after 1990 is independent of the particular 25-year age-group. This can also be seen in directly from Tables 2 and 3, which do not contain 3-way effects of the form $\text{time} \times \text{age group} \times d_{90-99}$, because these 3-way effects were non-significant ($p > 0.2$). However, in the 5-year age groups the trends are considerably more variable.

From 1976 to 1990, for females, according to our synoptic model for the age-specific data

(Table 2 and Figure 3), the global annual increase for the two middle age groups together (25-74) comes to 2.6% per year ($p < 0.0001$). From 1990 on, there is a highly significant additional increase of another 2.6% per year ($p = 0.0003$), probably due to Chernobyl. For the youngest and oldest females, age turned out to be an effect modifier. This can be seen from the significant interactions of age with time in Table 2. The accelerated increase of an additional 2.4% ($p = 0.0081$) in young females may be, at least partly, a consequence of the decline in the birth rate, resulting in a higher-than-average demographic aging of this group, and the very strong positive association of thyroid cancer incidence with age.

Because the male thyroid cancer incidence is only one-third of the female incidence, we would expect less precise results from the analysis of the male data. However, applying the model for the female data in Table 2 to the male data yields model parameter estimates compiled in Table 3 that are qualitatively consistent with the estimates obtained from the female data. From 1976 to 1990, for males (Table 3 and Figure 4), the annual increase for the two middle age groups (25-74) measures 2.1% per year ($p = 0.0022$). From 1990 on, there is a non-significant additional increase of the male thyroid cancer incidence of 1.0% per year ($p = 0.5222$). As for young

Table 2. Model information for the synoptic linear logistic change-point regression model for age-specific incidence data for females (Figure 3), deviance=87.5, degrees of freedom=88.

Variable	Estimate	Std. error	p-value	Odds ratio
Age group (25 to 49)	1.837	0.063	<0.0001	6.276
Age group (50 to 74)	2.437	0.062	<0.0001	11.437
Age group (>75)	2.806	0.067	<0.0001	16.540
Time (t)	0.026	0.004	<0.0001	1.026
Interaction (t*d ₉₀₋₉₉ , broken stick)	0.026	0.007	0.0003	1.027
Interaction (t*age-group (<25))	0.024	0.009	0.0081	1.024
Interaction (t*age-group (>75))	-0.016	0.005	0.0018	0.984

abbreviations and variables: see Table 1.

females, the accelerated increase in young males may also be a result of the decline in the birth rate. The basic time trend parameters derived from the analysis of the male data are, therefore, broadly consistent with the corresponding parameters for the female synoptic age-specific model.

In summary, male thyroid cancer incidence in the Czech Republic is only one-third of the female incidence, and basic annual increases for both genders are nearly identical. The hypothetical Chernobyl effect is only weakly dependent on age, at least from the viewpoint adopted in this paper. This effect for males is only one-third the effect for females. Effect modification of the annual growth rates by age is similar but somewhat weaker for males compared to females.

DISCUSSION

We investigated annual age and gender-specific incidence proportions of thyroid carcinoma in the Czech Republic for the years 1976-1999, with emphasis on a possible impact of the Chernobyl disaster on data from 1987 on. To assess the underlying gender-specific time trends of the age-standardized and age-specific incidence proportions, as well as possible trend disturbances as a consequence of the Chernobyl accident, we developed parsimonious trend models based on linear logistic regression. In the Czech Republic as a whole, we observed unexpectedly strong and significant annual increases in the thyroid cancer incidence proportions for

Table 3. Model information for the synoptic linear logistic change-point regression model for age-specific incidence data for males (Figure 4), deviance=97.2, degrees of freedom=88

Variable	Estimate	Std. error	p-value	Odds ratio
Age group (25 to 49)	1.770	0.121	<0.0001	5.871
Age group (50 to 74)	2.860	0.117	<0.0001	17.456
Age group (> 75)	3.459	0.131	<0.0001	31.771
Time (t)	0.021	0.007	0.0022	1.022
Interaction (t*d ₉₀₋₉₉ , broken stick)	0.010	0.015	0.5222	1.010
Interaction (t*age-group (<25))	0.022	0.017	0.1994	1.022
Interaction (t*age-group (>75))	-0.012	0.010	0.2369	0.988

abbreviations and variables: see Table 1.

both males and females even before the Chernobyl accident. Only 4 years after the Chernobyl accident the growth rate of the age standardized overall thyroid cancer incidence significantly increased, from 2.0% per year to 4.6% (=2.0+2.6) per year (p=0.0003). This effect seems to be related to the Chernobyl accident, all the more as it is gender specific (females being affected nearly three times as much as males), while improved gender-specific medical surveillance and reporting after the Chernobyl accident is hardly conceivable. The additional increases from 1990 on are essentially independent of age, although age is an effect modifier for both the baseline levels (intercepts) and the general annual increases in thyroid cancer incidence in the age categories. It is generally considered that x-ray exposure produces thyroid cancer with a 15-20-year latency. With this in mind, and assuming that the latency time will have an approximate normal distribution, it comes as no surprise that thyroid cancer would start to rise within 4 years of the accident.

One strength of our study is its large number of person-years observed: 247,384,706. By comparison, the pooled analysis of seven studies, including the atomic bomb survivors investigated by Ron and Lubin et al., accounts for only 3 million person-years [25]. However, one weakness of our investigation is the lack of a stratification of the data according to levels of I-131 contamination. Field measurements of radio-iodine can be used only when performed within the first days after an accident, because of the short half-life of

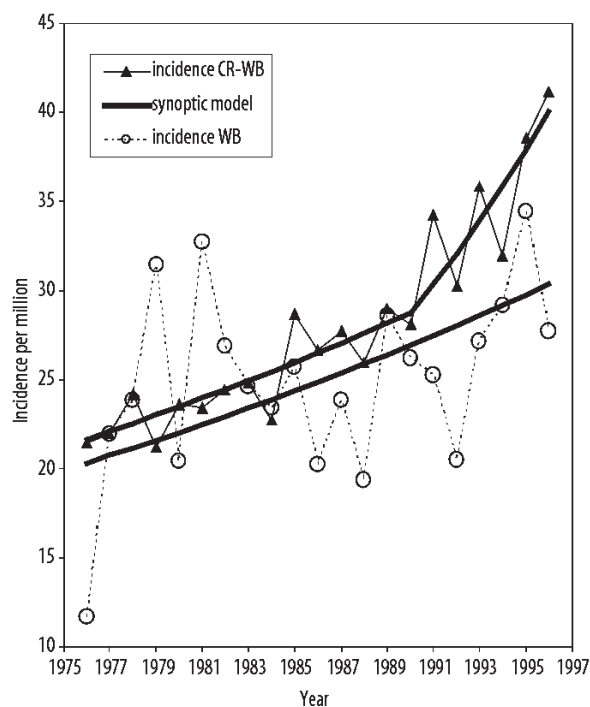


Figure 5. Age-standardized incidence of thyroid cancer in the Czech Republic for West Bohemia (WB) and the remainder of the Czech Republic (CR-WB, cf. Figure 1)

I-131. Although it is known that iodine fallout did not strongly parallel cesium deposition, a certain association of iodine and cesium is to be expected. Therefore, we recommend stratifying the Czech thyroid cancer incidence data by, say, two to five regions according to levels of Cs-137 deposition. If the additional increases in the thyroid cancer incidence were different in differently contaminated regions, this would eventually strengthen the evidence of a causal relationship. In ecological studies one should consider iodine deficiency as a confounder, because iodine deficiency could exacerbate thyroid uptake of radioactive iodine. Positive and significant correlations of the thyroid cancer incidence with measured or reconstructed I-131 deposition have been reported previously [2,15,26,27]. A motivating example for a spatial-temporal approach is shown in Figure 5. In the less contaminated West Bohemia ([3], Figure 1) no significant broken-stick effect is found, whereas in the remainder of the Czech Republic, in 1990, the trend of thyroid cancer incidence changes its slope significantly.

CONCLUSIONS

Our investigation shows an additional increase of thyroid cancer incidence in the Czech Republic four years after the Chernobyl accident. This effect is dependent on gender, but essentially

independent of age. Our findings complement previous results by others, which were mainly confined to children and adolescents. However, this type of study based on highly aggregated data has weaknesses with respect to causal interpretation. Independent evidence can perhaps be obtained from other national cancer registries of moderately or highly contaminated countries in eastern or northern Europe, as for example Poland [28].

REFERENCES:

1. United Nations. General Assembly. Strengthening of international co-operation and coordination of efforts to study, mitigate and minimize the consequences of the Chernobyl disaster. Report of the Secretary-General, A/50/1995, New York, 1995
2. Malko MV. Risk assessment of radiation-induced thyroid cancers in Belarus. *Environmental Management and Health*, 2000; 11: 455-67
3. Mürbeth S: Epidemiologische Studie über die Häufigkeit von Schilddrüsenkreberkrankungen in Westböhmen und in der Tschechischen Republik im Zeitraum 10 Jahre vor und 10 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe (1976-1996). PhD Thesis, Institute of Radiation Biology, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, 2002
4. Noshchenko AG, Moysich KB, Bondar A et al: Patterns of acute leukaemia occurrence among children in the Chernobyl region. *Int J Epidemiol*, 2001; 30(1): 125-29
5. Kasakov VS, Demidtschik EP, Astakhova LN: Thyroid cancer after Chernobyl. *Nature*, 1992; 359: 21
6. Likhtarev IA, Sobolev BG, Kairo IA et al: Thyroid cancer in the Ukraine. *Nature* 1995, 375, 365.
7. Tronko MD, Bogdanova TI, Komissarenko IV et al: Thyroid carcinoma in children and adolescents in Ukraine after the Chernobyl nuclear accident: statistical data and clinicomorphologic characteristics. *Cancer*, 1999; 86(1): 149-56
8. Lengfelder E, Demidtschik E, Demidtschik J et al: 10 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe: Schilddrüsenkrebs und andere Folgen für die Gesundheit in der GUS. *Münchener Medizinische Wochenschrift*, 1996; 138: 259-64 (German)
9. Cardis E, Amoros E, Kesminiene A et al: Observed and predicted thyroid cancer following the Chernobyl accident: Evidence for factors influencing susceptibility to radiation induced thyroid cancer. In: Thomas G, Karaoglou A, Williams ED. (eds.): *Radiation and Thyroid Cancer*, EUR 18552 EN. Singapore: World Scientific, 1999
10. Lengfelder E, Demidtschik E, Demidtschik J et al: 14 Jahre nach Tschernobyl: Schilddrüsenkrebs nimmt zu. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 2000, 142, 353-354 (German).
11. Thompson DE, Mabuchi K, Ron E et al: Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: Solid tumours, 1958-1987. *Review. Radiat Res*, 1994; 137(Suppl.2): 17-67
12. Gembicki M: Incidence of thyroid cancer in children and adolescents in Belarus after the Chernobyl catastrophe in 1986. *Wiad Lek*, 2001; 54(Suppl.1): 143-48 (Polish)
13. Parshkov E, Sokolov V, Tsyb A, Barnes J: Radiation-induced thyroid cancer in children and adult population, living in contaminated territories after the Chernobyl accident. *International Journal of Radiation Medicine*, 2003; Special Issue 5 (1-2): 198-206
14. Szybinski Z, Olko P, Przybylik-Mazurek E, Burzynski M: Ionizing radiation as a risk factor for thyroid cancer in Krakow and Nowy Sacz regions. *Wiad Lek*, 2001; 54(Suppl. 1): 151-56 (Polish)
15. Cotterill SJ, Pearce MS, Parker L: Thyroid cancer in children and young adults in the North of England. Is increasing incidence related to the Chernobyl accident? *Eur J Cancer*, 2001; 37(8): 1020-26

16. Office for Official Publications of the European Communities. Atlas of Caesium Deposition on Europe after the Chernobyl Accident, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1998
17. United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation. Exposures from the Chernobyl accident. In: Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation. New York: United Nations. Report to the General Assembly, 1988.
18. Institute of Health Information and Statistics (IHIS) of the Czech Republic. Cancer Incidence 1995 in the Czech Republic. Prague: IHIS, 1998
19. Rothman KJ: Modern Epidemiology. Boston: Little Brown & Co, 1982
20. Cox DR: Analysis of Binary Data. London: Chapman and Hall, 1970
21. Carlstein E, Müller HG, Siegmund D (Editors): Change-point Problems. Lecture Notes - Monograph Series, Volume 23. Bethesda: Institute of Mathematical Statistics, 1994
22. Scherb H, Weigelt E: Congenital Malformation and Stillbirth in Germany and Europe Before and After the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident. In: Chernobyl, eds. Faybishenko B, Baryakhtar V, Young A. Environmental Science and Pollution Research, Special Issue 1, 2003;117-25
23. Bansal AK, Sharma S: A model for clustering of longitudinal data sets of infant mortality rates in India. Med Sci Monit, 2003; 9(4): PH1-PH6
24. SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide, Version 8.2. Cary NC: SAS Institute Inc, 1999
25. Ron E, Lubin JH, Shore RE et al: Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. Radiation Research, 1995; 141(3): 259-77
26. Bleuer JP, Averkin YI, Abelin T: Chernobyl-related thyroid cancer: what evidence for role of short-lived iodines? Environmental Health Perspectives 1997, 105 Suppl 6, 1483-1486.
27. Matveenko II, Germenchuck MG, Shagalova ED, Zhukova OM: Migration and forecast of the radioactive contamination of the soil, water and air on the territory of Belarus after the accident at the Chernobyl NPP. Proceedings of the International Conference "One Decade after Chernobyl: Summing up the Consequence of the Accident", Vol. 2, IAEA, Vienna, 1997; 64-70
28. Kowalczyk JR, Dudkiewicz E, Balwierz W et al: Incidence of childhood cancers in Poland in 1995-1999. Med Sci Monit, 2002; 8(8): CR587- CR590

Černobyl: změna sex ratio u českých novorozenců v listopadu 1986

MUDr. Miroslav Peterka, CSc.

Oddělení teratologie, Ústav experimentální medicíny AVČR, Praha

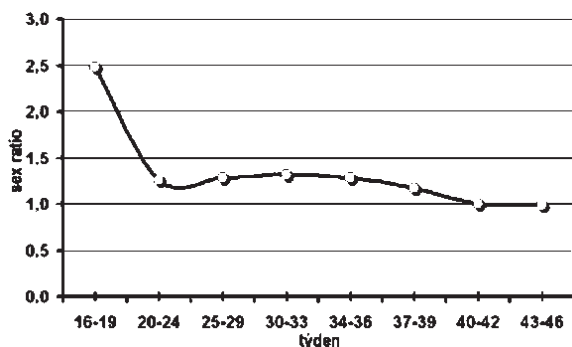
1. Sex ratio

Protože epidemiologická data o počtech novorozenců s vrozenou vadou představují pouze část prenatalně vzniklých vývojových vad a statistické údaje o časných abordech jsou nepřesné, zaměřili jsme se na další parametr, který by pomohl odhalit prenatalní reprodukční ztráty. Testovali jsme zda novorozenecké sex ratio může představovat užitečný indikátor prenatalního rizika expozice nebezpečným environmentálním faktorem v epidemiologických studiích.

Sex ratio je termín vyjadřující relativní proporcii jedinců mužského a ženského pohlaví. Můžeme je vztáhnout k prenatalní nebo postnatalní periodě vývoje. Budeme dokumentovat, že novorozenecké sex ratio může být velice užitečným nástrojem pro hodnocení kvality reprodukce, podobně jako porodní váha, nebo incidence malformací, spontánních abortů a mrtvorozených plodů.

1.1. Prenatální sex ratio

Literární data o prenatalním sex ratio se v detailech liší, ale všechna se shodují v tom, že při početí je výrazně vyšší počet mužských než ženských plodů (Wells, 2000). Sex ratio (podíl chlapci : dívky) 2.5 (tj. 2.5 krát více mužských



Obr.1: Prenatální a časně postnatalní sex ratio u člověka v závislosti na post-koncepčním stáří. Upraveno podle Vatten a Skjaerven, 2004.

než ženských plodů) bylo určeno během 16. - 19. týdne těhotenství. Během dalšího prenatalního vývoje tento poměr postupně klesal, a před porodem byl pouze 1.17 (Vatten a Skjaerven, 2004). Z těchto pozorování vyplývá, že počet mužských plodů se dramaticky snížil: mužská embrya a plody jsou potráceny častěji, než embrya a plody ženské (Obr. 1).

Dalším důkazem častějšího vymírání mužských plodů je nález vyššího prenatalního sex ratio 1.3 (odpovídá 56.52% mužských a 43.48% ženských plodů) u spontánních abortů s normálním karyotypem (Hassold et al., 1983; Mizuno, 2000).

1.2. Novorozenecké sex ratio a vyšší zranitelnost mužských embryí/fétů

Důležitým faktem je, že i po ukončení prenatalního vývoje zůstává počet narozených chlapců vyšší než počet narozených dívek. V České republice se po dlouhou dobu rodí v průměru 105 chlapců na 100 dívek - t.j. novorozenecké sex ratio 1.05 (data převzata z Českého statistického úřadu). Podobné novorozenecké sex ratio bylo nalezeno i v jiných populacích. Např. ve Švédsku, Německu, Norsku, Finsku, Holandsku, Dánsku, Kanadě a v USA bylo nalezeno sex ratio 1.06 (Davis et al., 1998) což odpovídá 51.46% chlapců a 48.54% dívek.

Je známo několik škodlivých environmentálních faktorů, které mohou změnit sex ratio u potomstva. Snížení podílu narozených chlapců bylo hlášeno po dlouhodobé expozici chemickým faktorům prostředí (Nicolich et al., 2000). Například u dětí, jejichž rodiče byli kontaminováni TCCD - dioxinem, byl zaznamenán menší podíl novorozenců chlapců (Mocarelli et al., 1996; Mocarelli et al., 2000). Podobně tomu bylo i u rodičů, kteří kouřili více než 20 cigaret denně (Fukuda et al., 2002).

Jedno vysvětlení pro snížení podílu mužských novorozenců v důsledku škodlivých faktorů pro-

středí navrhuje Jamesova hypotéza (James, 1996). Geneticky je pohlaví embrya nezvratně určeno spermií X nebo Y během oplodnění. Koncentrace rodičovských hormonů v období koncepcce může částečně ovlivnit spermie a tím pohlaví u potomků: nízká koncentrace testosteronu a estrogenů může souviset se vznikem dívčích plodů (James, 1996). Anti-estrogenní a anti-androgenní vlastnosti dioxinu (Jongbloet et al., 2002) a anti-estrogenní efekt kouření je dobře znám (Michnovicz et al., 1988). Oba tyto nebezpečné faktory mohou redukovat počet mužských plodů během pre- nebo peri-koncepčního období a změnit tak sex ratio na úplném začátku těhotenství (James, 2002a; James, 2002b).

Vyšší citlivost chlapeckých plodů na prenatální poškození environmentálním stresem vyústí v jejich aborty (Hassold et al., 1983; Mizuno, 2000; Wells, 2000) což vysvětluje snížení sex ratio mezi početím a narozením. Větší zranitelnost mužských plodů vyústí buď v jejich častější potraty (Wells, 2000) a/nebo ve vyšší incidenci novorozenců mužského pohlaví s vývojovou malformací.

V České republice se rodí jednoznačně více chlapců s vrozenou vadou a dlouhodobé sex ratio u všech malformovaných novorozenců je 1.5 - tj. o polovinu více chlapců než děvčat (Česká zdravotnická statistika). Počítáme-li pouze chlapce a dívky s orofaciálním rozštěpem narozené v Čechách, pohybuje se sex ratio okolo hodnoty 1.3 (Peterka et al., 1995; Peterka et al., 1996; Peterka et al., 2000).

Mužské plody jsou zranitelnější, a proto dlouhodobě trávající signifikantně vyšší podíl novorozenců je známkou reprodukční stability a zdravé populace (Davis et al., 1998; Vartiainen et al., 1999; Campbell, 2001). Naopak snížení podílu novorozenců je indikátorem působení nepříznivých zevních faktorů. Proto jsme použili novorozenecké sex ratio pro pátrání po možných následcích Černobylské havárie na prenatální populaci v České republice.

2.

Havárie v Černobylu a novorozenecké sex ratio v ČR

Exploze Černobylské atomové elektrárny 26. dubna 1986 způsobila rozsáhlou kontaminaci radioaktivním spadem na mnoha místech po celém světě (Brodway et al., 1988; Shizuma et al., 1987).



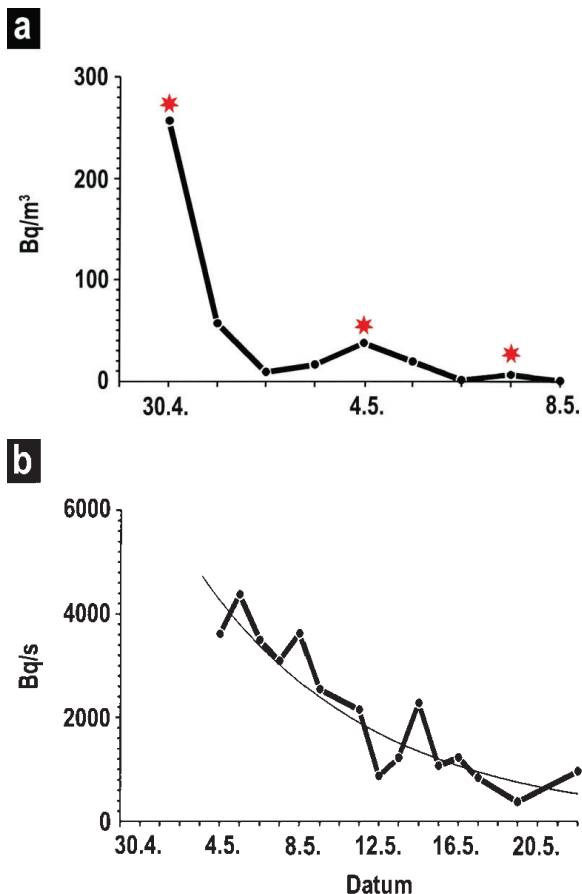
Obr. 2: Schéma zobrazuje polohu naší republiky vzhledem k Černobylu. Šipka označuje přibližnou vzdálenost Praha - Černobyl (podle Peterka et al., 2004)

V místě exploze způsobila radiace smrt přibližně 100 lidí a prudce vzrostl nárůst rakoviny štítné žlázy (především u dětí) v Bělorusku a na Ukrajině (Nikiforof et al., 1994; Jakob et al., 2000; Leenhouts et al., 2000). Vzrostl také počet vývojových malformací (Gavlyliuk et al., 1992; Lazjuk et al., 1997; Romanova et al., 1998), spontánních abortů (Gavlyliuk et al., 1992; Karakashian et al., 1997) a chromozomálních aberací (Gavlyliuk et al., 1992). Vzestup počtu spontánních abortů byl nalezen nejen v přilehlých oblastech (Gavlyliuk et al., 1992; Karakashian et al., 1997), ale také ve Finsku (Auvinen et al., 2001) a Norsku (Ulstein et al., 1990; Irgens et al., 1991). V Německu byl po výbuchu zaznamenán vzestup perinatální mortality (Scherb et al., 2000) a trisomie 21 (Sperling et al., 1994). Zvýšení počtu dětí s Downovým syndromem a leukémií byl nalezen ve Švédsku (Ericsson a Kallen, 1994). Nárůst počtu dětí s onemocněním štítné žlázy byl hlášen z Maďarska (Lukacs et al., 1997).

2.1. Radioaktivní mrak a celotělová radioaktivita v ČR

Přímá vzdálenost mezi Českou republikou a Černobylem je přibližně 1000 km (Obr. 2). Avšak kontaminace různých míst radionuklidy nezávisela pouze na geografické vzdálenosti, ale především na aktuální lokální meteorologické situaci: na větru, který unášel radioaktivní mrak a na dešti, který transportoval radionuklidy na zem (Bangert et al., 1986).

Tři vlny radioaktivních mraků byly zaregistrovány monitorovacími systémy v květnu 1986 v České republice na základě koncentrace radionuklidů zachycených ze vzduchu (Kunz, 1986).



Obr. 3: (a) Tři vlny radiace naměřené v pražském ovzduší v Bq/m³ v roce 1986. Hvězdičky označují naměřená maxima. (b) Celotělová radiace naměřená v Bq/s. Tenká čára představuje exponenciální křivku (Peterka et al., 2004).

Mraky přinesly izotopy s různým poločasem rozpadu (Tab. 1): hlavně telur (¹³²Te), jód (¹³¹I), ruthenium (¹⁰³Ru), cesium (¹³⁷Cs a ¹³⁴Cs) a stroncium (⁹⁰Sr).

Tabulka 1:
Poločas rozpadu některých radionuklidů

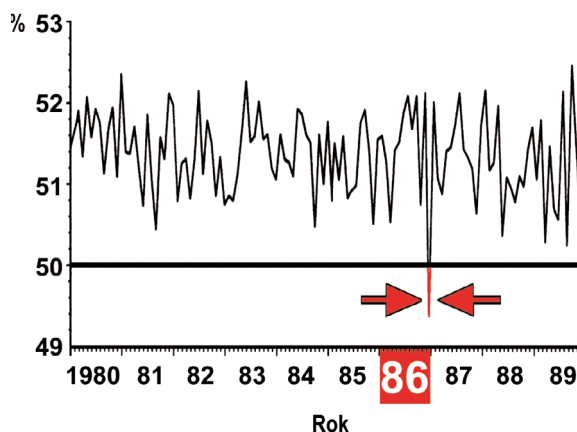
¹⁴⁰ La	1.7 dní
¹³² Te	3.3 dní
¹³¹ I	8 dní
¹⁰³ RU	1 rok
¹³⁴ Cs	2 roky
¹³⁷ Cs	30 let
⁹⁰ Sr	30 let

Během průchodu první vlny radioaktivního mraku dne 30. dubna byly naměřeny maximální hodnoty radiace okolo 257 Bq/m³. Poté radiace klesala a při průchodu druhého radioaktivního mraku dne 4. května byla radiace 6krát nižší a dosáhla hodnoty pouze 38 Bq/m³. Třetí vlna radiace přišla kolem 7. května a hodnoty radiace naměřené ve vzduchu byly pouze 7 Bq/m³ (Obr. 3a).

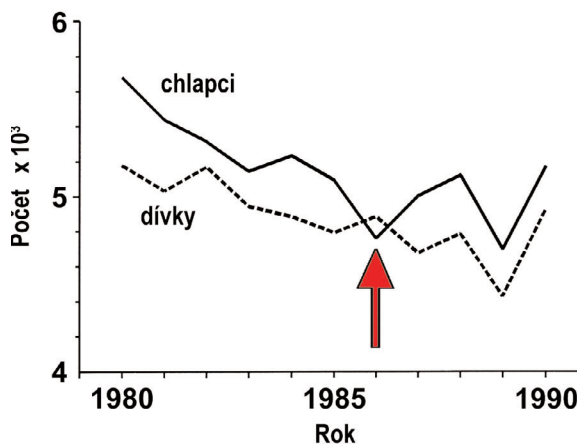
Monitorování celotělové radiace začalo až 4. května, tedy až v době průchodu druhého radioaktivního mraku. Průměrné hodnoty celotělové radiace činily okolo 4000 Bq/s (Obr. 3b). Pro neměřený časový úsek mezi 30. dubnem až 3. květnem byla celotělová radiace odhadnuta na hodnotu daleko vyšší - asi 9000 Bq/s (Kunz, 1986). Pokles radioaktivity v prostředí byl s určitým opožděním následován i postupným poklesem celotělové radiace u lidí během následujících dvou týdnů počínaje 4. květnem (Kunz, 1986).

2.2. Změna novorozeneckého sex ratio v listopadu 1986

Novorozenecký sex ratio je v České republice velmi stabilním jevem. Ověřovali jsme absolutní počty novorozenců dívek a chlapců v každém ze 600 měsíců po sobě jdoucích od roku 1950-1999. V 599 měsících se vždy narodilo více



Obr. 4: Novorozenecký sex ratio. Procento chlapců narozených každý měsíc během let 1980-1989. Šipky ukazují obrácení sex ratio (tj. pokles počtu chlapců pod 50%) v listopadu 1986.



Obr. 5: Absolutní počet novorozenců chlapců (plná čára) a dívek (přerušovaná čára) pouze v listopadu během každého roku 1980-1990. Šipka ukazuje listopad 1986.

chlapců než dívek. V průměru to bylo 51.42% chlapců a 48.58% dívek, což v absolutních hodnotách představovalo průměrně každý měsíc o 342.1 chlapců navíc. Jedinou výjimkou byl listopad 1986 (Obr. 4, 5), kdy novorozenecké sex ratio bylo obrácené. Narodilo se signifikantně méně chlapců než dívek ($p < 0.05$): 49.35% chlapců a 50.65% dívek. Tento měsíc byl také jediným v celém období 1950-1999, kdy procento novorozenců bylo nižší než 50%. Pokles novorozenců v listopadu 1986 nemůže být vysvětlen předčasným narozením chlapců o měsíc či dva dříve, neboť v září ani v říjnu nebyl počet novorozenců zvýšen ($p > 0.05$). Feminizace externích genitálií není také pravděpodobná, neboť počet narozených dívek v listopadu 1986 nebyl zvýšen ($p > 0.05$) v porovnání s ostatními listopady v předchozích letech (Obr. 5). Pokles počtu novorozenců chlapců v listopadu 1986 byl absolutní. Celkový počet chybějících chlapců v listopadu 1986 byl odhadnut na 467 (Peterka et al., 2004).

Můžeme tedy předpokládat negativní vliv relativně nízkých dávek záření na prenatální populaci, která se manifestovala selektivní ztrátou částí mužských plodů (Peterka et al., 2004). Tento závěr je v souladu se zvýšeným počtem abortů zaznamenaných ve Finsku (Auvinen et al., 2001) a v Norsku (Ulstein et al., 1990; Irgens, 1991) po Černobylské havárii.

2.3.

Prenatální kritická perioda účinku radiace

V oblastech naší republiky zamořených radiací po Černobylské explozi byly také ženy, které procházely 1. až 9. měsícem těhotenství. Děti, které se narodily během listopadu 1986, byly počaty mezi 8. únorem a 10. březnem 1986. V době vrcholu radiace (od 30. dubna do 7. května) byl jejich prenatální věk 8. - 12. týdnů. V tomto věku je geneticky sex plodu již dávno determinován a změna sex ratio nemůže být vysvětlena výše zmíněnou hypotézou Jamese (1996). Během třetího měsíce těhotenství byla zjištěna zvýšená

citlivost plodů na poškození mozku radiací po výbuchu atomových bomb v Hirošimě a Nagasaki (Yamazaki a Schull, 1990). Účinek radiace byl vysvětlován poruchou migrace nezralých neuronů do mozkové kůry v období mezi 8. - 15. týdnem prenatálního vývoje (Yamazaki a Schull, 1990). Není vyloučeno, že poškození vývoje mozku se mohlo podílet i na ztrátě mužských plodů po Černobylské explozi.

2.4. Hypotéza o příčině selektivní ztráty mužských plodů

Můžeme spekulovat o možných příčinách potratů mužských plodů po Černobylské katastrofě. Jedním z možných kandidátů je radionuklid jód131, jehož koncentrace v radioaktivním mraku byla po explozi velmi vysoká (Broadway et al., 1988; Shizuma et al., 1987; Stenke et al., 1987; Gembicki et al., 1991). Eheman et al., (2003) zdůraznil riziko autoimunitního onemocnění štítné žlázy v souvislosti s expozicí environmentální radiací. Radioaktivní jód131 může způsobit hypothyreózu a zvýšit u budoucí matky riziko předčasného potratu (Tatham et al., 2002) nebo spontánního abortu (Grossmann et al., 1996). Je všeobecně známo, že choroby štítné žlázy během těhotenství mohou vést k potratu, mrtvorozenosti, neonatální smrti a snížené porodní váze. Proto je užití radioaktivního jódu absolutně kontraindikované během těhotenství (Bishnoi a Sachmechi, 1996; Ogris, 1997). Navíc, vývoj mozku u fétu je velmi citlivý na exces i deficit thyroidního hormonu u matky (Zoeller et al., 2002; Poppe a Glinioer, 2003). Formulovali jsme proto hypotézu, že přechodné zvýšení jódu 131 mohlo poškodit štítnou žlázu u matky a/nebo u plodu a způsobit spontánní abort u nejvíce zranitelné části prenatální populace (Peterka et al., 2004).

3.

Použitá literatura

Viz anglický překlad.



Chernobyl: prenatal loss of four hundred male fetuses in the Czech Republic

Miroslav Peterka*, Renata Peterková, Zbyněk Likovský

*Department of Teratology, Institute of Experimental Medicine Academy of Sciences CR,
Videnska 1083, 142 20 Prague 4, Czech Republic*

Received 28 May 2003; received in revised form 31 July 2003 ; accepted 12 September 2003

Abstract

The long-standing higher male birth fraction is considered an indicator of reproduction stability and health. In contrast, a decrease in the male birth fraction has been reported after prenatal exposure to environmental chemical factors. There is generally higher vulnerability of boys to prenatal damage by environmental stress. We formulated a hypothesis that the Chernobyl disaster might also have had a greater negative impact on male than on female fetuses, leading to their selective loss and to a decrease in the male birth fraction. To test this hypothesis, we examined demographic data on monthly natality in the territory of the Czech Republic from 1950 to 1999. The male birth fraction was higher in the Czech Republic each month between 1950 and 1999 except November 1986, when it was significantly ($P < 0.05$) reduced. This finding suggests a selective negative effect of the Chernobyl accident on male fetuses during the 3rd month of prenatal development.

© 2003 Elsevier Inc. All rights reserved.

Keywords: Sex ratio; Radiation; Pregnancy outcome; Spontaneous abortion

1. Introduction

In April 1986, an explosion in the Chernobyl atomic power station caused a widespread fall-out of radionuclides contaminating many places around the world including the United States [1] and Japan [2]. In Belarus and Ukraine, radiation caused the death of about 100 people and a rise in incidence of childhood thyroid cancer [3-5]. Increases in rates of congenital malformations [6-8], spontaneous abortions [7,9] and chromosomal aberrations [7] were also reported.

The possible effect of lower doses of radiation from the Chernobyl accident on pregnancy outcome is still discussed in Europe. After Chernobyl, an increase in spontaneous abortions was reported not only in the adjacent area [7,9] but also in Finland [10] and Norway [11,12]. In

Germany, increases were observed in perinatal mortality [13] and trisomy 21 [14]. A slight excess of Down syndrome and childhood leukemia were reported in Sweden [15] and thyroid diseases have been found in children in Hungary [16].

The long-standing significantly higher male birth fraction represents a reliable indicator of reproduction stability and health [17-19]. In Sweden, Germany, Norway, Finland, Netherlands, Denmark, Canada and the United States, the sex ratio of male to female births was 1.06 corresponding to 51.46 and 48.54% of births, respectively [17]. Decreases in the male birth fraction were reported after long-term exposure to environmental agents [20] and peri-conception smoking of the parents [21]. This is consistent with a generally higher vulnerability of

* Corresponding author. Tel.: +420-24106-2232; fax: +420-24106-2604. E-mail address: peterka@biomed.cas.cz (M. Peterka).
0890-6238/\$ - see front matter © 2003 Elsevier Inc. All rights reserved. doi:10.1016/j.reprotox.2003.10.010

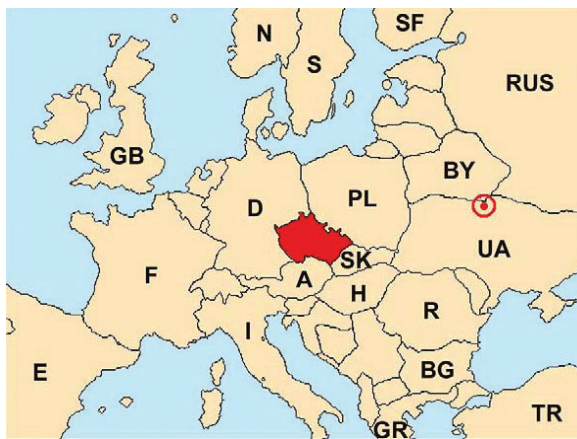


Fig. 1. Schematic map of Europe showing the position of the Czech Republic (red colour) and Chernobyl (red circle). The straight line distance between the central part of the Czech Republic (its capital Prague) and Chernobyl is about 1100 km.

male conceptuses to prenatal damage caused by environmental stresses and gender-bias toward loss of male fetuses [22]. Indeed, a higher sex ratio of 1.30 (corresponding to 56.52% boys and 43.48% girls) has been estimated for spontaneously aborted fetuses with normal karyotypes [23,24].

Since environmental stress appears to affect male conceptuses more severely than females, we examined the effect of the Chernobyl accident on the ratio of male to female births (sex ratio) in the Czech Republic. The straight line distances of Chernobyl and the west and east borders of the Czech Republic (Fig. 1) are approximately 1200 and 850 km, respectively. However, the contamination of a specific site by radionuclides depends not only on the distance, but also on the speed and direction of the wind convecting the radioactive clouds and on the rain transporting the radionuclides from the clouds to land [25]. Therefore, our data on the newborn sex ratios were correlated with the published levels of radioactivity in the atmospheric aerosol and whole body radioactivity in residents measured in Prague after the Chernobyl accident [26].

2. Material and methods

We evaluated the number of newborn boys and girls in each of 600 consecutive months from 1950 to 1999. We employed official national demographic data registered by the Czech Statistical Office in Prague. Statistical signifi-

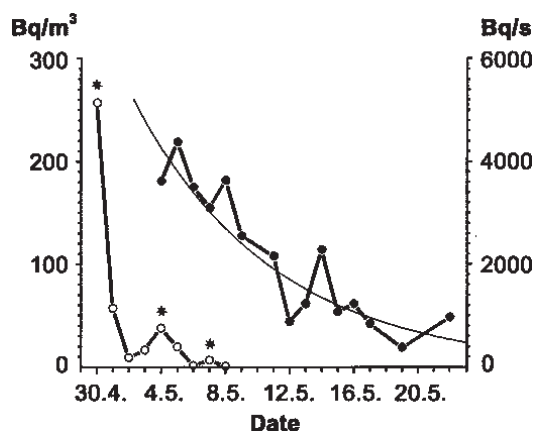


Fig. 2. Graphs showing levels of radioactivity in the atmospheric aerosol (left ordinate) and whole body radioactivity in residents measured in Prague (right ordinate) [26]. The summarized concentrations of five radionuclides in atmospheric aerosol including tellurium (Te^{132}), iodine (I^{131}), ruthenium (Ru^{103}), and caesium (Cs^{137} and Cs^{134}) are plotted in Becquerel per cubic meter (Bq/m^3) each day from April 30 till May 8, 1986. Note the three waves (black stars) of radioactivity. Measuring of the mean whole body radioactivity in residents (men and women) in Becquerel per second (Bq/s) from May 4 to May 22.

cance of the number of newborn boys and girls was tested using the Chi-square test and the Confidence interval estimate of the mean [27].

3. Results

Czech monitoring of radionuclides in the atmospheric aerosol detected three waves of radioactive clouds that passed above the territory of the Czech Republic [26] (Fig. 2). The clouds contained mostly tellurium (Te^{132}), iodine (I^{131}), ruthenium (Ru^{103}) and caesium (Cs^{137} and Cs^{134}). The maximum value, about $257 \text{ Bq}/\text{m}^3$, was detected at the start of monitoring (April 30) corresponding to the first wave of radioactive clouds. The maximum concentration of radionuclides during the second wave of clouds (May 4) was six times lower-only $38 \text{ Bq}/\text{m}^3$. The third wave (about May 7) was the least radioactive-only $7 \text{ Bq}/\text{m}^3$ as a maximum. The dramatic decrease of radioactivity in the aerosol (mainly I^{131} and Te^{132} with short radioactive half-lives) during the second week after the accident (May 1-9) was more than two orders of magnitude compared to the beginning of monitoring (Fig. 2). The three radioactive waves were also registered in other parts of the country, e.g., in south Bohemia (monitoring station České Budějovice) and south Moravia (monitoring station Moravský Krumlov).

The contamination of our country's territory by radionuclides from Chernobyl led to an increase in whole body radioactivity in humans (Fig. 2).

The monitoring of whole body radioactivity started as late as May 4, 1986, at the time of the peak of the second wave of radioactive clouds when the mean value was about 4000 Bq/s. Whole body radioactivity was not measured from April 30 to May 3 when the radioactivity in the atmospheric aerosol was the most intensive. Whole body radioactivity at that time has been estimated to be as high as 9000 Bq/s [26] (Fig. 2). The decrease in environmental radioactivity was followed, after a delay, by a gradual decrease in whole body radioactivity in people during the 2 weeks following May 4 (Fig. 2).

The absolute number of births was checked separately for girls and boys in each of 600 consecutive months from 1950 to 1999. The birth sex ratio appeared to be a very stable phenomenon in the Czech population.

In 599 months, there were a higher number of boys born (51.42%) than girls (48.58%) by 342.1 (2.83%) on average. The only exception was November 1986 (Fig. 3), when the sex ratio reversed: there were actually 125 (1.30%) fewer boys born (49.35%) than girls (50.65%) with a significant difference ($P < 0.05$). This month was the only one in which the percentage of male births fell below the 50% level out of 600 months from 1950 to 1999. The difference between the numbers of boys in November 1986 and all other months combined was significant ($P < 0.05$). The number of male births in September or October 1986 did not increase ($P > 0.05$). The number of girls born in November 1986 did not change ($P > 0.05$) compared to other Novembers (Fig. 3).

4. Discussion

We documented a reverse in the newborn sex ratio as a result of decrease in the male birth fraction in the Czech Republic 7 months after the Chernobyl explosion. The decrease cannot be explained by premature delivery of the boys, since the number of male births in September or October 1986 did not compensate for the November deficit (see also Fig. 3). Based on these findings, the total number of missing boys in November 1986 could be estimated to be 467 (342.1 + 125).

The present data suggest a negative impact of relatively low level radiation on the prenatal population manifested as a selective loss of a percentage of male fetuses. This is in agreement with the increase in the spontaneous abortions in Finland [10] and Norway [11,12] after the

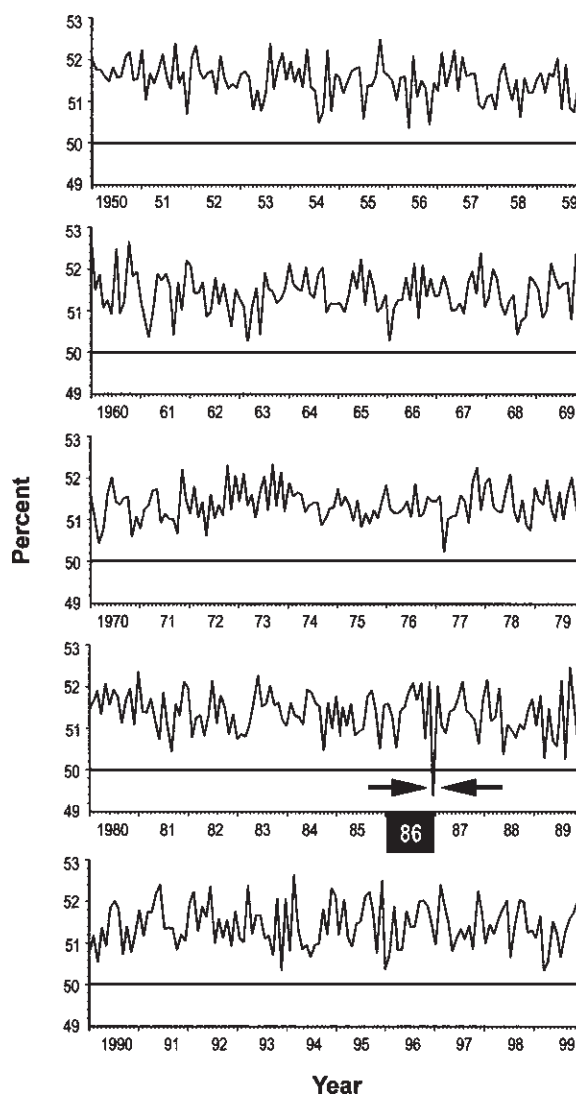


Fig. 3. Graph documenting the reduction of male births in November 1986. The relative number (percent) of male births is plotted for each month during 1950-1999. Red arrows indicate the significantly reduced male birth fraction in November 1986. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Chernobyl explosion. No increase in the rate of spontaneous abortions or congenital malformations has been reported in Sweden [15]. However, a reduction in conception rate as well as increase in induced abortions occurred there after the accident [15]. Reduction of births has been also observed in Italy in the first trimester of 1987 and related to a voluntary decrease in the number of planned pregnancies or the termination of some of them as consequence of post disaster stress [28].

Some harmful environmental factors are known to change the sex ratio in offspring. For example, a lower male birth fraction has been found in children born to parents contaminated by TCDD (dioxin) during the disaster in Seveso, Italy in 1976 [29,30]. Fukuda et al. [21] found a

decrease in the sex ratio among children whose both parents smoked more than 20 cigarettes per day. One possible explanation for the decreased sex ratio in these cases has been suggested by James' hypothesis [31] as follows. Genetically, the sex of a conceptus is determined at fertilization; however, parental hormone concentration at conception can perhaps influence the determination of sex in the offspring because low concentrations of testosterone and estrogen are associated with origin of daughters [31]. Antiestrogenic and antiandrogenic properties of dioxin [32] and antiestrogenic effect of smoking is well established [33]. Both these harmful factors might reduce the number of male concepts during pre- or peri-conceptual time and change the sex ratio at the very beginning [34,35].

In the population irradiated after Chernobyl there were also women passing from the 1st to the 9th months of their pregnancy. How old would the male fetuses have been, e.g., those presumably missing among the newborns in November 1986, at the time of the Chernobyl accident? Children with delivery dates in November were conceived between February 8 and March 10, 1986. Their fetal age during the peaks of radioactivity, registered from April 30 to May 7 (Fig. 2), was 57-87 days (about 8-12 weeks) of prenatal development. At this stage, the sex is already determined; hence, the reverse in the sex ratio in November newborns must be attributed to selective miscarriage of some male fetuses.

The higher vulnerability of male conceptuses to prenatal damage by environmental stress resulting in spontaneous abortion is well supported [22-24]. We can speculate on possible reasons for these miscarriages after the Chernobyl disaster. One reason might be the radionuclide iodine-131, whose concentration in radioactive clouds was very high after the explosion [1,2,36,37]. Eheman et al. [38] emphasized the risk of autoimmune thyroid diseases associated with environmental radiation exposure. Radioactive iodine-131 can cause hypothyroidism and increase the risk for pre-term delivery [39] and spontaneous abortion [40]. This is consistent with the fact that thyroid disease during pregnancy may lead to abortion, stillbirth, neonatal death and low birth weight, and that use of radioactive iodine is absolutely contraindicated during pregnancy [41,42]. Fetal brain development is very sensitive to thyroid hormone excess or deficit in mother [43,44].

The 3rd month of prenatal development fits the critical period of vulnerability of the developing fetal brain to radiation injury reported after the atomic bombings in Hiroshima and Nagasaki [45]. In these cases, radiation injury led to an increase in perinatal mortality. The radiation effect has been explained by the impaired migration of immature neurons to the brain cortex over the course of the 8th-15th week of prenatal development [45]. We hypothesize that brain development could also be impaired in fetuses lost after the Chernobyl explosion. A defect in maternal thyroid function might be involved in this case. Radiation as well as stressful life events [46] induced by Chernobyl might have negatively influenced the outcome of pregnancies taking place at that time.

Comparison of the newborn sex ratio between different territories and its correlation with dynamics of contamination by radionuclides would help to determine the risk of irradiation in prenatal human population.

Acknowledgments

The study was supported by the Academy of Sciences CR. No. AV0Z 50 39 906. The technical assistance of Miss B. Rokytová and the language revision by Mr. J. Dutt are gratefully acknowledged. The authors wish to thank the reviewers of this manuscript for their helpful comments.

References

- [1] Broadway JA, Smith JM, Norwood DL, Porter CHR. Estimates of radiation dose and health risks to the United States population following the Chernobyl nuclear plant accident. *Health Phys* 1988;55:533-9.
- [2] Shizuma K, Iwatani K, Hasai H, Nishiyama F, Kiso Y, Hoshi M, Sawada S, Inoue H, Suzuki A, Hoshita N, Kanamori H, Sakamoto I. Observation of fallout in Hiroshima caused by the reactor accident at Chernobyl. *Int J Radiat Biol* 1987;51:201-7.
- [3] Nikiforov Y, Gnepp DR. Pediatric thyroid cancer after the Chernobyl disaster. Pathomorphologic study of 84 cases (1991-1992) from the Republic of Belarus. *Cancer* 1994;74:748-66.
- [4] Jacob P, Kenigsberg Y, Goulko G, Buglova E, Gering F, Golovneva A, Kruk J, Demidchik EP. Thyroid cancer risk in Belarus after the Chernobyl accident: comparison with external exposures. *Radiat Environ Biophys* 2000;39:25-31.
- [5] Leenhouts HP, Brugmans MJP, Chadwick KH. Analysis of thyroid cancer data from the Ukraine after "Chernobyl" using a two-mutation carcinogenesis model. *Radiat Environ Biophys* 2000;39:89-98.
- [6] Lazjuk GI, Nikolaev DL, Novikova IV. Changes in registered congenital anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl accident. *Stem Cells* 1997;15:255-60.
- [7] Gavyliuk IuI, Sozans'kyi OO, Akopian GR, Lozysn'ka MR, Siednieva IA, Glynka PA, Iaborivs'ka OM, Grytsiuk II.

- Genetic monitoring in connection with the Chernobyl accident. *Tsitol Genet* 1992;26:15-29.
- [8] Romanova LK, Pokrovskaia MS, Mladkovskaia TB, Kulikova GV, Volkova EV, Safronova LA, Zhorova ES, Beliaev IK, Gerasiuto GI, Sivakoba IS. Morphological characteristics of lung in embryos and fetuses in women living in region contaminated with radionuclides after at the Chernobyl power plant. *Arkh Patol* 1998;60:32-6.
- [9] Karakashian AN, Chusova VN, Kryzhanovskaia MV, Lepeshkina TR, Martynovskaia TIu, Glushchenko SS, Gorbatiuk LA. A retrospective analysis of aborted pregnancy in women engaged in agricultural production in controlled areas of Ukraine. *Lik Sprava* 1997;4:40-2.
- [10] Auvinen A, Vahteristo M, Arvela H, Suomela M, Rahola T, Hakama M, Rytomaa T. Chernobyl fallout and outcome of pregnancy in Finland. *Environ Health Perspect* 2001;109:179-85.
- [11] Ulstein M, Skeie Jensen T, Irgens LM, Lie RT, Sivertsen E. Outcome of pregnancy in one Norwegian county 3 years prior to and 3 years subsequent to the Chernobyl accident. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1990;69:277-80.
- [12] Irgens LM, Lie RT, Ulstein M, Skeie Jensen T, Skjaerven R, Sivertsen F, Reitan JB, Strand F, Strand T, Egil Skjeldestad F. Pregnancy outcome in Norway after Chernobyl. *Biomed Pharmacother* 1991;45:233-41.
- [13] Scherb H, Weigelt E, Bruske-Hohlfeld I. Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany 1980-1993. *Environ Health Perspect* 2000;108:159-65.
- [14] Sperling K, Pelz J, Wegner RD, Dorries A, Gruters A, Mikkelsen M. Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine month after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or causal relation? *Br Med J* 1994;309:158-62.
- [15] Ericson A, Kallen B. Pregnancy outcome in Sweden after the Chernobyl accident. *Environ Res* 1994;67:149-59.
- [16] Lukacs GL, Szakall S, Kozma I, Gyory F, Balazs G. Changes in the epidemiological parameters of radiation-induced illnesses in East Hungary 10 years after Chernobyl. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd* 1997;114:375-7.
- [17] Davis DL, Gottlieb MB, Stampnitzky JR. Reduced ratio of male to female birth in several industrial countries: a sentinel health indicator? *J Am Med Assoc* 1998;279:1018-23.
- [18] Vartiainen T, Kartovaara L, Tuomisto J. Environmental chemicals and changes in sex ratio: analysis over 250 years in Finland. *Environ Health Perspect* 1999;107:813-5.
- [19] Campbell RB. John Graunt, John Arbuthnott, and the human sex ratio. *Hum Biol* 2001;73:605-10.
- [20] Nicolich MJ, Huebner WW, Schnatter AR. Influence of parental and biological factors on the male birth fraction in the United States: an analysis of birth certificate data from 1964 through 1988. *Fertil Steril* 2000;73:487-92.
- [21] Fukuda M, Fukuda K, Shimizu T, Andersen CY, Byskov AG. Parental periconceptual smoking and male: female ratio of newborn infants. *Lancet* 2002;359:1407-8.
- [22] Wells JC. Natural selection and sex differences in morbidity and mortality in early life. *J Theor Biol* 2000;202:65-76.
- [23] Hassold T, Quillen SD, Yamane JA. Sex ratio in spontaneous abortion. *Ann Hum Genet* 1983;47:39-47.
- [24] Mizuno R. The male/female ratio of fetal deaths and births in Japan. *Lancet* 2000;356:738-9.
- [25] Bangert K, Blasing C, Degener A, Jung A, Ratzek R, Schennach S, Stock R, Urban FJ, Reiser W, Jonas H, et al. Radioactivity in air, rain, soil, plants and food after the Chernobyl incident. *Naturwissenschaften* 1986;73:495-8.
- [26] Kunz, E, editor. Report on radiation situation in CSSR at Chernobyl accident. Prague, 1986.
- [27] Dixon WJ, Massey FJ. Introduction to statistical analysis. New York: McGraw-Hill; 1969.
- [28] Bertollini R, Di Lallo D, Mastroiacovo P, Perucci CA. Reduction of birth in Italy after Chernobyl accident. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:96-101.
- [29] Mocarelli P, Brambilla P, Gerthoux PM, Patterson Jr DG, Needham LL. Change in sex ratio with exposure to dioxin. *Lancet* 1996;348:409.
- [30] Mocarelli P, Gerthoux PM, Ferrari E, Patterson Jr DG, Kieszak SM, Brambilla P, Vincoli N, Signorini S, Tramacere P, Carreri V, Sampson EJ, Turner WE, Needham LL. Paternal concentration of dioxin and sex ratio of offspring. *Lancet* 2000;355:1858-63.
- [31] James WH. Evidence that mammalian sex ratios at birth are partially controlled by parental hormone levels at the time of conception. *J Theor Biol* 1996;180:271-86.
- [32] Jongbloet PH, Roeleveld N, Groenewoud HM. Where the boys aren't: dioxin and the sex ratio. *Environ Health Perspect* 2002;110:1-3.
- [33] Michnovicz JJ, Naganuma H, Hershcopf RJ, Bradlow HL, Fishman J. Increased urinary catechol estrogen excretion in female smokers. *Steroids* 1988;52:69-83.
- [34] James WH. Parental exposure to dioxin and offspring sex ratios. *Environ Health Perspect* 2002;110:A502.
- [35] James WH. Periconceptual parental smoking and sex ratio of offspring. *Lancet* 2002;360:1515.
- [36] Stenke L, Axelsson B, Ekman M, Larsson S, Reizenstein P. Radioactive iodine and cesium in travellers to different parts of Europe after Chernobyl accident. *Acta Oncol* 1987;26:207-10.
- [37] Gembicki M, Sowinski J, Ruchala M, Bednarek J. Influence of radioactive contamination and iodine prophylaxis after the Chernobyl disaster on thyroid morphology and function of the Poznan region. *Endokrynol Pol* 1991;42:273-98.
- [38] Ehemann CR, Garbe P, Tuttle RM. Autoimmune thyroid disease associated with environmental thyroidal irradiation. *Thyroid* 2003;13: 453-64.
- [39] Tatham LM, Bove FJ, Kaye WE, Spengler RF. Population exposure to I-131 releases from Hanford Nuclear Reservation and preterm birth, infant mortality, and fetal death. *Int J Hyg Environ Health* 2002;205:41-8.
- [40] Grossman CM, Morton WE, Nussbaum RH. Hypothyroidism and spontaneous abortion among Hanford, Washington, downwinders. *Arch Environ Health* 1996;51:175-6.
- [41] Bishnoi A, Sachmechi I. Thyroid disease during pregnancy. *Am Family Phys* 1996;53:215-20.
- [42] Ogris E. Exposure to radioactive iodine in pregnancy: significance for mother and child. *Acte Med Austriaca* 1997;24:150-3.
- [43] Zoeller TR, Dowling AL, Herzig CT, Iannacone EA, Gauger KJ, Bansai R. Thyroid hormone, brain development, and the environment. *Environ Health Perspect* 2002;110:355-61.
- [44] Poppe K, Glinoeer D. Thyroid autoimmunity and hypothyroidism before and during pregnancy. *Hum Reprod Update* 2003;9:149-61.
- [45] Yamazaki JN, Schull WJ. Perinatal loss and neurological abnormalities among children of the atomic bomb. Nagasaki and Hiroshima revisited, 1949 to 1989. *J Am Med Assoc* 1990;264:605-9.
- [46] Neugebauer R, Kline J, Stein Z, Shrout P, Warburton D, Susser M. Association of stressful life events with chromosomally normal spontaneous abortion. *Am J Epidemiol* 1996;143:588-96.

Černobylská havárie v kontextu společensko-politického vývoje

Dana Kuchtová

CO SE VLASTNĚ STALO...

Černobylská jaderná elektrárna leží asi 130 km severně od hlavního města Ukrajiny Kyjeva. Elektrárna sestávala se čtyř provozních bloků, v nichž v každém pracoval jaderný reaktor typu RBMK 1000. Čtvrtý blok byl uveden do provozu v prosinci 1983 jako poslední.

25. dubna bylo zahájeno odstavení 4. bloku z provozního výkonu s ohledem na plánovanou opravu. Před odstavením reaktoru měl být proveden celkem běžný experiment, který měl vyzkoušet funkci nového regulátoru magnetického pole rotoru a ověřit, jestli bude turbogenerátor po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen při setrvačném doběhu ještě zhruba 40 vteřin napájet proudem čerpadla havarijního chlazení.

26. dubna 1986 v časných ranních hodinách místního času došlo na 4. bloku černobylské jaderné elektrárny k největší havárii jaderné elektrárny v historii. Po výbuchu reaktoru a během následného požáru, který trval do 10. května 1986, uniklo do životního prostředí velké množství radionuklidů. Stopová množství byla měřitelná téměř na celé severní polokouli.

Viz obrázek 1.

PŘÍČINY HAVÁRIE

O příčinách havárie se polemizovalo a polemizuje neustále. Havárie 4. bloku v Černobylu byla souhrnem mnoha faktorů:

- reaktor RBMK nevyhovoval zásadám bezpečného provozu - typ RBMK byl zastaralý reaktor (tyto reaktory vznikly úpravou vojenských reaktorů)
- selhání lidského faktoru na všech úrovních - na úrovni provozního personálu („provozní slepota“ - nerespektování předpisů), na úrovni vedení elektrárny a rezortu - zde bylo selhání vyvoláno direktivními, často politicky motivovanými rozhodnutími vyšších složek řízení, dále na úrovni výkonu státního dozoru, který byl nedostatečný a politicky ovlivněný.

V kontrastu s těmito nedostatky vystupují hrdinské činy prostých lidí, zejména hasičů, vojáků

a stavitelů sarkofágu, kteří nasazením vlastních životů přispěli ke snížení následků havárie.

NÁSLEDKY HAVÁRIE

Ve dnech havárie byl v Černobylu vítr velmi slabý a jeho rychlost se stále měnila. Výbuch černobylského reaktoru vynesl radioaktivní látky do výše 1500 m, radioaktivní látky byly unášeny přes západní část bývalého SSSR směrem na Finsko a Švédsko. První signály úniku radionuklidů zachytilo Švédsko 27.4. 1986. Mírné opoždění zpráv z Finska bylo způsobeno stávkou personálu monitorovacích stanic. 30. 4. se změnil směr větru, vzduch proudil ze severovýchodu. Do střední Evropy a do tehdejšího Československa se dostaly kontaminované vzdušné masy více směry, severní stopa nad Skandinávií se obrátila a se zpožděním se dostala i na naše území.

Došlo k úniku radioaktivních vzácných plynů (xenon a krypton - těch téměř 100%), dále to byly radioizotopy jódu (uniklo 50-60% veškerého jódu z havarovaného reaktoru). Další prvky a sloučeniny, které unikly, byly cesium a telur (20-60%), dále cer, zirkonium, barium a stroncium. Částičky rozprášeného paliva obsahující štěpné produkty se vyskytovaly též ve formě tzv. horkých částic. Nejvíce jich bylo poblíž Černobylu, byly ale nalezeny i ve Skandinávii a v jihovýchodní Evropě.

Velikost depozice ovlivňovaly nejvíce dešťové srážky, které se na daném území v době přechodu vzdušných kontaminovaných mas vyskytly. Nerovnoměrné rozložení spadu je nejvýraznější na vysoce kontaminovaných územích Běloruska, Ukrajiny a Ruské federace. Měřitelná povrchová kontaminace se projevila na území celé Evropy.

Po havárii došlo k evakuaci cca 116 000 lidí z okolí elektrárny, později bylo ze zamořených oblastí Běloruska, Ukrajiny a Ruské federace přesídleno dalších 220 000 lidí.

Celoplošné zamoření různými radioaktivními látkami výrazně postihlo i zemědělský fond, především Běloruska. Zhruba 7 000 km² země, z toho téměř 3 000 km² kvalitní zemědělské půdy bylo nutné na dlouhou dobu zcela opustit.

26. dubna 1986



2. května 1986



28. dubna 1986



4. května 1986



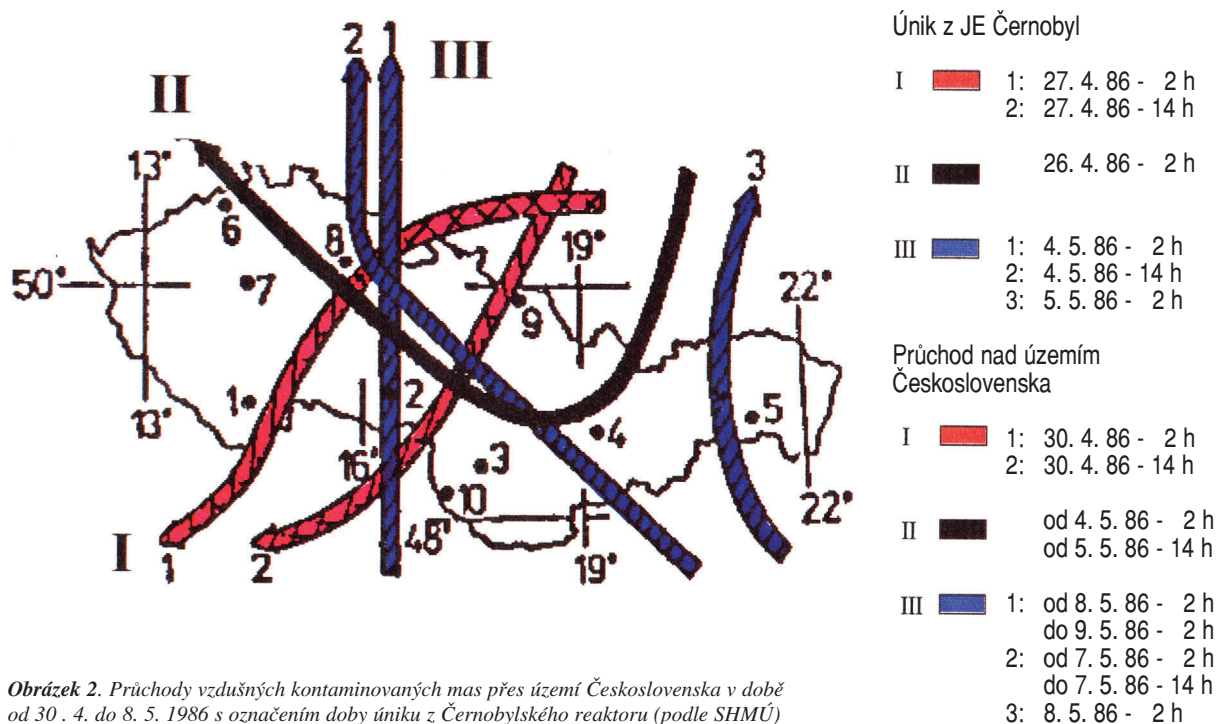
30. dubna 1986



6. května 1986



Obrázek 1. Průchody vzdušných kontaminovaných mas přes Evropu v době od 26. 4. do 6. 5. 1986 (zdroj OECD)



Obrázek 2. Průchody vzdušných kontaminovaných mas přes území Československa v době od 30. 4. do 8. 5. 1986 s označením doby úniku z Černobylského reaktoru (podle SHMÚ)

Na zamořených územích bylo zlikvidováno resp. ponecháno osudu 415 obydlí, 287 zemědělských a průmyslových objektů, 607 škol a dětských zařízení, 95 nemocnic a poliklinik, 550 objektů občanské vybavenosti. Na území, kde je tak vysoká radioaktivita, že podle norem není toto prostředí vhodné pro dlouhodobý pobyt, žije v Bělorusku téměř 2 miliony obyvatel (20% celkového počtu), z toho 400 000 dětí.

Dalším významným zdravím ohrožujícím faktorem bylo olovo. To nebylo součástí radioaktivního spadu, ale důsledek hašení elektrárny. Několik tisíc tun olova bylo použito na uzavření havarovaného bloku, částečně se roztavilo, sublimovalo a uniklo společně s radioaktivním spadem do ovzduší.

Tzv. Všesvazový klinicko-dozimetrický registr zřízený v roce 1987, jehož koordinací bylo pověřeno Radiologické výzkumné centrum v Obninsku, zahrnul do roku 1991 do skupin určených ke sledování (lidvidátoři, evakuovaní z kontaminovaných zón, rezidenti ve významně kontaminovaných zónách, děti rodičů ze tří výše zmíněných skupin) celkem 659 292 osob.

JAK TO BYLO U NÁS

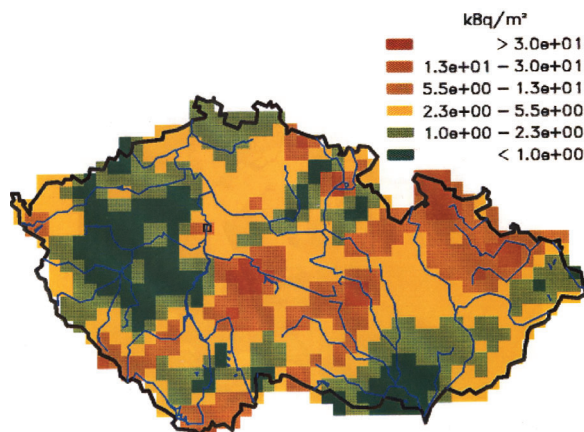
V České republice byly zaznamenány tři průchody kontaminovaných mas přes území Československa. První v noci z 29. na 30. dubna 1986, druhý 3. a 4. května a třetí 7. května 1986. Kontaminace vzduchu byla nejvyšší 30. dubna 1986.

Z obvyklých milióntin Bq/m^3 stouply hodnoty objemových aktivit umělých radionuklidů na desítky a stovky Bq/m^3 . Pokles kontaminace nastal v České republice až po několika dnech, po 10. květnu byl kontaminovaný vzduch částečně odvátlý jinam, částečně došlo k jeho vymytí deště. Viz obrázek 2.

Rozsah spadu produktů radioaktivního štěpení v České republice je srovnatelný se spadem v sousedních oblastech bývalé Německé demokratické republiky (NDR) a Bavorska. Ukládání Cs-137 v České republice se pohybuje od hranice detekce až po $185 \text{ kBq}/m^2$. Zpráva UNSCEAR z roku 1988 dokumentuje nižší průměrnou kontaminaci ($2,3 - 2,8 \text{ kBq}/m^2$) v západní a východní části bývalého Československa v porovnání s centrální částí ($5,3 \text{ kBq}/m^2$). Zdá se proto důvodné odhadovat menší radioaktivní spad v západních Čechách než ve zbytku České republiky.

Celkově lze shrnout, že v České republice byli obyvatelé postiženi poměrně nízkou individuální dávkou radioaktivního záření, avšak vysokou tzv. dávkou kolektivní (z hlediska počtu lidí zasažených radioaktivním zářením).

I u nízké individuální dávky je však třeba zohlednit fakt, že izotopy jódu, stroncia a cézia vznikající při jaderném štěpení jsou ochotně přijímány živou hmotou a kumulovány v organismu. Rizikové je i plutonium, které se kumuluje v kostech a už zlomky miligramů u člověka mohou vyvolat zhoubné nádory. Záření působí na buňky, resp. strukturu molekuly DNA, která je



Obrázek 3. Plošné aktivity ^{137}Cs na území České republiky zjištěné v celostátním průzkumu ve dnech 16. - 17. 6. 1986. K prezentaci v obrázku bylo použito grafického výstupu informačního systému IMIS/CZ

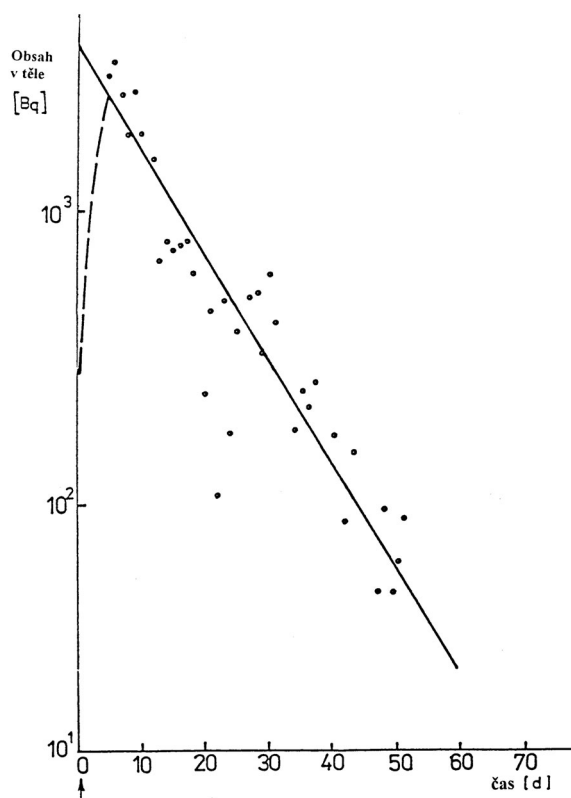
nositelkou dědičné informace - poškození nemusí postihnout přímo nás, ale naše potomky. Rozhodující roli navíc u nízkých a dlouhodobých dávek záření má citlivost jednotlivého organismu. Každý člověk reaguje na záření jinak a ani dodržení hygienického limitu nemusí znamenat, že nízká dávka radioaktivního záření neškodí.

ČERNOBYL A INFORMOVÁNÍ O HAVÁRII

Informace o nehodě přišla z „bratrského“ Sovětského svazu až se čtyřicetiosmihodinovým zpožděním, a to až tehdy, když švédská vláda začala zkoumat, odkud pochází zvýšená radioaktivita naměřená na území Švédska. Sovětské úřady ze strachu, aby neutrpěla prestiž socialismu, ohrožily vlastní občany i obyvatelstvo v Evropě.

Černobylská havárie vzbudila bezprostřední a konkrétní obavy v celé Evropě. Západní demokratické státy informovaly své obyvatelstvo o předpokládaném rozsahu havárie - některé lépe (např. Rakousko), některé hůře (např. Bavorsko). V Polsku a Maďarsku běžely v televizi seriózní debaty, jak se chovat v době zvýšeného spadu radionuklidů. V polském Krakově se dokonce 1. června 1986 konala dvoutisícová demonstrace na protest proti malé informovanosti polské veřejnosti o havárii v Černobylu. České a tehdejší východoněmecké vedení informace zamlčovalo.

První informaci vydala ČTK až večer 29. dubna, zprávu převzala Československá televize a Československý rozhlas, poté denní tisk. Vláda ČSSR v této zprávě uvedla, že se na území Československa provádí kontinuální měření a že po celou dobu měření nebylo zjištěno žádné zvýšení radioaktivity. Poté následovalo pětidenní infor-



Obrázek 4. Časový průběh retence ^{131}I u české populace po černobylské havárii. Průměrný příjem ^{131}I byl odhadnut extrapolací proložené retenční křivky za předpokladu jednorázového příjmu v okamžiku prvního příchodu vzdušných kontaminovaných mas, dále za předpokladu rovnoměrného nárůstu k polovině období, kdy byla kontaminace ovzduší na maximu.

(Zdroj obrázků 2 - 4: SÚJB, SÚRO * 10let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu - důsledky a poučení * Praha 1996)

mační vakuum. V dalším prohlášení z 5. května byly oficiální orgány nuceny přiznat mírné zvýšení radioaktivity. Dokonce byla vydána informace, že dříve neexistující radiace již klesá. Až 6. května vystupuje v médiích hlavní hygienička ČSR Dana Zusková, konstatuje mírně zvýšenou radioaktivitu, vyzývá k zachování zásad osobní hygieny a k umývání ovoce a zeleniny. Zdůraznila, že „občané nám musí důvěřovat“.

Vládní havarijní komise (VHK) zahájila činnost až 30. 4. a zasedala jen do 8. 5. Jedním z hlavních úkolů na úseku informací, který si sama komise stanovila, bylo „usměrňování publicity o měření a vyhodnocování radiace na území ČR“. VHK pověřila sběrem a vyhodnocováním dat o radiační situaci Centrum hygieny záření Institutu hygieny a epidemiologie. Nejvýznamnější kontaminace se očekávala u mléka a listové zeleniny. Doporučení, aby byl dobytek krměn suchým krmivem však mohlo být akceptováno jenom tam, kde dostatek loňského krmiva ještě byl. Doporučení nebylo zveřejněno ve sdělovacích

prostředcích a bylo předáváno stranickými tajemníky - někdy byl pokyn obrácen a zemědělcům došel pokyn, že nemají používat staré krmivo. Hlavní pozornost byla zaměřena na 25 vybraných mlékáren. Bylo vyraženo mléko s vyšší objemovou aktivitou jódu než 1000 Bq/l. Návrhy na taková opatření jako omezení vycházek těhotným, omezování cestování nebo pobytu v přírodě byla odborníky odmítnuta jako zcela nezdůvodněná. Byla přijímána některá jiná opatření, např. regulace spotřeby zvěřiny či kropení ulic. Kontrola provádění těchto opatření ale nebyla důsledná a pokyny na mnoha místech nepronikly k těm, kterých se měly opravdu týkat, protože nebyly zveřejněny ve sdělovacích prostředcích.

Na rozdíl od Polska a Maďarska, kde byly rozdávány profylaktické preparáty ohroženým skupinám obyvatel, bylo u nás nejdůležitější předejít davové psychóze a žádné preparáty (s výjimkou pastevcům ovcí v Nízkých Tatrách) se nikomu nerozdávaly. Sdělovací prostředky se předháněly ve vysvětlování situace, kterou hodnotily jako „nijak dramatickou“, odhalovaly „buržoazní antisovětskou a antisocialistickou hysterii, především ze strany Rakouska a NSR, jejíž snahou bylo zpochybnit bezpečnost československých jaderných zařízení a celý československý jaderný program“.

Konaly se tradiční masové oslavy 1. máje, naši sportovci se zúčastnili Závodu míru, který byl odstartován z Kyjeva.

Z domácích zdrojů se tedy lidé nemohli o tom, jak se mají chovat, dovědět téměř nic, nebo velmi málo a se zpožděním. Téměř polovina z nich však sledovala zahraniční sdělovací prostředky (rakouské, německé, polské a maďarské) a začala chovat přesně podle jejich doporučení. Výzkum veřejného mínění uskutečněný tehdejšími Institutem pro výzkum veřejného mínění ukázal, že 44% lidí změnilo své zvyklosti - omezilo spotřebu mléka, konzumaci zeleniny, zvýšilo osobní hygienu a omezilo pohyb v přírodě a vycházky.

INFORMOVÁNÍ O ČERNOBYLU - MAAE, UNSCEAR, WHO aj.

Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) a Hans Blix následky havárie v Černobylu od počátku bagatelizovali. Tehdejší ředitel MAAE Hans Blix podnikl po čtrnácti dnech od havárie vyhlídkový let nad troskami čtvrtého reaktoru a okolím. Doslova řekl: „Nejsou žádné důvody k panice. Mohli jsme vidět lidi na polích, dobytek na loukách, auta na silnicích“.

Zpráva Vědeckého výboru OSN pro účinky atomového záření (UNSCEAR) 1988

Data týkající se období bezprostředních zdravotních projevů po ozáření obětí byla shrnuta ve zprávě Vědeckého výboru OSN pro účinky atomového záření (UNSCEAR) z roku 1988.

Konstatuje se zde onemocnění 134 osob na akutní nemoc z ozáření a smrt 28 lidí.

Celkový počet likvidátorů - pracovníků záchranných a asanačních čt z let 1986 a 1987 je však udáván v různých pramenech různě - mezi 600 000 - 800 000 lidmi z celého bývalého Sovětského svazu. Podle údajů zdravotních úřadů Ukrajiny jich zemřelo 15 000, občanská sdružení těchto likvidátorů udávají různá čísla - 50 000 až 100 000 úmrtí likvidátorů.

Mezinárodní projekt Černobyl - MAAE, FAO, WHO 1990 - 1991

Na žádost sovětské vlády provedla MAAE ve spolupráci s FAO (organizace OSN pro výživu a zemědělství) a WHO (Světová zdravotnická organizace) v roce 1990 výzkum následků havárie v Černobylu, tzv. Mezinárodní projekt Černobyl. V roce 1991 byl představen výsledek tohoto výzkumu ve Vídni, hlavní poselství spočívalo v tom, že „žádné zdravotní poruchy, které by souvisely s radiací neexistují“

Toto poselství bylo vědecky zcela v rozporu černobylskou realitou - s již známými případy rakoviny štítné žlázy v Bělorusku, kde na konci roku 1990 zaznamenali pracovníci Institutu Otto Huga třicetkrát vyšší výskyt rakoviny štítné žlázy u dětí oproti desetileté střední hodnotě před rokem 1986.

Zpráva UNSCEAR 2000

Po deseti letech pochybností o tom, zda zvýšený výskyt rakoviny štítné žlázy u dětí na území Běloruska souvisí s ozářením, uznala zpráva UNSCEAR (Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření) z roku 2000, že rozhodující příčinou vzniku těchto nádorů je skutečně ozáření štítné žlázy zejména v důsledku kontaminace radioaktivním jódem. Zpráva uvádí počet 1791 nádorů do roku 1998.

Současně se zde objevují tvrzení, že pro zvýšený výskyt rakovin štítné žlázy u dospělých nejsou důkazy. Zpráva zpochybňuje i zvýšený výskyt leukémie a ostatních nádorů v souvislosti s černobylskou havárií, dále předkládá fakt, že

u běloruských dětí narozených matkám s dávkami na dělohu v rozpětí 8 - 21 mSv nebyl prokázán vztah mezi defekty zjištěnými při porodu a pobyt v kontaminovaných oblastech.

Otto Hug Institut však dokládá ve svých výzkumech nárůst rakoviny štítné žlázy u dospělých, dále nárůst jiných druhů rakoviny, leukémie a některých nezhoubných onemocnění.

Publikace „Černobyl - pokračující katastrofa“ Úřadu OSN pro koordinaci humanitární pomoci (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs - UNOCAH) 2000

Kofi Annan, tehdejší generální tajemník OSN, napsal v předmluvě k této publikaci: Více než sedm miliónů lidských bytostí si nemůže dopřát přepychy zapomnění. V důsledku toho, co se stalo, nadále neustále každý den trpí. Přesný počet obětí možná nebude nikdy znám, avšak tři milióny dětí potřebují léčbu a mnohé předčasně zemřou. Plný počet těch, u nichž se pravděpodobně projeví vážné zdravotní následky, nebudeme znát dříve než v roce 2016 vzhledem k opožděné reakci na ozáření.

UNSCEAR proti této publikaci protestoval dopisem Kofimu Annanovi, ředitel UNSCEAR konstatoval, že došlo ke zkreslení reálné situace.

„Dědictví Černobylu: zdravotní, ekologické a sociální dopady“, MAAE, WHO, UNDP, FAO, UNEP 2005

V září 2005 představili ve Vídni zástupci MAAE, WHO, UNDP (rozvojový program OSN) a UNEP (program životního prostředí OSN) rozsáhlou studii (třísvazkový sborník se 600 stranami), která se snaží shrnout následky havárie. Studie hovoří o 59 úmrtích na akutní nemoc z ozáření, odhaduje počet úmrtí likvidátorů černobylské havárie na 2 200 (tj. z počtu 200 000 likvidátorů). Definuje i počet 4000 případů rakoviny štítné žlázy (především u lidí, kteří byli v době havárie dětmi nebo mladými lidmi). Michael Repacholi z WHO konstatuje, že nebyl pozorován žádný nárůst případů leukémie. Studie hovoří o nutnosti přehodnotit definici přísně uzavřené zamořené zóny a zmírnit ji. Chudoba, stres a psychické problémy představují dle MAAE daleko větší problémy než nemoci z ozáření.

Dr. Burton Bennett, předseda Černobylského fóra konstatuje: Byla to těžká havárie s vážnými zdravotními následky, především pro tisíce pracovníků, kteří byli v prvních dnech ozáření

a obdrželi vysoké dávky záření, stejně jako pro tisíce jiných, kteří onemocněli rakovinou štítné žlázy. Celkově jsme však, s výjimkou uzavřených oblastí, nezjistili vážné negativní zdravotní následky u obyvatelstva v okolí, ani jsme nenašli radiační zátěž rozptýlenou do vzdálených území, která by představovala zásadní ohrožení lidského zdraví.

Informování o havárii v Černobylu nebylo objektivní v době, kdy v Sovětském svazu a ve východní Evropě existovaly komunistické režimy. Informování však není objektivní ani ze strany institucí OSN. Ve všech studiích MAAE, UNSCEAR, WHO aj. (výjimkou je studie UNOCAH) během 20 let od havárie v Černobylu se projevuje snaha zlehčovat následky havárie v Černobylu, zatajovat fakta o výskytu nemocí, o následcích havárie pro oblasti Běloruska, Ukrajiny i pro Evropu. Nejdůležitějším úkolem MAAE je urychlovat a rozšiřovat celosvětový přínos atomové energie pro mír, zdraví a blahobyt a podporovat rozvoj jaderné energie. Studie této organizace o následcích havárie v Černobylu proto logicky nikdy nebudou objektivní.

Vážné následky havárie v Černobylu, s nimiž jsme po dvaceti letech konfrontováni, jsou mementem. Lidé by už konečně měli pochopit, že jaderná energetika není cestou k míru, zdraví ani k blahobytu. Potřebujeme objektivní informace o Černobylu, potřebujeme kontrolu jaderných zbraní, jejich odstranění a řízený výstup z jaderné energetiky. To jsou úkoly pro MAAE, nikoli bagatelizování následků havárie a podpora rozvoje jaderné energetiky.

Literatura:

- „Některé výsledky monitorování následků černobylské havárie v ČSSR“ - ČSKAE - Ústřední informační středisko pro jaderný program, Praha 1988
- „10 let od havárie Černobylu - důsledky a poučení“ - SÚJB, SÚRO, Praha 1996
- „15 let od havárie Černobylu. Důsledky a poučení.“ - kolektiv autorů, SÚJB, Praha 2001
- „Černobylská oblast šestnáct let po tragédii“ - Tomáš Jirsa, Českobudějovické listy, 9. 2. 2002
- „Tschernobyl - Lehren für den Katastrophenschutz“ - IPPNW, Berlin 2000
- „Massnahmen, Projekte, Programme in Belarus“ - Otto Hug Strahleninstitut - MHM, München 2005
- „Nedalo se tady dýchat“, Miroslav Vaněk, Ústav pro soudobé dějiny AV ČR 1996
- „Veřejné mínění o důsledcích havárie pro československé občany“, J. Herzmann, IVVM - výzkum č. 86.8, Praha 1986
- „Zvýšení výskytu karcinomu štítné žlázy u dospělé populace v zemích středně těžce postižených černobylským radioaktivním spadem“ - Stefan Mürbeth, Milena Roušarová, Hagen Scherb, Edmund Lengfelder, München, Plzeň, Neuherberg 2004

Černobyl - situace po 20. letech

Václav Vašků

Jak to dnes vypadá na místě, kde téměř před dvaceti lety vybuchl atomový reaktor? Je pravda, že se zde rodí monstra a rajčata dorůstají velikosti dýní? Nebo můžeme věřit expertům jaderných institucí, kteří se občas nechávají slyšet, že cesta do Černobylu je dnes bezpečnější, než procházka po Václavském náměstí?

Komu máme věřit? O Černobylu byly napsány stovky knih a vypracovány tuny vědeckých studií. Přesto v řadě z nich můžeme při troše pozornosti nalézt nepřesnosti, pokusy o manipulaci s fakty a v některých případech dokonce i očividné lži.

Tyto nepřesnosti se při tom objevují na všech možných stranách. V médiích, u nevládních organizací, v prohlášení jaderných institucí a dokonce i ve „vědeckých“ zprávách přednášených na úctyhodných mezinárodních kongresech.

Proč zrovna Černobyl takto štěpí vědeckou obec i občanskou veřejnost? Co je pro nás tím příslovečným kamenem úrazu v úsilí poznat pravdu o Černobylu? Snad právě tato otázka mne přivedla k obyčejnému lidskému zájmu o černobylskou tragédii o osudy lidí, které postihla.

Dovolte, abych Vám zde podal svědectví novináře a fotografa, který jen během uplynulého roku strávil v zamořené zóně kolem Černobylu téměř dva měsíce.

Pokusím se zprostředkovat tu názory a vzpomínky lidí, s nimiž jsem dělal rozhovory. Lidí, kteří při havárii v Černobylu hráli důležitou roli.

Zóna

Jen málokteré slovo dnes vzbuzuje tolik emocí a strachu jako právě Černobyl. Není divu. Havárie tak či onak postihla miliony lidí v Rusku, na Ukrajině a v Bělorusku. Tato událost je v myslích těchto lidí srovnatelná snad jedině s druhou světovou válkou. Mnoho lidí je zde dokonce přesvědčeno, že právě Černobyl byl tou příslovečnou poslední kapkou, která zapříčinila rozpad Sovětského svazu.

Domnívám se, že jedním z elementů, který způsobuje toto zvláštní fantasmagorické působení na člověka (onu zkušenost, která se vymyká všemu, co člověk kdy zažil) je všudypřítomná hrozba neviditelné radiace a potom - zóna.

Každý, kdo jednou navštívil zakázanou zónu, jistě potvrdí, že je to zážitek, na který se nedá zapomenout. Zóna má poloměr 30 kilometrů a jen na území Ukrajiny zabírá plochu téměř 3000 kilometrů čtverečních. Ohraničuje ji vysoký plot z ostatního drátu. Z dálky to vypadá jako by jste se blížili k obrovskému lágru.

Dostat se dnes do zakázané zóny není úplně snadné. Povolení může vydat jen ředitel zvláštního úřadu (Administrace zóny), který spadá pod ministerstvo pro mimořádné události. V samotné zóně je množství dalších stanovišť se závorami. Aby jste se za ně dostali, potřebujete další razítka a speciální povolení.

Sergej Košelev

Mít s sebou dozimetr není povinné, ale naštěstí už vám to dnes nikdo ani nezakazuje. Zhruba deset kilometrů před černobylskou elektrárnou vám dozimetr začne nepokojně vrkat. Ukazuje přibližně 120 mikrorentgenů za hodinu. To je asi desetkrát víc, než bychom naměřili v normálním prostředí. Jak se přibližujete k elektrárně, vrkání je stále naléhavější a naléhavější. Nějakých 300 metrů od sarkofágu už dozimetr šílí. Ukazuje nyní 900 mikrorentgenů.

To ale stále nic není. Vysvětlil mi to Sergej Košelev, který v černobylské elektrárně pracuje jako fotograf a kameraman. Sergej je v Černobylu již devatenáctý rok a na všudypřítomné nebezpečí neviditelné radiace si už dávno zvykl. Když je potřeba, navlékne na sebe ochranný oděv, vezme kameru a vlezte do sarkofágu. Tam uvnitř ale číhají takové dávky radiace, která jsou schopny člověka rychle a krutě zabít.

Jsou tam místa, kde je dodnes více než 500 rentgenů za hodinu. To už je pro člověka smrtel-

ná dávka. Sergej se pochopitelně snaží nebýt tam moc dlouho. Přiznal mi, že posledně mu to vyšlo na 2 minuty. V černobylské elektrárně mu proto nikdo neřekne jinak než „Stalker“.

Igor Kostin

S Igorem Kostinem jsem se potkal v Kyjevě. Je jedním z těch, kdo takto obrovské dávky radiace pocítili sami na sobě. Na den havárie si pamatuje dodnes: V jednu hodinu odpoledne mu zavolal kamarád pilot s nabídkou, že prý se letí podívat na jakýsi požár do Černobyli a mají ve vrtulníku jedno volné místo. Tahle chvíle změnila celý jeho další život.

V té době Kostin pracoval jako fotoreportér moskevské agentury Novosti. Připravil si své tři Nikony a nasedl do vrtulníku. Nad Černobylem byli za 40 minut. Přiznal se, že když poprvé uviděl rozvalený reaktor, trochu v něm hrklo.

Když pilot klesl níž, otevřel Kostin dveře helikoptéry, aby mohl fotit. V tu chvíli na zubech ucítil zvláštní kovovou příchuf. Po osmém snímku se mu foťák zasekl. Vzal druhý, nic. Třetí, zase nic! Všechny tři aparáty se tak vysokou radiací zasekly. Na tu kovovou příchuf dodnes nemůže zapomenout.

Kostin v Černobyli přišel celkem o osm fotoaparátů. Byly tak radioaktivní, že je museli buldozerem zahrnout do skládky radioaktivního šrotu.

Nejhorší chvíle Kostin zažil na střeše 3. bloku. Právě sem dopadly po výbuchu kusy jádra havarovaného reaktoru číslo 4. Sovětské vedení ale rozhodlo, že střecha musí být dekontaminována stůj co stůj, aby třetí (nepoškozený) blok mohl obnovit dodávku elektřiny do hladové sovětské sítě.

Nejdříve z Moskvy dovezli roboty vyvinuté speciálně pro práci na měsíci. Ty však nevydržely tak silnou radiaci. Kostin mi vyprávěl, jak se jeden robot chvíli motal po střeše. Po pěti minutách se ale z radiace „zbláznil“, přepadl přes okraj střechy a zůstal viset nad havarovaným reaktorem. Začali mu pak říkat „robot samoubijca“.

Bioroboti

Tehdy bylo rozhodnuto nasadit roboty živé - bioroboty. Povolali proto vojáky základní služby a záložáky.

Pro vojáky Rudé armády byla tehdy norma: když dostaneš v atomové válce tolik a tolik

rentgenů a jdeš domů. Tak to spočítali, kolik je na té střeše radiace a vyšlo jim, že tam mohou vojáka nechat maximálně na 40 vteřin.

Oficíři pak přivezli roli tlustého olověného plechu, vystříhli z toho pokaždé kus na prsa a na pohlaví a přivázali to na vojáčka jako brnění. Pak voják vyběhl na střechu se svou polní lopatkou, nabral na ni kus grafitu z reaktoru, doběhl k okraji střechy a shodil to dolů. Někdy se to povedlo, častěji ale ne.

Když se voják vrátil, dostal 200 gramů vodky, 100 rublů na ruku, diplom a mohl si jít odpočinout. Takhle se na střeše po 40 vteřinách vystřídalo 35 000 vojáků.

Kolik ti vojáci dostali radiace a co je s nimi dnes, to prý nikdo neví. Je to vojenské tajemství, svěřil mi Kostin.

Igor Kostin byl při tom s vojáky na střeše a fotil. Sám dostal polovičku smrtelné dávky: 250 rentgenů. Život mu zachránila mezinárodní solidarita. Transplantovali mu kostní dřev. Operovat jej museli hned třikrát, z toho jednou na speciální klinice pro nemoci z ozáření v Hirošimě.

Černobyl dnes

Navzdory všem apokalyptickým představám dnes v černobylské elektrárně běží „normální“ provoz. Přesto, že poslední reaktor zde byl slavnostně odstaven v prosinci 2000, v elektrárně dodnes pracuje přes 2000 lidí. Většina z nich přijíždí každý den vlakem z přibližně 50 kilometrů vzdáleného Slavutiče.

Jak mi vysvětlili technici v Černobyli, elektrárnu není možné jen tak vypnout jako třeba pračku a odejít. Je tu vyhořelé jaderné palivo a celá řada dalších provozů, o které je nutné se ještě dlouhá léta starat.

Sarkofág s nasazením vlastních životů budovali tzv. likvidátoři během podzimu roku 1986. Dnes je sarkofág již velmi nestabilní a v jeho plášti zejí obrovské trhliny, kterými dovnitř prší. Existuje obava, že právě dešťová voda by mohla znovu obnovit řetězovou reakci.

Nyní se připravuje výstavba nového sarkofágu nad tím starým. Nový úkryt, jak mu tu říkají, by měl vydržet 60 až 100 let. Vědci totiž vypočítali, že již zemětřesení o síle 4,3 stupně škály Richterovy stupnice, by mohlo vést ke zhroucení starého sarkofágu nebo přinejmenším části jeho střechy. Taková nehoda by vynesla do ovzduší obrovské množství radioaktivního materiálu v podobě prachu.

Pripjat

Město Pripjat bylo kdysi chloubou Sovětského svazu. Říkalo se mu město energetiků. Žilo zde téměř 48 000 lidí, z nichž většinu, tak či onak, živila atomová elektrárna.

Dnes Pripjat připomíná město duchů. Na balkónech tu a tam ještě visí prádlo, které jeho obyvatelé v neděli 27. dubna 1986 nestačili sundat. Řekli jim, ať si vezmou nejnnutnější věci a důkladnější boty, že je to jen na tři dny. Šli a na nic se neptali. Tehdy ještě úplně důvěřovali sovětskému vedení a rodné straně.

Ze střech většiny domů je krásně vidět na havarovaný reaktor. Právě odtud se prý v onen osudný den mnoho lidí dívalo, jak reaktor hoří a září přitom všemi barvami. Někteří si k tomu otevřeli vodku, jiní na střechu přivedli i své děti. Prý to byla fascinující podívaná. Že při tom ve vzduchu vibruje smrtící radiace jim nikdo neřekl.

Tušili tito lidé, co se děje? Mnoho z nich přece pracovalo přímo v elektrárně! Očití svědkové popisují, že dokonce i jaderní inženýři pracující na velínu nechali toho rána hrát si své děti venku na písku, kam tiše padal radioaktivní prach.

Přestože tři dny před havárií bylo na všech pripjatských školách cvičení, jak používat ochranné pomůcky pro případ radioaktivního nebezpečí, v den havárie nebyla použita ani ta nejpřimitivnější ochrana. Učitelé na příkaz místního stranického vedení naopak vyhnali děti ven na speciální brané cvičení. To vše na dohled od hořícího reaktoru.

Ve dveřích pripjatské nemocnice se dodnes válí hasičská helma. Ještě po dvaceti letech „svítí“ tak, že mi dozimetr nad ní poplašně bzučí. Právě sem ráno 26. dubna přivezli 28 hasičů, kteří se vyšplhali na střechu strojovny, aby tam hasili hořící živici. Tito stateční muži o radiaci nevěděli vůbec nic, protože nebylo čím ji změřit. Všechny dozimetry se totiž zasekly. V elektrárně nebyl ani jeden dozimetr stavěný na tak vysoké dávky!

Teprve když ráno přijeli vojáci vybavení pro atomovou válku, naměřili tu dávky, ze kterých jim vstávaly hrůzou vlasy na hlavě. Mezitím už ale požárníky odváželi do Moskvy na slavnou 6. kliniku. Tam se všichni za strašných bolestí doslova rozpadli za živa. Za asistence KGB byli pak tajně pochováni ve speciálních olověných rakvích na jednom moskevském hřbitově. Říká se, že nad jejich hroby dodnes pípá dozimetr.

Lidé v zóně

Jen na ukrajinské části evakuovaného území žilo před havárií více než 110 000 lidí. Bylo tu 96 vesnic a městečka Pripjat a Černobyl. Dnes tu své poslední dny dožívá celkem 340 lidí v 12 vesnicích.

Ještě více ale bylo postiženo Bělorusko. Přes 70 procent radioaktivního spadu dopadlo právě zde. V některých vesnicích stále bydlí lidé, přesto že jsou zamořené radioaktivním cesiem 137 více než 40 curie na kilometr čtvereční (podle západních standardů by obec měla být evakuována při zamoření větším než 1 až 5 curie).

Jednou z takových vesnic je například i Bartolomějka nedaleko městečka Vetka v gomelské oblasti. Tato obec měla kdysi 3000 obyvatel, dnes je však zamořená ve výši 70 curie. Proto byla evakuována a většina domů srovnána ze země. Někteří lidé se ale vrátili s tím, že zde chtějí dožít.

Akademik Vasilij Nestěrenko

Jedním z největších odborníků na problém Černobylu je profesor Vasilij Nestěrenko. Až do havárie Nestěrenko platil za jednoho z největších jaderných expertů vůbec. Byl ředitelem jaderného institutu Běloruské akademie věd a sovětské vedení ho pověřilo vedením přísně tajného výzkumu mobilních atomových elektráren pro válečné účely.

Když vybuchl Černobyl, byl akademik Nestěrenko první, kdo si uvědomil vážnost situace. Okamžitě volal nejvyšším stranickým funkcionářům a apeloval na ně, aby byli evakuováni všichni lidé z okolí 100 kilometrů kolem Černobylu. Žádal také, aby všem lidem v Minsku a dalších postižených oblastech byly okamžitě vydány jódové tablety na ochranu štítné žlázy.

Velmi hořce nesl, že sovětské vedení tehdy nařídilo jadernou havárii utajit. Za zločin proti lidskosti považuje například to, že nebyl použit jódový preparát připravený v minské vodárně k nadávkování do pitné vody pro případ atomového válečného útoku.

Když potom Nestěrenko napsal dopis do Kremlu samotnému Gorbačovovi, byl z Akademie vyhozen. Snažil se i nadále pomáhat jak se dalo a mapoval se svými kolegy rozsah zamoření. Když byly na konci 80. let zveřejněny první mapy radioaktivního zamoření, přišli za ním akademik Andrej Sacharov a šachista Anatolij Karpov a navrhli mu, aby založil soukromý insti-

tut Belrad na pomoc lidem postiženým radioaktivitou z Černobylu.

Nestěrenko má jasné oči a nic na jeho tváři neprozrazuje, že také schytl pěkných pár rentgenů. Setkal jsem se s ním v Minsku. Vyprávěl mi, jak letěli oné horké květnové noci s akademikem Valerijem Legasovem nad havarovaný reaktor a spustili do něj svůj atomový spektrometr. Potřebovali znát množství a povahu záření. Nikdo tehdy nevěděl, jestli nedojde k další řetězové reakci nebo dokonce výbuchu.

Z tehdejší osádky vrtulníku zbyl Nestěrenko jediný, kdo tak vysokou dávku radiace přežil. Úroveň radiace nad havarovaným reaktorem v té chvíli totiž dosahovala 3000 rentgenů. To je šestinásobek smrtelné dávky. Jinými slovy, při tak vysoké radiaci člověk obdrží smrtelnou dávku již za deset minut.

Jen akademik Legasov z legendárního Kurčatovova institutu unikl nemoci z ozáření: v den výročí černobylské havárie totiž spáchal sebevraždu. Nechal po sobě dopis na rozloučenou, v němž varoval, že k dalším haváriím, jako ta černobylská, může dojít prakticky kdykoliv.

Dnes se Nestěrenko snaží pomáhat hlavně dětem v zamořených oblastech Běloruska. Řekl mi, že ještě v roce 1985 (rok před havárií v Černobylu) měli v Bělorusku 90 procent dětí zdravých. Dnes jich je prý zdravých už jenom 20 procent.

Nestěrenko společně s kolegy zkonstruovali v Belradu speciální atomový spektroskop v podobě křesla. Když si do něj člověk sedne, přístroj během tří minut změří vnitřní zamoření jeho těla cesiem 137.

Právě cesium 137, respektive potraviny zamořené tímto radionuklidem představují podle Nestěrenka největší nebezpečí. Právě z nich mohou lidé onemocnět.

V devadesátých letech Belrad vybudoval síť středisek pro kontrolu radioaktivity v potravinách. Sem mohl kdokoliv přijít a zdarma si zkontrolovat, zda jeho mléko nebo houby nejsou zamořené. Vláda prý tyto snahy zpočátku podporovala. Avšak ukázalo se, že výsledky kontrol byly horší, než se očekávalo.

Z kontrol, které Belrad provedl, více než 110 tisíc vzorků přesahovalo normy, které určil stát. Méně než 15 procent vzorků mléka bylo v pořádku. Podle běloruských norem zamoření mléka cesiem 137 nesmí překročit 100 becquerelů na litr (v Rusku a na Ukrajině mají normu 50 becquerelů). Avšak ve třech stovkách vesnic okolo Černobylu je i tahle vysoká norma vysoce překračována. Zhruba deset procent mléka je za-

mořeno tak, že se nedá dát ani dospělým, natožpak dětem.

Oběti Černobylu

Kolik bylo vlastně obětí Černobylu? Odpověď na tuto otázku není tak jednoduché, jak by se na první pohled mohlo zdát. Krátce po havárii byl totiž v Sovětském svazu vydán příkaz zakazující lékařům uvádět ve zdravotnické dokumentaci diagnózy související s nemocí z ozáření.

Lékaři ze zvláštního střediska radiační medicíny v Kyjevě nesměli po léta uveřejňovat žádné výsledky svých prací. Všechny materiály se musely předkládat ke schválení ministerstvu jaderné energetiky.

Podobně tomu bylo i s informacemi o radioaktivním zamoření. První mapy postižených oblastí byly zveřejněny až v roce 1989. Ještě v roce 1988 mohl být v SSSR trestně stíhán každý, kdo vlastnil nepřihlášený dozimetr!

O zdravotních následcích černobylské katastrofy se dodnes vede zuřivá debata. Na jedné straně je tendence svalovat na Černobyl všechno možné zlo. Na straně druhé tu je často citovaný „oficiální názor“ Mezinárodní agentury pro atomovou energii, že skutečných obětí Černobylu bylo pouze 31.

V této souvislosti se dokonce začalo používat termínu Černobylská lež (analogie odkazující na Osvětim a snahu bagatelizovat jeden z největších zločinů v lidských dějinách).

Co se týče počtu obětí, oficiální statistická data, údaje nevládních organizací a čísla poskytovaná zástupci jaderného průmyslu se tu liší často o dva až tři řády.

Pro ilustraci uvedme příklad:

Na vídeňské konferenci pořádané k 10. výročí černobylské havárie v roce 1996 byla zveřejněna studie EU, Světové zdravotnické organizace (WHO) a Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA), která uvádí, že havárie v Černobylu si vyžádala pouze 31 přímých obětí na životech. Tito lidé zemřeli krátce po havárii na následky akutního ozáření. Byli to většinou hasiči, kteří likvidovali požár v reaktorové hale bezprostředně po výbuchu reaktoru.

Tato čísla jsou však v rozporu s tím, kolik obětí přiznali sami Sověti. Sovětský svaz totiž už v roce 1986 přiznal, že v souvislosti s havárií v Černobylu zemřelo nejméně 4500 lidí. (Připomeňme, že v té době mělo sovětské vedení snahu havárii spíše ututlat, než ji nafukovat.)

Ve zprávě ČTK ze 17. dubna 1996 (která cituje oficiální zdroje ukrajinské vlády) čteme, že jen na Ukrajině bylo černobylskou katastrofou postiženo celkem 3,2 milionu lidí, z toho 950 000 dětí. Na onkologická, kardiovaskulární a neurologická onemocnění, způsobená následky havárie, prý zemřelo již 125 000 lidí.

Komu je tedy možné věřit?

Někteří odborníci soudí, že pravdu o skutečném počtu obětí Černobyli se naše generace nikdy nedozví. A to mj. i proto, že některé z obětí se ještě ani nenarodily. Již nositel Nobelovy ceny Albert Schweitzer varoval, že nejvíce genetických poškození se objevuje ve třetí až čtvrté generaci.

Obraz katastrofy v Černobyli

Na konci 80. let se i seriózní světová média předháněla v apokalyptickém líčení černobylské zóny, jako oblasti, kde i rajčata dorůstají velikosti dýní a kde se rodí především dvouhlavá telata.

Přestože zdroje těchto „zaručených zpráv“ je dnes možné vystopovat (existují dokonce fotografie), je třeba chápat, že v článcích z této doby se odráží především přehnaná, ale pochopitelná reakce lidské psychiky na snahu Sovětů celou tragédii před světem zatajit.

Dnes se můžeme setkat spíše s opačným extrémem. Totiž snahou problém Černobyli bagatelizovat.

Snahu „zamést vše pod koberec“ potvrzuje například i prof. Michael Fernex, švýcarský lékař a výzkumník dlouhodobě se zabývající vlivem radiace na lidské zdraví. Fernex dříve pracoval pro Mezinárodní zdravotnickou organizaci (WHO). Z této agentury OSN však na protest vystoupil poté, co byly zatajeny výsledky zdravotnických studií ohledně Černobyli, které WHO sama zadávala.

Fernex byl také první, kdo veřejnost upozornil na dodatek smlouvy z roku 1959 mezi dvěma organizacemi OSN - Mezinárodní zdravotnickou organizací (WHO) a Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA). Smlouvu, která Mezinárodní zdravotnické organizaci prakticky zabraňuje provádět nezávislý výzkum ohledně dopadů radiace na člověka. Smlouvu, která zabraňuje informovat o dopadech Černobyli, pokud s tím IAEA nebude souhlasit (tady je na místě připomenout, že hlavním deklarovaným cílem IAEA vždy bylo propagovat a podporovat jaderný průmysl).

Případ Bandaževský

Jurij Bandaževský byl v osmdesátých letech jedním z nejnadanějších lékařů své generace. Ve svých 31 letech byl jmenován nejmladším profesorem lékařských věd v celém Sovětském svazu. Odborníci mu předpovídali velkou budoucnost. V roce 1991 byl jmenován rektorem nově vzniklého Medicínského institutu v Gomelu. Právě gomelská oblast byla v Bělorusku nejvíce postižena spadem radioaktivního cesia 137 z Černobyli. Bylo celkem pochopitelné, že Bandaževský se začal se svými studenty zabývat právě vlivem cesia na zdraví lidí.

Jak je možné vysvětlit onen podivný nárůst nemocnosti u dětí žijících na územích postižených radioaktivitou? Co znamenají ty případy dětí, kteří jsou ve svých 10 letech po druhém infarktu myokardu?

Až dosud všechny oficiální zprávy mezinárodních institucí včetně agentur OSN jakoukoliv souvislost těchto nemocí s Černobylem popíraly. Bandaževský byl první, kdo odhalil přímou souvislost patologií srdce, ledvin, jater a dalších orgánů s množstvím radioaktivního cesia 137 akumulovaného v organismu.

Krátce poté, co v roce 1999 publikoval první výsledky svých výzkumů a začal bít na poplach, byl zatčen, obviněn z korupce a uvězněn na 8 let.

Mezinárodní vědecké a lidskoprávní organizace včetně Amnesty International prohlásily Bandaževského za vězně svědomí Lukašenkova režimu a proces s ním za nespravedlivý a vykonstruovaný.

Galina Bandaževská

Doktorka Galina Bandaževská je expertkou na patologie srdce. Známi novináři nás varovali, abychom byli opatrní, než se s ní setkáme. Již několik novinářů bylo v Bělorusku zadrženo tamní KGB krátce poté, co si s Galinou po telefonu domluvili schůzku.

S doktorkou Bandaževskou jsem se setkal loni v březnu v Minsku. Vypadala utrápeně. Tichým hlasem mi vyprávěla, jak se jejího manžela pokoušeli ve vězení zlomit. Když se prý Jurij přiblížil k jádru problému, napsal dopis prezidentu Lukašenkovi a přiložil závěry svých výzkumů. Ty prokázovaly, že žít v zamořených oblastech je životu nebezpečné. Nebezpečí hrozí v první řadě těhotným ženám a dětem do jednoho roku.

Krátce na to ho zatkl na základě speciálního Lukašenkova dekretu pro boj s terorismem,

takže k němu dlouho nepustili ani právníka.

Po měsíci na samotce se profesor Bandaževský změnil tak, že ho nemohli poznat. Jeho zdravotní stav se ve vězení neustále zhoršoval. Přesto se Bandaževský pokoušel pokračovat ve své práci i za mřížemi.

V srpnu 2005 byl profesor Bandaževský na nátlak mezinárodní komunity konečně propuštěn na amnestii. Nyní apeluje na mezinárodní vědeckou obec a vyzývá, aby se v jeho výzkumech pokračovalo. „Nikdy bych si nepomyslela, že medicína může být vtažena do politiky. Vždycky jsme se učili, že lékař musí lidem pomáhat. Havárie Černobyli však zpolitizovala vědu tak, že mě to děsí. Ukázalo se, že znát pravdu může být občas pěkně nebezpečné,“ řekla mi při našem setkání doktorka Bandaževská.

Bělorusko po Černobyli

Dovolte, abych pro hlubší pochopení fenoménu Černobyli, na závěr svého příspěvku, ještě jednou citoval profesora Nestěrenka:

„Zkuste si představit, co se s naší zemí vlastně stalo,“ řekl mi Nestěrenko. „V Bělorusku dnes máme dva a půl milionu lidí (z toho půl milionu dětí), kteří stále žijí na zamořených územích. Za všechny ty roky až do dnešního dne stát vysídlil pouze 140 000 obyvatel. Celých 23 procent území Běloruska se nachází v zóně zamoření. Potraviny z těchto území se však dostávají do celé země. Například v Minsku můžete koupit potraviny ze zóny, aniž o tom víte.“

Náš Institut ekonomiky Běloruské akademie věd spočítal, že ztráta způsobená havárií v Černobyli v rozmezí 30 let (od roku 1986 do roku 2015) se rovná 235 miliardám dolarů, což je 32 ročních rozpočtů státu vztaženo k roku 1986. Bělorusko dnes na likvidaci následků havárie v Černobyli vydává okolo dvaceti procent svého ročního rozpočtu.

V zamořených oblastech je dnes záporný demografický růst, jeden člověk se narodí a dva

umřou a to trvá už osmý rok. Bělorusů každý rok ubývá o 50-70 tisíc a průměrný věk, zvláště mužský se zmenšil, v porovnání s dobou před Černobylem, o deset let.“

Experiment s lidstvem

Co bychom měli udělat, aby se černobylská katastrofa již nikdy neopakovala? To byla otázka, kterou jsem Nestěrenkovi položil na závěr našeho setkání.

Profesor Nestěrenko se tehdy krátce zamyslel a pak odpověděl:

„Musíme se z této havárie především poučit: Nejlepší by samozřejmě bylo, kdyby takovéhle elektrárny vůbec nepracovaly. Jsou to vysoce rizikové systémy a myslím, že lidstvo stále není morálně připraveno je používat.“

Jen v Minsku máme dnes 20 000 lidí, kteří po výbuchu Černobyli onemocněli se štítnou žlázou. Celkem 10 000 lidí bylo operováno, z toho 2000 dětí. To znamená, že byli postiženi lidé ve vzdálenostech 200 i 300 kilometrů daleko od Černobyli. Když se vrátíte do České republiky, zeptejte se v okruhu 200 kilometrů od vašich atomových elektráren, jestli zde dostanete jódový preparát. Je to velmi efektivní prostředek k ochraně štítné žlázy, v případě havárie si dáte jednu nebo dvě kapky roztoku jodidu draselného do šálku vody. Obávám se, že jej běžně nekoupíte.

Měl by být vytvořen všeobecný systém kontroly potravin, a to nejen ve všech zemích, kde běží jaderné elektrárny, ale i v sousedních zemích. Stejně tak je potřeba mít zásoby jódu a pektinu tak, aby tyto věci byly dostupné nejen v lékárně, ale třeba i v běžných obchodech, kde si je bude moci koupit každý.“

Podle Nestěrenka byl Černobyl obrovský nechtěný experiment s lidstvem a bylo by trestuhodnou chybou toto tragické poučení ignorovat.



SDRUŽENÍ JIHOČESKÉ MATKY

Sdružení Jihočeské matky vzniklo v roce 1991 v Českých Budějovicích, oficiálně bylo zaregistrováno v roce 1992. Jsme nepolitická občanská organizace, jejímž posláním je ochrana přírody a krajiny. Svou činností se snažíme korigovat konzumní vztah člověka k životnímu prostředí. Za svůj hlavní úkol považujeme zastavení rizikových technologií, zvláště atomové energetiky i dalších zdravotně závadných provozů.

Podporujeme prosazování alternativních, životní prostředí méně zatěžujících, způsobů získávání energie a úspor energie.

Poukazujeme na nebezpečí megalomanských projektů, jako jsou obří spalovny, rekreační parky, velké drůbežářské kombináty, stavíme se kriticky k nekoncepčnímu rozvoji obchodní sítě supermarketů a hypermarketů. Aktivně se účastníme většiny problematických řízení, které mají dopad na životní prostředí.

ČÍM SE ZABÝVÁME

- účastníme se správních řízení týkajících se jaderných zařízení v České republice.
- pořádáme přednášky na školách i pro veřejnost
- v dubnu pořádáme Dny na paměť Černobylu - vzpomínkové akce připomínající oběti havárie v jaderné elektrárně v Černobylu
- pořádáme semináře, např. k havarijnímu plánování a k problematice vlivu nízkých dávek záření na obyvatelstvo, k izolaci budov, uspořádali jsme několik zájezdů pro starosty měst a obcí za alternativními zdroji energie v Jižních Čechách a v Horním Rakousku
- účastníme se projednávání správních řízení na bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary související se sanací ekologické zátěže v Mydlovarech
- zabýváme se problematikou dopravy ve městě České Budějovice
- zpracováváme, vydáváme a distribuujeme ekologicky zaměřené studie a publikace
- účastníme se správních řízení v jihočeském regionu týkajících se ochrany přírody a krajiny
- vypracováváme připomínky ke koncepčním materiálům pro rozvoj ČR (Energetická politika, Koncepce nakládání s radioaktivními odpady, Regionální operační programy rozvoje kraje) a k návrhům souvisejících zákonů
- pravidelně pořádáme tiskové konference k aktuálním tématům
- poskytujeme základní poradenství pro občany a občanská sdružení při řešení problémů týkajících se ochrany životní prostředí.

V roce 2000 obdrželo naše sdružení prestižní ocenění (2. místo) Nadace Sasakawa za projekt „Účast ve správních řízení - rozvoj demokracie v Jižních Čechách“. Tento projekt finančně podpořila Nadace pro rozvoj občanské společnosti.