



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií



MODELOVÁNÍ NÁSLEDKŮ VLIVU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ S VYUŽITÍM SOCIOEKONOMICKÝCH KATEGORIÍ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

Disertační práce

Studijní program: P3901 – Aplikované vědy v inženýrství

Studijní obor: 3901V025 – Přírodovědné inženýrství

Autor práce: **Ing. Julie Volfová**

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

CONSEQUENCES MODELLING OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ON PUBLIC HEALTH EXPRESSED THROUGH THE SOCIOECONOMIC CATEGORIES IN THE CONDITIONS OF THE CZECH REPUBLIC

Dissertation

Study programme: P3901 – Applied Sciences in Engineering

Study branch: 3901V025 – Science Engineering

Author: **Ing. Julie Volfová**

Supervisor: prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc.



Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Disertační práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé disertační práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Abstrakt

Proces modelování následků vlivu životního prostředí na veřejné zdraví v sobě spojuje technické přístupy přírodovědných a společenských disciplín a vytváří tak prostor pro mezinárodně orientované vědecké práce s praktickým dopadem na chod společnosti. Předkládaná práce se zaměřuje na provázání výstupů závěrečné fáze integrovaného hodnocení zdravotních rizik vyplývajících ze životního prostředí s respektem k metodologickým specifikům navazujících disciplín. Následky rozvinuté do hlavních socioekonomických kategorií umožňují přesněji vymezit podíly následků, které přímo dopadají na zainteresované strany společnosti. Současné metodiky integrovaného hodnocení jsou intenzivně rozvíjeny pro potřebu mezinárodního srovnávání, a proto vypouští celou řadu národních specifik zejména z oblasti nastavení sociálních a zdravotních systémů, čímž lze pak obtížně sledovat socioekonomické kategorie následků pro potřebu hlavních aktérů veřejného zdraví. Hlavní důraz je tak v práci kladen na navržení metodiky pro závěrečnou část procesu integrovaného hodnocení zdravotních rizik na základě rozsáhlé analýzy současných přístupů k hodnocení následků poškozeného zdraví a tím umožnit sjednocené modelování výstupů epidemiologie a praktické medicíny za pomoci matematicko-statistických nástrojů. Metodika zohledňuje současné trendy a doporučení WHO v rámci této problematiky a přihlíží i k mezinárodnímu vývoji na poli zdravotnické a ekonomické informatiky a statistiky. Ukázkové modely jsou pro vybrané následky prezentované na vlastních případových studiích z oblasti vlivu ionizujícího záření a vlivu znečištěného ovzduší na zdraví.

Abstract

The process of consequences modelling of an environmental impact on public health combines technical approaches of nature sciences with humanistic disciplines and creates new dimensions for interdisciplinary oriented scientific projects with practically applicable outcomes for policy makers. The presented dissertation thesis is focused on the methodology of the interconnection of partial results from final phase of the integrated environmentally related health risk assessment process with the respect to specific methodological conventions of the involved scientific disciplines. The further extension of the consequences and their advance into the main socioeconomic categories allow every single stakeholder to express their own share on the loss caused by the changes in the environmental conditions. The currently practised methodologies of integrated environmentally related health risk assessment are rapidly advancing on the international level and thus omitting important local and national system settings, especially settings of health care and social systems represented by socioeconomic categories of consequences. These national-based categories are crucial for responsible and factual public health related decisions of local and national authorities and other involved subjects. The main emphasis of this Thesis is the proposition of methodological procedure based on extensive analysis of current valuation and assessment approaches of health related consequences for the final part of the process of integrated risk assessment. Through the mathematical and statistical tools, the proposed concept for contemporary methodological recommendations allows a united approach for modelling outcomes within the socioeconomic categories as it is presently demanded by the involved stakeholders and public authorities. The methodological process of algorithm development is based on the WHO recommendations and considers the international trends within the healthcare and socioeconomic statistics and informatics. The exemplary implementation of the proposed algorithm for the methods of assessment and the process of its application is presented through the original case studies related to the impact of ionizing radiation and air pollution on public health.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem svým kolegům nejen za odborné konzultace a věcné připomínky k obsahu a formě zpracování této práce, ale i za vstřícnost a ochotu se kterou tak činili. Dále děkuji za morální podporu a trpělivost celé své rodině a svým blízkým přátelům.

Obsah

Prohlášení	v
Abstrakt	vii
Poděkování	ix
Seznam obrázků	xv
Seznam tabulek	xxi
Seznam zkratk	xxvii
1 Úvod do modelování následků vlivu životního prostředí na zdraví populace	1
1.1 Vědecké disciplíny vstupující do problematiky	3
1.2 Ekonomické následky - hodnocení poškozeného zdraví v současné světové vědě	5
1.3 Současná úroveň ekonomické roviny hodnocení poškozeného zdraví v České republice	8
2 Současný stav problematiky	11
2.1 Interdisciplinární metodologie v oblasti integrovaného hodnocení zdravotních rizik	11
2.1.1 Metodiky integrovaného hodnocení zdravotních rizik pro rozsáhlejší regiony	12
2.1.2 Metodiky integrovaného hodnocení rizik v rámci České republiky	15
2.2 Ekonomická rovina integrovaného hodnocení zdravotních rizik	16
2.2.1 Sledování ekonomické efektivity ochrany a péče o zdraví obyvatelstva	17

2.2.2	Přístupy pro sledování ekonomické efektivity léčby ve zdravotnictví	18
2.2.3	Ekonomická rovina hodnocení zdravotních následků v České republice	19
2.3	Shrnutí současného stavu problematiky a další možnosti jejího rozvíjení v ČR	21
3	Předmět a cíle disertační práce	23
3.1	Přístup k řešení	25
3.2	Vymezení pojmů užívaných v rámci řešení	26
4	Analýza prostředí a současné metodologie	29
4.1	Ekonomické metody	29
4.1.1	Přístupy a metody pro pohled veřejné sféry	30
4.1.2	Přístupy a metody pro pohled soukromé sféry	35
4.1.3	Diskuze metod ekonomického hodnocení	47
4.1.4	Hranice možností ekonomických přístupů a metod	49
4.2	Expertní metody a jejich role v integrovaném hodnocení	51
4.2.1	Metody stanovení individuálního užitku z léčby	52
4.2.2	Metody sledování efektivnosti zdravotních procesů	53
4.2.3	Metody pro veřejné zdravotní pojištění	57
5	Návrh obecné metodiky ekonomického oceňování pro Českou republiku	61
5.1	Souhrnný popis specifik ekonomického hodnocení zdravotních následků v České republice	61
5.1.1	Hodnocení zdravotních rizik a preventivní péče	64
5.2	Analýza prostředí a vymezení aktérů	66
5.3	Analýza zdrojů dat v ČR pro ekonomické hodnocení zdravotních rizik	72
5.3.1	Metodická hlediska volby dat	75
5.3.2	Data z oblasti veřejné sféry veřejně přístupná	76
5.3.3	Data z oblasti veřejné sféry omezeně přístupná	79

6	Vybrané statistické metody a nástroje pro modelování a analýzu zdravotních následků	85
6.1	Vstupy z epidemiologie a biostatistiky	85
6.1.1	Charakteristika dat pro analýzu přežití	85
6.1.2	Funkce přežití	86
6.1.3	Cenzorování	88
6.1.4	Metody analýzy přežití	89
6.1.5	Vybrané modely v analýze přežití	89
6.1.6	Zobecněný lineární model	92
6.1.7	Linkovací funkce (link function)	92
6.1.8	Coxův model proporcionálního rizika	93
6.2	Robustní statistické metody – Kvantilová regrese	94
6.2.1	Kvantily a kvantilová funkce	94
6.2.2	Souvislost klasické a kvantilové regrese	95
6.2.3	Definice kvantilových křivek	95
6.3	Shrnutí	97
7	Ekonomické hodnocení zdravotního poškození způsobené ionizujícím zářením	99
7.1	Úvod a motivace	99
7.2	Pravděpodobnost zdravotního poškození jako funkce dávky záření	100
7.3	Odhad újmy v závislosti na chronické expozici a věku při expozici . .	104
7.4	Pravděpodobnostní posouzení zdravotního stavu lidského organismu .	108
7.4.1	Pravděpodobnostní posudek zdravotního stavu	109
7.4.2	Přímá metoda Monte-Carlo	109
7.4.3	Numerické aspekty přímé metody Monte-Carlo	109
7.5	Matematický model ekonomické ztráty způsobené úmrtím vlivem expozice ionizujícímu záření – modifikace úmrtnostních tabulek (Model 1)	110
7.5.1	Matematický model hodnoty života vztažený na ztrátu produkce	111
7.5.2	Předpoklady a numerické parametry modelu	112
7.5.3	Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné expozici .	113

7.5.4	Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné a profesionální expozici	114
7.5.5	Rozdělení hodnoty zachráněného života při profesionální expozici	114
7.6	Návrh algoritmu “mechanistického” modelu Monte Carlo (Model 2)	115
7.6.1	Algoritmus pro expoziční situaci “přírodní zdroje”	119
7.6.2	Algoritmus pro expoziční situaci “profesionální expozice” . . .	119
7.6.3	Shrnutí ekonomických hledisek vstupujících do modelu	120
7.6.4	Výhody modelu Monte Carlo 1 (modifikace úmrtnostních tabulek)	121
7.6.5	Výhody modelu Monte Carlo 2 (algoritmus “mechanistického” modelu)	121
7.7	Závěr a možnosti budoucího výzkumu	123
8	Hodnocení zdravotních rizik poletavého prachu PM₁₀ v Liberci a jeho ekonomické dopady	127
8.1	Úvod a motivace	127
8.2	Identifikace nebezpečnosti	128
8.3	Hodnocení expozice	130
8.4	Charakterizace rizika	131
8.5	Analýza nejistot	135
8.6	Doporučení pro ekonomické hodnocení dopadů na zdraví obyvatelstva vlivem působení polétavého prachu	136
8.6.1	Složka WTP pro zdravotní poškození způsobené znečištěným venkovním ovzduším	140
8.6.2	Přímé náklady na léčbu akutních exacerbací v České republice	145
9	Diskuze výsledků a přínosů disertační práce	163
9.1	Závěr	165
	Přílohy	177
	A Požadavky na data o zdravotních rizicích	179

B	2007 ICRP Annex A	181
C	Modelování finanční ztráty způsobené úmrtím	187
C.1	Výpočet počtu mrtvých na rakovinu vlivem náhodné expozice	188
D	Seznam publikací	191

Seznam obrázků

1.1	Schématické znázornění procesu integrovaného hodnocení rizika. Zdroj: (Ricci, 2006, str. 74, obr. 3.1), přeloženo a upraveno autorkou.)	4
1.2	Schématické znázornění prolínání disciplín vstupujících do úlohy ekonomického hodnocení zdravotních poškození. Zdroj: (Whittington, 2008). Přeloženo a doplněno autorkou)	4
1.3	Schéma řešených úloh v rámci oboru Ekonomie zdraví. Zdroj: (Williams, 1987). Přeloženo a upraveno autorkou)	6
2.1	Schematické podchycení významných vazeb mezi aktéry, kteří mají klíčový vliv na základní strukturu přímých nákladů na konkrétní zdravotní následek v rámci českého zdravotního systému	16
4.1	Algoritmus pro volbu vhodné metodiky.	30
4.2	Finanční a ekonomické dopady nemoci a zranění na domácnosti. Zdroj: (Evans and et al, 2009)	31
4.3	Ekonomický přebytek a ztráta ve studiích nákladů nemocnosti založených na prevalenci.	32
4.4	Schéma modelu DIMIMIC.	41
4.5	Komponenty celospolečenské ochoty platit dle US EPA.	42
4.6	Podíly tří nescitatelných složek nákladů na různá zdravotní poškození. Zdroj: (Serup-Hansen et al., 2004)	50
4.7	Schématické znázornění prolínání disciplín vstupujících do úlohy ekonomického hodnocení zdravotních poškození. Zdroj: (Whittington, 2008, přeloženo a doplněno autorkou)	52
4.8	Grafické znázornění zdravotního profilu jednotlivce a jeho míry zastoupení QALY (šedá plocha) a DALY (černá plocha) v průběhu života. Zdroj: (Hammitt, 2002)	56
4.9	Schéma vlivu chronické působení škodlivin hodnotu kvality života (QUALY). Zdroj: ARTEC	56

4.10	Veřejné výdaje na zdravotní péči dle věku pacienta. Zdroj: (Martins et al., 2006)	57
4.11	Průměrné výdaje na zdravotní péči podle věku a pohlaví v roce 2010 (v Kč). Zdroj: (Český statistický úřad, 2012)	57
5.1	Obecné schéma struktury základních epidemiologických a ekonomických údajů pro řešení úlohy.	62
5.2	Schématický návrh pro simulování ekonomických dopadů.	66
5.3	Přehled základních sazeb zdravotních pojišťoven. Zdroj: (Frolíková, 2012b)	81
6.1	Příklad charakteristického průběhu křivky přežití v čase. Zdroj: (Holubová, 2011)	87
6.2	Ukázky charakteristických průběhů rizikové funkce v čase. Zdroj: (Holubová, 2011)	87
6.3	Graficky znázorněný příklad cenzorování	88
6.4	Příklad Kaplan-Meierova odhadu křivky přežití. Zdroj: Holubová, 2008	90
6.5	Ukázka dat vhodných pro klasickou regresi, plná čára znázorňuje podmíněnou střední hodnotu (a). Ukázka dat vhodných pro kvantilovou regresi spolu s kvantilovými křivkami (b).	96
7.1	Odhady převýšení relativního rizika podle modelu ERR a jeho přepočty na absolutní riziko podle incidence v euro-americké populaci (stupňovité čáry, pravá osa) (a). Odhady převýšení absolutního rizika podle modelu ERR a jeho přepočty na relativní riziko podle incidence v euro-americké populaci (stupňovité čáry, levá osa). (b).	105
7.2	Převýšení relativního rizika solidních nádorů (ERR) v důsledku chronické expozice 1mSv ročně v různých věkových intervalech.	106
7.3	Převýšení absolutního rizika solidních nádorů (EAR) v důsledku chronické expozice 1mSv ročně v různých věkových intervalech (a). a přepočty získané z modelu ERR (b).	108
7.4	Výsledky simulace Studie 1 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).	113
7.5	Výsledky simulace Studie 2 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou a profesionální expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).	114

7.6	Výsledky simulace studie 3 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro profesionální expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1.	115
7.7	Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou a profesionální expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 20 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).	122
7.8	Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pouze pro profesionální expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 20 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo). . . .	123
7.9	Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 40 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).	123
7.10	Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 50 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo). Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné a profesionální expozici jsou opět statisticky shodné s rozdělením hodnoty zachráněného života při náhodné expozici.	124
7.11	Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 60 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo). Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné a profesionální expozici jsou opět statisticky shodné s rozdělením hodnoty zachráněného života při náhodné expozici.	125
8.1	Nejvyšší 24 hodinové koncentrace PM_{10} v roce 2007 (Zdroj: Státní zdravotní ústav 2008b) (a). Roční průměrná koncentrace PM_{10} v roce 2007 (b).	132
8.2	Standardizované úmrtnosti podle příčin smrti pro muže (a) a ženy (b) (Zdroj: Valenta et al. 2008)	133
8.3	Kumulativní hodnota všech vykázaných bodů po měsících s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) rozdělené dle závažnosti pro ČR (a) a pro okres Liberec (b).	149

8.4	kumulativní hodnota všech vykázaných bodů po týdnech s diagnózou dle DRG 437X(astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) rozdělené dle závažnosti pro ČR (a) a pro okres Liberec (b).	150
8.5	Porovnání vývoje počtu všech nástupů k hospitalizaci s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) v jednotlivých měsících pro celou ČR (b) a pro okres Liberec (b) v letech 2006-2010.	151
8.6	Histogram četností všech hospitalizací s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vizualizované na základě věku a bodové hodnoty jednotlivého hospitalizačního případu pro celou ČR (a) a v detailu pro dospělou populaci (b) v letech 2006-2009.	157
8.7	Histogram četností všech hospitalizací s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vizualizované na základě věku a bodové hodnoty pro okres Liberec v letech 2006-2009.	158
8.8	Histogram četností všech hospitalizací v zájemném porovnání ve třech věkových kategoriích s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vzhledem k bodové hodnotě na jeden hospitalizační případ pro celou ČR (a) a pro okres Liberec s využitím jádrového odhadu (b) v letech 2006-2009.	159
8.9	Histogram četností všech hospitalizací s komplikacemi a komorbidity ve vzájemném porovnání ve třech věkových kategoriích s diagnózou dle DRG 4372 (astma), 4382 (CHOPN) a 4412 (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vzhledem k bodové hodnotě na jeden hospitalizační případ pro celou ČR (a) a pro okres Liberec s využitím jádrového odhadu (b) v letech 2006-2009.	160
8.10	Hospitalizační případy pro ekonomicky aktivní obyvatelstvo ve věkové skupině 15-49let dle věku a bodové hodnoty dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) proložená kvantilovou regresí v souhrnném grafu (a) pro populaci mužů (b) a pro populaci žen (c). Barevné označení regresních křivek odpovídá následujícím hodnotám kvantilů: 50% světle zelená, 75% tmavě zelená, 90% tmavě modrá, 95% světle modrá, 99% fialová a 99,9% červená. Osa y (body) je v logaritmickém měřítku.	161

8.11 Hospitalizační případy pro populaci ve věkové skupině 50-85 let dle věku a bodové hodnoty dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) proložená kvantilovou regresí v souhrnném grafu v logaritmickém měřítku v ose zobrazující bodovou hodnotu jedné hospitalizace (a), v detailnějším zobrazení průběhu kvantilové regrese (b) a s bližším vymezením rizikivosti a bodové náročnost v rámci věkové skupiny v intervalu 90-99% kvantilu (c). Barevné označení regresních křivek odpovídá následujícím hodnotám kvantilů: 50% světle zelená, 75% tmavě zelená, 90% tmavě modrá, 95% světle modrá, 99% fialová a 99,9% červená.	162
---	-----

Seznam tabulek

1.1	Seznam 25 nejaktivnějších zemí v oboru Ekonomie zdraví podle h-indexu. Zdroj: (Wagstaff and Culyer, 2012)	7
1.2	Rozložení okruhů témat 50 nejcitovanějších publikací 4 nejaktivnějších zemí v oboru. Zdroj: (Wagstaff and Culyer, 2012)	8
1.3	Rozložení tématických okruhů 50 nejcitovanějších publikací v jednotlivých dekádách. Zdroj: (Wagstaff and Culyer, 2012)	9
4.1	Členění nepodchycené legální produkce. Zdroj: (Schneider, 2002)	38
4.2	Vývoj velikosti informálního sektoru (v % oficiálního HDP) v letech 1990-1995. Zdroj: (Johnson et al., 1997; Hanousek and Palda, 2004)	40
4.3	Odhady podílu informálního sektoru na začátku transformace (v % “úplné produkce”-TEA). Zdroj: (Feige and Urban, 2003)	40
4.4	Dynamika růstu NOE a TEA v letech 1989-2001 revidovanou metodou ECM. Zdroj: (Feige and Urban, 2003)	40
4.5	Velikost informálního sektoru ve vybraných tranzitivních ekonomikách. Zdroj: (Schneider, 2002)	41
4.6	Základní dimenze rizika dle (Slovic et al., 1985)	46
4.7	Srovnání přístupů COI a WTP pro případ znečištění z ovzduší dle (Seethaler et al., 1999) health metrics	49
5.1	Seznam aktérů zdravotnictví ČR. Zdroj: (Kotherová, 2010)	67
5.2	Platná legislativa a navazující předpisy vymezující postavení mezi jednotlivými skupinami a podskupinami a vztahy mezi nimi v rámci systému. Zdroj: (Kotherová, 2010)	69
5.3	Požadované ekonomické zdroje dat.	75
5.4	SWOT analýza.	76
5.5	Přehled úrovní hodnocení a k nim dostupných finančních ukazatelů/dat a jejich zdrojů. Zdroj: (Háva, 2012)	77

5.6	Mezinárodní zdroje dat o zdraví a zdravotním stavu obyvatelstva. Zdroj: (Štampach, 2010)	78
5.7	Výnosové hodnoty bodu pro Klatovskou nemocnici Zdroj: (Klatovská nemocnice a.s., 2008)	80
5.8	DRG kalkulační matice Německo. Zdroj: (Vogl, 2012)	83
6.1	Přehled linkovacích funkcí pro různé typy proměnných.	93
7.1	Průměrné hodnoty nominálního rizika a detrimentu pro celou populaci a obě pohlaví	101
7.2	Nominální koeficienty rizika pro rakovinu a dědičné choroby vyjádřené jako zdravotní újma D (v jednotce 10^{-2} Sv^{-1})	103
7.3	Parametry modelů relativního (ERR) a absolutního (EAR) rizika odvozených z incidence a mortality pro skupinu všech zhoubných novotvarů s výjimkou rakovin krevetvorné tkáně, kůže a štítné žlázy	105
7.4	Parametry modelů relativního rizika (ERR) odvozených z incidence zhoubných novotvarů pro jednotlivé lokalizace	106
7.5	Parametry modelů absolutního rizika (EAR) odvozených z incidence zhoubných novotvarů pro jednotlivé lokalizace	107
7.6	Data pro pravděpodobnost úmrtí a ztrátu let života pro pracující populaci (18-64 let), viz Příloha ICRP 2007 Annex A). Symbol $R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$ představuje nominální riziko zohledňující letalitu a kvalitu života, symbol $15 I_T$ označuje typickou ztrátu let života, která se určí jako součin relativní ztráta délky života vlivem nádoru I_T pro danou tkáň T násobenou 15-li lety.	117
7.7	Data pro pravděpodobnost úmrtí a ztrátu let života pro celou populaci (0-85 let), viz. Příloha B ICRP 2007 Annex A). Symbol $R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$ představuje nominální riziko zohledňující letalitu a kvalitu života, symbol $15 I_T$ označuje typickou ztrátu let života, která se určí jako součin relativní ztráta délky života vlivem nádoru I_T pro danou tkáň T násobenou 15-li lety.	118
8.1	Měsíční koncentrace PM_{10} v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na monitorovací stanici Liberec město. Zdroj: (Státní zdravotní ústav, 2008b)	130
8.2	Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na monitorovací stanici Liberec Vratislavice. Zdroj: (Státní zdravotní ústav, 2008b)	131
8.3	Počet obyvatel v lokalitách, kde je umístěna monitorovací stanice. Zdroj: (Český statistický úřad, 2001)	131
8.4	Přehled nově vzniklých zdravotních poškození a omezení odpovídající expozici při průměrné roční koncentraci $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$ (příp. $\text{PM}_{2,5}$) pro danou populaci. Zdroj: [12]	134

8.5	Celková úmrtnost díky imisím PM_{10} u obyvatel nad 30 let.	135
8.6	Hospitalizace pro srdeční onemocnění díky imisím PM_{10} u obyvatel za rok.	135
8.7	Hospitalizace pro respirační onemocnění díky imisím PM_{10} u obyvatel za rok.	136
8.8	Počet dní s omezenou aktivitou u dospělých díky imisím PM_{10} za rok.	136
8.9	Počet prostonaných dní u dospělých díky imisím PM_{10} za rok.	137
8.10	Počet dní s příznaky u chronicky nemocných u dospělých díky imisím PM_{10} za rok.	137
8.11	Počet dní s léčbou (bronchodilatans) u dětí a dospělých s astma díky imisím PM_{10} za rok.	138
8.12	Počet dní s respiračními příznaky dolních cest dýchacích včetně kašle u dospělých a u dětí u populace díky imisím PM_{10} za rok.	138
8.13	Odhady intervalů pro peněžní vyjádření zdravotního poškození způsobené znečištěným ovzduším přístupem WTP sestavené na základě (Hunt et al., 2011)	141
8.14	Všeobecná střední hodnota WTP za vyhnutí se vybraným respiračním zdravotním potížím pro EU27. Zdroj: (Máca and et al, 2011)	142
8.15	Výsledky neparametrických odhadů WTP pro vyhnutí se vybraným respiračním onemocněním. Zdroj: (Máca and et al, 2011)	143
8.16	Výsledky zpětného modelování benefit transferu na pomocí 3 variant modelů sestavených na základě (Máca and et al, 2011) a odvozených z rozsáhlého dotazníkového šetření v rámci HEIMTSA.	144
8.17	Náklady a užitky na jednotlivé stavy z perspektivy zdravotní pojišťovny.	145
8.18	Náklady na léčbu exacerbací v rámci primární péče v České republice v roce 2005. Zdroj: (Lane et al., 2006)	146
8.20	Souhrnné bodové hodnoty všech hospitalizačních případů pro popu- laci ČR	152
8.21	Souhrnné bodové hodnoty všech hospitalizačních případů pro okres Liberec	154
8.22	Průměrná bodová hodnota jednoho případu hospitalizace dané závažnosti a v daném rozmezí kvantilů pro populaci ČR.	155
8.23	Průměrná bodová hodnota jednoho případu hospitalizace dané závažnosti a v daném rozmezí kvantilů pro okres Liberec.	156
A.1	Data Státního zdravotního ústavu v Praze.	180

Seznam zkratek

CBA	Cost-benefit analýza
CDV	Centrum dopravního výzkumu
CEPN	Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire =The Nuclear Protection Evaluation Centre
COI	Cost of Illness
CVM	Contingent Valuation Method
ČSÚ	Český statistický úřad
DALY	Disability Adjusted Life Years
DRG	Diagnosis Related Group
EC DG	European Commission - Directorate-General
EHAP	Environment and Health Action Plan
ETE/JETE	Jaderná elektrárna Temelín
FPx EU	European Union Frame Programme
GDP	Gross Domestic Pruduct
HDP	hrubý domácí produkt
HIA	Helath Impact Assessment
HYE	Health Year Equivalent
ISPV MPSV	Informační systém o průměrném výdělku při Ministrstvu práce a sociálních věcí
HNP	Hrubý národní produkt
HDP	Hrubý domácí produkt
HSE	Health and Safety Executive
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
ISPV	Informační systém o průměrném výdělku
ICRP	International Commision on Radiological Protection
LE	Life Expectancy
MOÚ	Masarykův onkologický ústav
NOE	Non-observed Economy „nezjištěná“ ekonomika
QALY	Quality Adjusted Life Years
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RILSA	Research Institute of Labour and Social Affairs
TEA	Total Economic Activity
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
VOLY	Value of Life Year
VSL	Value of Statistical Life

VÚBP	Výzkumný ústav bezpečnosti práce
VÚPSV	Výzkumný ústav práce a sociálních věcí
VZP	Všeobecná zdravotní pojišťovna
WTP	Willingness to Pay
WTA	Willingness to Accept

1. Úvod do modelování následků vlivu životního prostředí na zdraví populace

Jednoznačný společenský konsensus ohledně hodnoty životního prostředí a jeho vlivu na zdraví člověka je již několik desetiletí vnímán napříč celou společností. Kvantifikace tohoto vlivu a jeho systematické studium je předmětem mnoho vědeckých disciplín: od přírodovědných, přes společenskovední až po ryze technické. Každý obor tak využívá svých tradičních přístupů a nástrojů k řešení této úlohy a na základě společenské poptávky dále své výstupy zpracovává do navazujících úloh a konečných výstupů ve spolupráci s dalšími zainteresovanými stranami. Modelování následků až do ekonomické roviny pak do této oblasti vstupuje v různé míře a šíři, která je daná kontextem celé úlohy. Lze stanovit následky pouze do úrovně konkrétních zdravotních poškození a nadále je promítat do omezení osobních i společenských rolí jednotlivců nebo lze zkoumat vliv na zdravotní stav celé populace.

Lidské zdraví i čisté životní prostředí jako celek nemají na základě současných vědeckých přístupů jednoznačně stanovenou celkovou hodnotu v peněžních jednotkách. Existují pouze dílčí úlohy z oblasti péče a ochrana zdraví a životní prostředí, kde lze již za pomoci ekonomických přístupů vyjádřit v konkrétních nákladech, případně v odvrácených nákladech peněžní škodu, jejíž vzniku je zabráněno preventivním opatřením.

Jednotlivé disciplíny zastávají formou svého příspěvku v rámci procesu hodnocení buď klíčovou hodnotící roli nebo technicky podpůrnou. Toto členění je patrné zejména u velkých nadnárodních projektů integrovaného hodnocení jakým je např. v evropském rozměru ExternE ([European Commission, 1998](#)).

Role přírodovědných disciplín je zde zastoupena především v definování cesty působení vlivu životního prostředí až do definování výskytu zdravotního poškození. Z objektivního hlediska jsou na základě mezinárodních klasifikací dále s pomocí medicínských kritérií definované konkrétní diagnózy a nově jsou u vybraných zdravotních poškození sledovány i individuální omezení vyplývající ze snížení funkčních schopností jednotlivce. Takto definované následky již lze sledovat v ekonomických kategoriích, přičemž ekonomické vědy je v tomto procesu zastoupeny hned v několika různých rolích. Ekonomie blahobytu a Ekonomie zdraví poskytuje metodologický aparát pro stanovení optimální alokace vzácných zdrojů za daného rozpočtového omezení, přičemž povaha potřeby péče o zdraví a o životní prostředí je v tomto ohledu typickým příkladem, kde kde vždy bude docházet ke společenským tlakům na takové optimalizace a regulace. Potřeba vzácných zdrojů je v těchto kategoriích

(zdraví a životní prostředí) neomezená, ale zdroje, které má společnost a i jednotlivci reálně k dispozici jsou omezené. Při hledání optima pak dochází k porovnávání závažnosti současných následků s potencionálně odvrácenými následky a celková náročnost opatření vedoucího ke změně v závažnosti následků. Pro následné hledání peněžního ekvivalentu pro konkrétní zdravotní následky nelze tedy hledat absolutní hodnotu, ale pouze lze vyjádřit v peněžních jednotkách ekvivalent pro určitou míru změny ve stavu zdraví jednotlivce nebo populace. V ekonomické terminologii pak hovoříme o marginální analýze, kde zkoumáme, jakou míru vlivu má dodatečné zvýšení jednoho vstupu na dodatečný výstup.

Pro potřebu srozumitelně formulovat poměrně složité výstupy integrovaného hodnocení zdravotních následků s širokou veřejností a poskytovat věcné podklady pro politické rozhodování se řada oborů z oblasti hodnocení vlivu životního prostředí uchyluje k interpretaci vlastních výstupů na úrovni všeobecně pochopitelné a uznávané hodnoty přínosu formou peněžního vyjádření. Tento způsob vyjádření má celou řadu úskalí, jež vedou k vysokým nárokům spojených s korektní a jednoznačnou interpretací. Peněžní vyjádření samo o sobě je problematické i v rámci běžných tržních statků vzhledem k jejich permanentně se měnící hodnotě v čase i v prostoru. (částečně lze podchytit diskontováním, stanovování parity kupní síly apod.). V případě oceňování netradičního netržního statků, kam patří např. i změna zdravotního rizika nebo změna kvality životního prostředí, vstupujeme u vybraných ekonomických přístupů na tzv. hypotetické trhy, kde samotné vyjádření představuje pouze virtuální transakce, jejichž hodnoty jsou zatíženy celou řadou dodatečných nejistot vyplývajících z podstaty společenskovedních metodických postupů. Od tohoto faktu se pak dále odvíjí i náročnost interpretace daleko složitějších modelovaných následků na zdraví jakým je např. hodnota statistického života (VSL, Value of Statistical Life), jež je blíže rozvedena v rámci této práce.

Úskalí interpretace a další využití výsledků studií spojených s modelováním a hodnocením zdravotních rizik a následků, popisuje (Cameron, 2010). Dokumentuje zde, kterak používání příliš obecných pojmů, ve snaze o srozumitelnost nebo zjednodušení přesného vědeckého pojmového aparátu, vede až k negativnímu postoji vůči složitějším vědeckým výsledkům. Typicky jsou neekonomicky vzdělanou veřejností špatně rozlišovány už i např. rozdíly mezi účetním a ekonomickým hodnocením, protože výsledky ve shodných peněžních jednotkách dodávají i zavádějící dojem shodné hodnocené veličiny. Taková míra zjednodušení bez vhodné interpretace bývá zdrojem mnoha předsudků a nepochopení při diskuzi nad výsledky těchto hodnocení.

Význam bližšího zaměření na téma modelování následků vyplývá i z mezinárodní situace v souladu s aktuálními prioritami dle WHO. S přihlédnutím k aktuálnímu rámci celoevropské zdravotní politiky Zdraví 2020 (World Health Organization, 2013) se stává ekonomická rovina hodnocení zdravotních následků nejen vlivem životního prostředí, ale i v souvislosti se sledováním efektivity samotných zdravotních systémů přímo jedním z cílů a lze proto očekávat další tlak na systematické zpracovávání potřebných vstupních údajů. S tím lze očekávat zrychlený rozvoj odborného zázemí a transparentní informační infrastruktury a zároveň celkové promítnutí tohoto požadavku do krajských zdravotních politik pro možnost

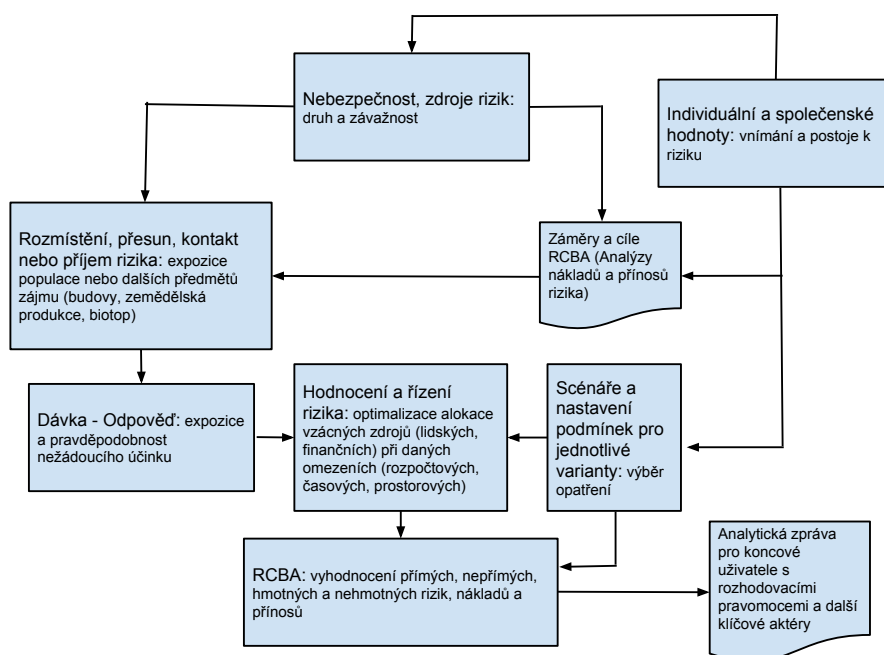
srovnávání plnění těchto cílů. Tato práce tak získává na aktuálnosti a představuje ucelený základ pro schopnost minimálně posoudit rozsah a možnosti modelování následků vlivu životního prostředí na zdraví populace a tím i na systém zdravotní péče v souladu s celospolečenskými prioritami.

V celospolečenském kontextu pak jsou analogicky a někdy až duplicitně řešeny v rámci jednotlivých disciplín vstupujících do procesu hodnocení vlivu životního prostředí na zdraví i dílčí úlohy z oblasti modelování následků na zdraví až do ekonomické roviny. Ukázkovou úlohou je při řízení péče a ochrany zdraví a životního prostředí otázka rizika poškození a schopnost toto riziko kontrolovat. V ekonomické terminologii lze tento problém pojmenovat jako konzumaci veřejného statku (využívání služeb poskytovaných životním prostředím, např. vzduch k dýchání) a nemožnost vyloučitelnosti ze spotřeby daného statku (jsem nucen dlouhodobě spotřebovávat vzduch znečištěný intenzivní automobilovou dopravou). Lze zde pozorovat u obou disciplín jistou vzdálenou analogii v řešení podobně obecné úlohy na konkrétním příkladu hodnocení zdravotních následků plynoucích ze znečištěného životního prostředí, která je i základním předpokladem pro smysluplné provázání jednotlivých vstupujících disciplín v rámci celého procesu hodnocení. Modelování následků vlivu životního prostředí na zdraví tak je nutné na základě současných trendů integrovaného hodnocení zdravotních rizik chápat nejen v medicínské a epidemiologické rovině, ale již o krok dále i v ekonomických kategoriích s důrazem na vyváženou interpretaci ve smyslu vědecké korektnosti a zároveň základní srozumitelnosti pro zainteresované uživatele výstupů.

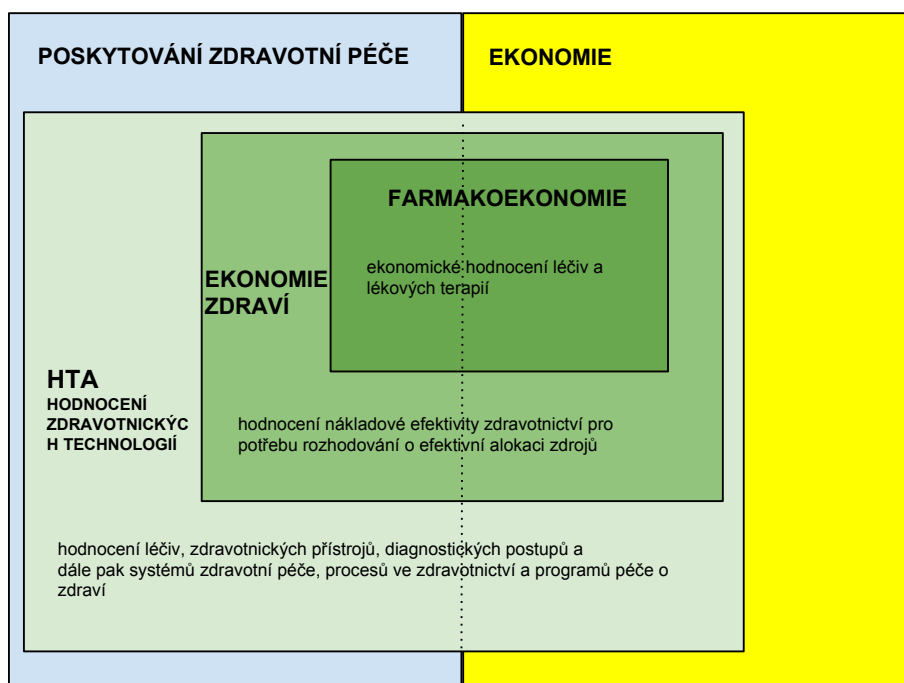
1.1 Vědecké disciplíny vstupující do problematiky

Zvolená úloha, modelování následků až do roviny ekonomického hodnocení, v sobě zahrnuje propojení aktuálních témat z toxikologie, epidemiologie, medicíny a rizikového managementu s postupy a metodami matematické statistiky, ekonomického modelování a informatiky. Ze širší záběru celé úlohy vyplývá nutnost vymezit míru podrobnosti rozboru vstupujících disciplín, tak aby zvolená úloha neztrácela na srozumitelnosti a zároveň podchytila kritické momenty v hodnotícím procesu, schematicky znázorněného na obr. 1.1.

V boxech s vlnovkou jsou identifikovány aktivity v rámci procesu hodnocení rizik přes Analýzu nákladů a přínosů rizika (Risk Cost benefit Analysis, RCBA), kde se prolínají role rozhodujících autorit (tzv. decision-makers) s rolí vědců-analytiků. Ve zbylých boxech jsou naznačeny další obecné prvky procesu, který vždy vychází z individuálních a společenských hodnot. Hlavní důraz práce je na ekonomickou koncovku celého procesu, která je zahrnuta pod hodnocením a řízením rizika a pod závěrečné sestavování RCBA s analytickou zprávou pro zainteresované strany. V rámci předchozích kroků jsou také stručně charakterizována vybraná aktuální témata v rámci souvisejících disciplín, která jsou v rámci mezinárodních trendů i lokálních aktivit blíže zkoumána v souvislosti s vlastními výzkumnými úkoly autorů v průběhu studia. Tento procesní model tak obecně vymezuje tematické oblasti, jejichž řešením se zmiňované disciplíny zabývají v rozdílném rozsahu a za



Obrázek 1.1: Schématické znázornění procesu integrovaného hodnocení rizika. Zdroj: (Ricci, 2006, str. 74, obr. 3.1), přeloženo a upraveno autorkou.)



Obrázek 1.2: Schématické znázornění prolínání disciplín vstupujících do úlohy ekonomického hodnocení zdravotních poškození. Zdroj: (Whittington, 2008). Přeloženo a doplněno autorkou)

pomocí různých přístupů a nástrojů. Integrojícím prvkem je využití matematicko-statistických nástrojů, byť v různé míře a na odlišné úrovni.

Vědecké disciplíny, které přirozeně zasahují do spotřeby finančních a v širším významu ekonomických zdrojů v souvislosti se zdravotním poškozením jsou schematicky vymezeny na obr. 1.2. Zelená barva značí průnik původních oblastí a intenzita barvy pouze sloučí k vymezení podskupin jednotlivých disciplín.

1.2 Ekonomické následky - hodnocení poškozeného zdraví v současné světové vědě

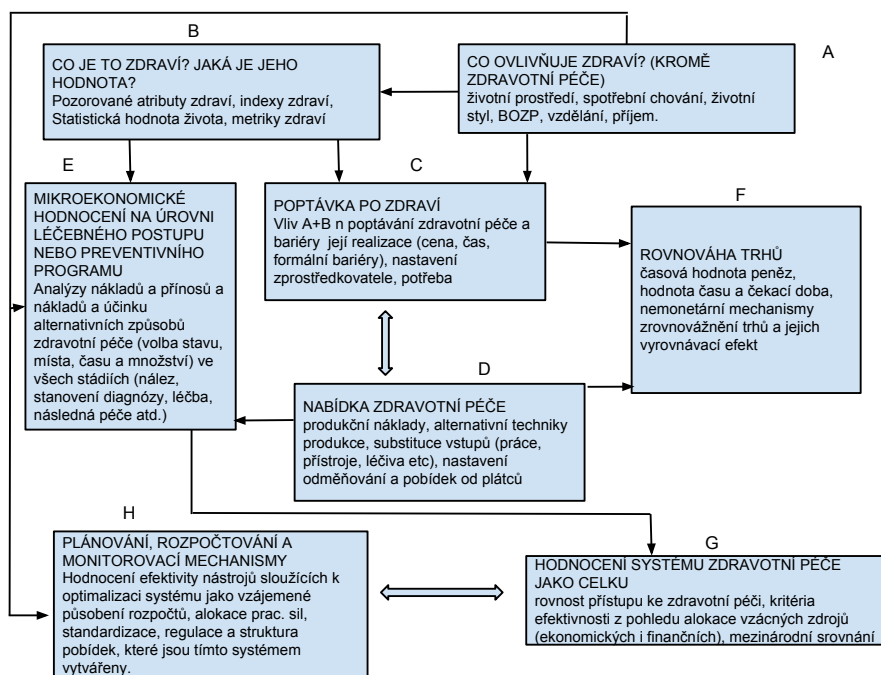
Ekonomické dopady poškozeného zdraví na společnost jako celek nebo i jednotlivce není v současné době už jen záležitostí akademického světa, kde se v rámci mezinárodní spolupráce propojují technické, přírodovědné, medicínské a matematicko-statistické vědecké disciplíny. Jde o aktuální téma, jehož naléhavost aktuálně roste na významnosti a tím roste i celospolečenská poptávka celou problematiku efektivně řešit.

V rámci světových organizací a nadnárodních uskupení (EU, WHO, OECD, WB) jsou aktuální témata dále rozpracovávána do rámcových zdravotních politik a dále pak do jednotlivých regionálních uskupení. Pro WHO region Evropa je vedení v Kodani, v Dánsku. V této části Evropy se obecně koncentrují odborné instituce i nadnárodní organizace, jež spojuje tematika zdraví.

Ekonomické aspekty péče o zdraví jsou současně době jednou z priorit WHO. Ať už sledujeme strategické dokumenty pro Evropskou rámcovou zdravotní politiku “Zdraví 2020” ([World Health Organization, 2013](#)), nebo nedávnou makroekonomickou analýzu v dokumentu “Dopad Zdraví na ekonomiku Evropské unie” ([Suhrcke et al., 2005, 2006](#)), pokaždé narazíme na potřebu objektivně kvantifikovat ekonomické dopady poškozeného zdraví, a to z pohledu všech zainteresovaných stran a hlavně transparentně.

Vědecká disciplína, která blíže zkoumá tuto problematiku, se nazývá Ekonomie zdraví a již přes 40let systematicky buduje metodologii pro tento účel. Vychází z neoklasického přístupu ekonomie blahobytu ke zdraví jako klíčového faktoru individuálního i celospolečenského blahobytu. Naléhavá potřeba analyzovat a efektivně řešit ekonomické aspekty péče o zdraví vyvstala v 70-tých letech v prostředí tržního hospodářství USA. V návaznosti na medicínské a přírodovědné disciplín obor systematicky rozvíjel svou metodologii a skrze následná regulační doporučení a analýzy zdravotních politik zajišťoval kontakt s reálnými potřebami společnosti. Kromě tohoto makroekonomického přístupu, se začaly metody ekonomie zdraví uplatňovat i na mikroekonomické úrovni a dokonce i v soukromé sféře při stanovování efektivity léčebných přípravků a dalších medicínských technologií.

Ekonomie zdraví, na rozdíl od tradičně zaměřených odvětví ekonomie, se odlišuje rozsáhlým zkoumáním rozsáhlých vládních intervencí, obtížně sledovatelnými nejistotami a s tím souvisejí potřebou řešit externalitu. Tato témata jsou v tradičním



Obrázek 1.3: Schéma řešených úloh v rámci oboru Ekonomie zdraví. Zdroj: (Williams, 1987). Přeloženo a upraveno autorkou)

pojetí analýzy trhu zahrnuta v daleko menší míře. Dále pak z pohledu tradičních úloh hledání rovnováhy na všech trzích řeší silný vliv informační asymetrie, a to nejen při měření rizikovosti v případě trhů se zdravotním pojištěním. Původní zaměření výhradně na potřeby sledování efektivity z pohledu státu jako správce veřejných financí určených na ochranu a péči o zdraví se pak v průběhu posledních let posunulo i směrem ke sledování potřeb a efektivních řešení i z pohledu jednotlivce a dalších zainteresovaných stran.

Způsob, jak vyjádřit vazby mezi základními tématy, které Ekonomie zdraví pokrývá, lze sledovat na obr. 1.3. Od boxu A tak lze sledovat postupně proces větvení a vzájemné závislosti mezi základními tematickými celky souvisejících s ekonomickými aspekty zdraví. Přehledový článek hodnotící 40 let ekonomie zdraví (Wagstaff and Culyer, 2012) pohledem bibliometrických ukazatelů analyzuje a hodnotí rozvoj této vědecké disciplíny. Nápadný je masivní nárůst aktivity v posledních 10 letech, kdy otázka efektivní alokace veřejných zdrojů při stále rostoucí ekonomické náročnosti medicínských oborů začala vážně ovlivňovat organizaci zdravotnictví ve většině vyspělých evropských zemí a tím i k rozsáhlému zapojení odborníků příslušných souvisejících disciplín jako např. veřejné zdravotnictví, biomedicínské inženýrství, farmacie apod.) Z metodicky pečlivého přehledu publikační činnosti v rámci této disciplíny nelze jednoznačně odvozovat kvalitu odborného zázemí, nicméně dominance anglosaských zemí je patrná ve většině hodnocených kategoriích. Výrazný je nárůst publikační aktivity v oboru za posledních 8 let a nově lze sledovat průnik do oboru v rámci starých členských zemí EU, ale i asijských a afrických zemí. V tabulce 1.1 je uvedeno 25 nejaktivnějších zemí podle h-indexu.

Dalším významným jevem disciplíny je evoluce vlastních tematických okruhů,

Tabulka 1.1: Seznam 25 nejaktivnějších zemí v oboru Ekonomie zdraví podle h-indexu. Zdroj: (Wagstaff and Culyer, 2012)

	Stát	Počet publikací	Pořadí	h-Index	Maximum citací	Pořadí
1	United States	10,995	1	189	4355	1
2	United Kingdom	2214	2	96	774	2
3	Canada	859	3	58	489	4
4	Netherlands	408	5	51	486	5
5	Sweden	260	8	46	237	11
6	Australia	467	4	36	415	6
7	Germany	331	6	34	358	8
8	Switzerland	226	9	31	403	7
9	Norway	133	12	30	223	12
10	Spain	289	7	28	513	3
11	New Zealand	128	13	24	154	20
12	Italy	155	11	20	72	27
13	Israel	64	20	19	305	10
13	Taiwan	97	18	19	89	24
13	France	199	10	19	157	18
16	Finland	64	20	17	186	15
16	Denmark	94	19	17	184	16
16	Belgium	109	17	17	71	28
19	China	113	14	15	104	22
19	South Africa	110	16	15	68	29
21	Ireland	63	22	13	219	13
21	Japan	113	14	13	75	26
23	Austria	28	28	12	96	23
24	India	63	22	11	105	21
25	Philippines	18	37	9	157	18
25	Greece	54	24	9	58	30

Tabulka 1.2: Rozložení okruhů témat 50 nejcitovanějších publikací 4 nejaktivnějších zemí v oboru. Zdroj: (Wagstaff and Culyer, 2012)

		Kanada	Nizozemí	Velká Británie	USA
Zdraví a jeho hodnota	Health and its value	7	5	6	4
Efektivita a rovnost přístupu	Efficiency and equity	2	16	9	3
Deteminanty zdraví a poškozeného zdraví	Determinants of health and ill-health	5	3	4	12
Veřejné zdraví	Public health	2			4
Zdraví a ekonomika	Health and the economy	6	4	2	7
Zdravotní statistiky a ekonometrie	Health statistics and econometrics	2	2	3	7
Poptávka po zdraví a zdravotní péči	Demand for health and health care	4		1	3
Zdravotní pojištění	Medical insurance	2	3	1	4
Nabídka zdravotnických služeb	Supply of health services	2	3	3	1
Lidské zdroje	Human resources	2	1		2
Trhy v rámci zdravotní péče	Markets in health care	2	2	1	1
Ekonomické hodnocení	Economic evaluation	10	10	17	1
Celkem	Total	46	49	47	49
	Normalized Herfindahl index	0.100	0.163	0.185	0.113

které se zaměřují na dílčí řešení ekonomických otázek. Klasifikace témat je popsána autory a dílčí témata jsou rozepsána v příloze článku. Do hodnocení nebyly nijak promítnuty publikace obecného charakteru, jako jsou učebnice a příručky. Evoluce rozložení témat v čase je zajímavým ukazatelem, který zároveň reflektuje potřebu společnosti a její následnou podporu v nalézání efektivních řešení.¹ V poslední době lze sledovat mohutný nástup průniku matematicko-statistických oborů do oblasti, který lze přičítat rozsáhlému rozvoji informačních technologií v oblasti zdravotnictví. Potřeba analyzovat a dále zpracovávat ohromné množství dat, která zdravotnický systém generuje, se tak stala výzvou pro mezioborové technické disciplíny.

1.3 Současná úroveň ekonomické roviny hodnocení poškozeného zdraví v České republice

Navzdory četným zkušenostem a velmi dobré úrovni organizace ochrany obyvatelstva před zdravotními riziky vyplývající ze znečištěného životního prostředí Česká republika podle informací shrnutých v článku (Wagstaff and Culyer, 2012) vykazuje nízkou úroveň aktivity v jakékoliv vymezené tematické oblasti. Ani jednou nebyla v rámci tohoto článku hodnocena, nebo jinak zmíněna Česká republika, stejně jako další noví členové EU. V případě České republiky jde o poměrně překvapivou situaci,

¹Prvním zdrojem publikací byla databáze 33,000 publikací v EconLit s JEL kódem “zdraví”. Google Scholar data k citacím byla sbírána hlavně v červnu 2011 (80%). Seznam 50 nejcitovanějších publikací bylo přiřazeno jedno z 12 výše uvedených témat, případně byly kódovány jako “neoznačené”. Mezi “neoznačenými” byly publikace příliš obecné (např. učebnice a příručky), dále publikace bez ekonomického obsahu a publikace bez zaměření na zdraví i přes JEL kód “zdraví”.

Tabulka 1.3: Rozložení tématických okruhů 50 nejcitovanějších publikací v jednotlivých dekadách. Zdroj: (Wagstaff and Culyer, 2012)

		1970s	1980s	1990s	2000s
Zdraví a jeho hodnota	Health and its value	3	1	4	2
Efektivita a rovnost přístupu	Efficiency and equity	2	2	3	4
Deteminanty zdraví a poškozeného zdraví	Determinants of health and ill-health	2	4	6	9
Veřejné zdraví	Public health	2	5	2	6
Zdraví a ekonomika	Health and the economy	5	4	5	4
Zdravotní statistiky a ekonometrie	Health statistics and econometrics		1	5	9
Poptávka po zdraví a zdravotní péči	Demand for health and health care	3	3	3	1
Zdravotní pojištění	Medical insurance	9	3	4	3
Nabídka zdravotnických služeb	Supply of health services	12	9	3	2
Lidské zdroje	Human resources	6	4	3	3
Trhy v rámci zdravotní péče	Markets in health care		3		
Ekonomické hodnocení	Economic evaluation	1	2	5	3
Celkem	Total	45	41	43	46

protože sama WHO na základě socioekonomických parametrů a indikátorů zdravotního stavu obyvatelstva ji řadí do evropské oblasti A, společně s nejvyspělejšími zeměmi západní a severní Evropy.

Náskok a výhody, které česká odborná, technická i informační infrastruktura především v oblasti ochrany veřejného zdraví nabízí, jsou nevyužité a to navzdory faktu, že současný svět spatřuje v prevenci a v budování její organizační a technické infrastruktury významné řešení problému nárůstu výdajů na zdravotnictví, zejména v sektoru akutní zdravotnické péče.

Konkrétnímu rozbor stavu, ve kterém je Česká republika s řešením této problematiky, se budou podrobněji věnovat následující kapitoly. Jak vyplývá z rešerše témat, tak obor ekonomie zdraví a navazující obor ekonomika zdravotnictví mají tak v tématu modelování následků vlivu životního prostředí na veřejné zdraví pomocí socioekonomických kategorií významné slovo.

2. Současný stav problematiky

Současný stav problematiky ve světě je dán celospolečenskou poptávkou po efektivní alokaci vzácných zdrojů v rámci ochrany životního prostředí a lidského zdraví. Prolínání přírodovědných a společenských prvků v obou výše zmíněných tématech je z metodologického hlediska výzvou pro vědeckou syntézu. Zároveň všeobecně je problematika obou témat v zájmu i širší neodborné veřejnosti a prolíná v sobě hodnoty individuální i celospolečenské. Logická je proto následná diverzifikace témat a jejich zpracování s ohledem na potřeby koncového uživatele. Ekonomické hodnocení v rámci témat souvisejících s ochranou lidského zdraví škodlivým vlivům životního prostředí není v žádném případě snahou o ocenění zdraví, lidského života nebo přírody samotné jako celku. Role ekonomie a ekonomiky je optimalizace alokace omezených zdrojů (finančních, lidských) na ochranu těchto neocenitelných hodnot. Naneštěstí toto základní sdělení okamžitě zaniká, při prvním letmém prostudování základních pojmů, jako je např. často diskutovaná Hodnota statistického života (Value of Statistical Life, VSL). V rámci ekonomických teorií je vztah zdraví a poškozeného životního prostředí obtížně uchopitelný vzhledem k celé řadě neekonomických motivů, které neumožňují efektivně využívat tradiční analytický aparát, a proto jsou vyvíjeny a dlouhodobě studovány postupy nové v rámci oborů Ekonomie zdraví, Ekonomie a ekonomika zdravotnictví nebo Ekonomie životního prostředí. (Health Economics, Healthcare Economics nebo Environmental Economics). Tyto vědní disciplíny vyvíjejí koncové ekonomické moduly interdisciplinárních metodik integrovaného hodnocení zdravotních rizik.

2.1 Interdisciplinární metodologie v oblasti integrovaného hodnocení zdravotních rizik

Prvním krokem, který je nutné učinit při řešení problémů alokace zdrojů na ochranu a péči o zdraví, potažmo životního prostředí, je vytvoření scénářů pro identifikaci, charakterizaci a zhodnocení zdrojů zdravotních rizik a jednoznačné určení souvislostí mezi aktivitou těchto zdrojů a zvýšeným výskytem příslušného zdravotního poškození (tzv. inkrementální riziko zdravotního poškození). Tyto přístupy jsou nedílnou součástí interdisciplinárních metodologií v oblasti integrovaného hodnocení dopadů ekologických zátěží na zdraví a jsou postupně rozvíjeny v rámci celé řady dlouhodobých a vzájemně provázaných mezinárodních projektů EU DG Environment, které tak udávají směr vývoje procesu modelování a hodnocení následků vlivu životního prostředí skrze konsensus na úrovni rozsáhlých mezinárodních

výzkumných týmů. V následující části bude uveden přehled těchto projektů s jejich nejvýznamnějšími výsledky a výstupy.

2.1.1 Metodiky integrovaného hodnocení zdravotních rizik pro rozsáhlejší regiony

Hodnocení ekonomických dopadů znečištěného životního prostředí na lidské zdraví má z mezinárodního pohledu svá specifika a některých ohledech i politicky citlivý podtext např. při sledování přeshraničního ekonomického dopadu znečištěného prostředí, kde původce znečištění je z jiné země než postižený subjekt. Z tohoto důvodu jsou pro potřebu mezinárodního srovnávání metodiky ekonomického hodnocení odlišné. Jsou sledována relativně rozsáhlá území a již v předchozích krocích hodnotícího procesu jsou v rámci odhadů dopadů na zdraví obyvatelstva četné nejistoty, jež jsou v mezinárodním kontextu v rámci předmětu hodnocení irelevantní. Z lokálního hlediska však mohou poskytovat chybný signál dalším možným uživatelům, zejména při prosazování opatření vedoucích k preventivní a dlouhodobé ochraně zdraví. V následující kapitole tak budou představeny významné projekty zabývající se vývojem metodologie a následně metodik pro integrované hodnocení zdravotních rizik v mezinárodním kontextu a obsahující ekonomické hodnocení zdravotních rizik pro účely mezinárodního srovnávání.

ExternE V rámci DG Research programu Joule byl již v roce 1991 financován projekt ExternE ([European Commission, 1998](#)), identifikující a oceňující externí náklady z výroby elektrické energie v rámci Evropy. Východiskem projektu ExternE je předpoklad, že externí náklady znečištěného ovzduší, jsou takové náklady, jež jsou dopadem produkční činnosti subjektu A (energetický průmysl), ale hrazeny jsou subjektem B (občané, stát). Hlavním záměrem projektu bylo vyvinout metodiku založenou na přístupu sledování cesty vlivu polutantu (Impact Pathway Approach) od znečišťovatele k příjemci. Ekonomickou část metodiky lze v principu připodobnit ke sledování nákladů životního cyklu výroby elektrické energie, ale v nadregionálních měřítcích s mezinárodním dopadem. Navazující projekty doposud rozšiřují jednotlivé části metodiky, včetně ekonomického hodnocení. Česká republika byla zapojena pouze do implementační fáze na národní úrovni.

Na základě navržené metodiky byl na IER Universität Stuttgart vyvinut softwarový nástroj EcoSense ([IER Stuttgart, 1996](#)), jenž je zde dále aktualizován a využíván pro potřeby navazujících projektů. Softwarový nástroj EcoSense integruje databáze umožňující sledování ekonomických dopadů znečištěného prostředí na mezinárodní úrovni. Implementace vyvinuté metodiky je prezentována v rámci hlavních partnerských institucí. Výzkumná síť zahrnuje více jak 50 výzkumných týmů z více jak 20 zemí (za Českou republiku byla zjištěna spolupráce přes Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, dále jen COŽPUK).

Z pohledu integrovaného hodnocení zdravotních rizik je zajímavý již ukončený (2011) navazující projekt Health and Environment Integrated Methodology and Tool-box for Scenario Assessment ([HEIMTSA, 2009](#)). Navazuje na Environment and He-

alth Action Plan (EHAP) a rozšiřuje se tak o metody a nástroje hodnocení vlivu na zdraví (HIA) a cost benefit analýzy (CBA) tak, aby bylo možné efektivně a spolehlivě posoudit jednotlivé scénáře celoevropských politik na zdraví obyvatelstva a životní prostředí. Dále projekt rozšířil metodiku o další okruh environmentálně-ekonomických témat v oblastech zemědělství, dopravy, zemědělství, průmyslu a nakládání s odpady.

Ve stejném roce (2011) byl realizovaný projekt Integrated Environmental Health Impact Assessment System ([IEHIAS, 2011](#)), který již představuje ucelený systém včetně databází.

Rozšíření ekonomického hodnocení výše zmiňovaných metodik řešil v letech 2004-2009 projekt New Energy Externalities Development for Sustainability ([NEEDS, 2004](#)) a v letech 2006-2008 projekt Clean Air for Europe Cost Benefit Analysis ([CAFE CBA, 2006](#)). V letech 2007-2011 projekt A New Environmental Accounting Framework UsingExternality Data And Input-Output Tools for Policy Analysis ([EXIOPOL, 2007](#)) představil nový rámec environmentálního účetnictví využívající data o externalitách a nástroje typu "input-output" pro analýzu efektivnosti minulých a současných politických rozhodnutí na úrovni EU. Projekt Cost Assessment for Sustainable Energy Systems ([CASES, 2006](#)) pak detailněji rozvedli externí i vlastní náklady) na různé technologie výroby elektrické energie ve snaze o podchytení celospolečenských nákladů. Pro ekonomické vyjádření poškození zdraví byly využity výstupy z NEEDS a dále dodatečné výpočty s pomocí software EcoSense.

Výše uvedené projekty čerpají pro ekonomické hodnocení zdravotních dopadů vstupy z původních národních statických studií (statických ve smyslu závěrečného finančního vyjádření v době studie). V průběhu národní implementace metodiky ExternE byly jednorázově odhadnuty přímé a nepřímé náklady na jednotlivé zdravotní následky a ztrátu produkce. Pomocí tzv. benefit transferu byla odhadnuta přístupem "ochoty platit" netržní hodnota změny rizika zdravotního poškození ze znečištěného ovzduší a s tím související ztrátou blahobytu. Takto finančně stanovené odhady jsou v rámci výše zmiňovaných úloh integrovaného hodnocení využívány jako vstupní hodnoty pro ocenění ekonomických dopadů zdravotních rizik. Pro časové a prostorové rozlišení hodnoty peněz jsou tyto odhady/vstupní hodnoty dále upravovány pomocí makroekonomických ukazatelů růstu produkce, případně paritou kupní síly nebo aktuálním směnným kurzem. Klíčový ale zůstává fakt, že algoritmus stanovení přímých a nepřímých nákladů už není do tohoto integrovaného hodnocení začleněn a nevystihuje již dynamiku sektoru poskytování zdravotní péče, která v současnosti vykazuje při analytickém sledování ekonomických ukazatelů významnou aktivitu. Do jaké míry je při mezinárodním srovnávání celkové ekonomické hodnocení citlivé na tuto změnu ve vývoji nákladů na zdravotní péči je otázka citlivostní analýzy v rámci celé metodiky ExternE a navazujících projektů. Zodpovězení této otázky je již mimo možnosti této práce.

REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) Příprava nové směrnice EU a s ní související rozsáhlé reformy v oblasti chemické bezpečnosti byla provázena celou škálou socioekonomických hodnocení, jejichž součástí bylo i ekonomické hodnocení dopadů směrnice, jako projektu preventivní

ochrany, na zdraví obyvatelstva. Podrobněji se těmito přípravnými fázemi zabývá ve své práci Čikrt (Čikrt et al., 2005). Nařízení vstoupilo v platnost 1. 6. 2007 a vznikla tak povinnost výrobcům a dovozcům chemických látek o objemu produkce, resp. dovozu větším než je 1tuna ročně a které byly označeny za zdraví škodlivé, povinnost látku registrovat. Součástí samotné registrace konkrétní nebezpečné látky je stanovení socioekonomických dopadů plynoucích z jejího užívání, případně nahrazení. Doporučená metodika takového hodnocení doposud nebyla uspokojivě stanovena. Již stanovení expozičních scénářů pro běžnou populaci je zatíženo celou řadou nejistot a tím pádem i ekonomické hodnocení se stává velmi citlivou složkou celého procesu. V současné době pro nařízení týkající se regulace prokazatelně škodlivých látek (např. ftaláty, viz SEAC 2012) neexistuje konsensus o skutečné možnosti stanovení plošného socioekonomického přínosu ani pro nařízení jako celek. Možnosti stanovit přínos pro konkrétní užití v rámci např. výrobních procesů už jsou daleko lépe kvantifikovatelné, nicméně neustále zatížené velkou dávkou nejistot.

ESPREME Projekt navazující na metodologické závěry vycházející ze série projektů ExternE dále rozvíjí původní metodiku o rizika spojená šířením těžkých kovů v rámci životního prostředí. Doplňuje ekonomický modul o odhady ochoty platit (willingness to pay, WTP) za snížení expozice těžkým kovům a analýzu nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA) snížení výskytu těžkých kovů v Evropě. Jde o dílčí řešení tématu integrovaného hodnocení vypouštění těžkých kovů v rámci Evropy (FP6 EU 2003-7), kde za ČR opět dodávalo potřebné vstupy Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy. Podrobnější informace o níže zmíněných projektech a jejich začlenění do modelů integrovaného hodnocení je prezentováno na stránkách univerzity (viz. IER Stuttgart 2003a).

Model WATSON Systém multimediálního modelování WATSON (integrated Water and Soil environmental fate, exposure and impact assessment model of Noxious substances) je vyvíjen k hodnocení dynamiky škodlivin v životním prostředí včetně hodnocení jejich vlivu a konečného monetárního hodnocení dopadů působení. Vychází z ExternE metodologie a původně šlo pouze o rozšíření EcoSense modelu. WATSON pokrývá působení škodlivin skrze vodu a půdu a to skrze požití potravin a pitné vody v prostorově rozlišených celoevropských podmínkách. Podrobnější informace jsou na stránce univerzity (viz IER Stuttgart 2003b).

MethodEx Projekt rozvíjí metody a práci s daty týkající se odhadu externalit spojených se zdravím a životním prostředím: harmonizuje a sdílí výstupů z již existujících studií (mimo studie týkající se dopravy a energie). CAFE CBA (Clean Air for Europe Cost benefit Analysis) Projekt sleduje v širším kontextu generování nákladů ze znečištěného ovzduší a to z pohledu prevalenčního. Jedná se o další navazující projekt vycházející z metodiky ExternE a využívající pro ekonomické hodnocení zdravotních následků oceňovací modul vycházející z národních implementací.

Série studií navazujících na výstupy nástrojů vyvinutých na základě původní ExternE metodiky obsahuje základní ekonomické ocenění zdravotních poškození.

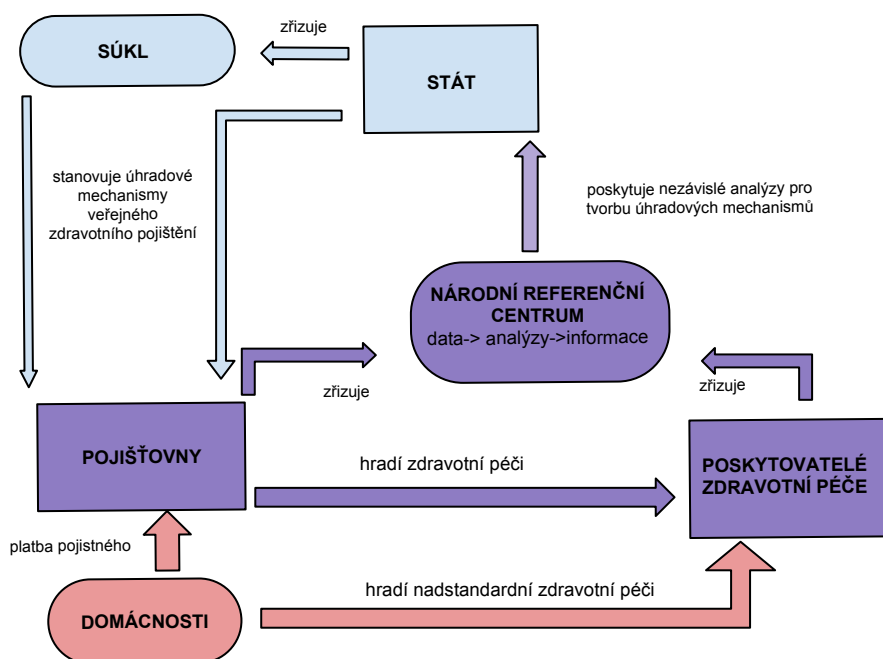
Ekonomický modul pro vyjádření externích nákladů pomocí nástroje EcoSenseWeb V1.3 obsahuje pouze původní odhady vyjádřené v eurech v cenách roku 2000, tudíž neumožňuje sledovat ani základní dynamiku ekonomiky a už vůbec ne dynamiku ekonomiky péče o zdraví. Hodnoty v ekonomickém modulu jsou statické a mohou být upraveny indexem nárůstu cen v rámci sektoru zdravotnictví nebo alespoň o změny celkové cenové hladiny na úroveň hodnoceného roku harmonizovaným indexem spotřebitelských cen (OECD: Harmonized Indices of Consumer Prices, HICP) a následně převedeny pomocí tržního směnného kurzu na korunu českou (OECD: Market Exchange Rates). Pro potřebu přeshraničního hodnocení odhady stále splňují svůj účel, nejistoty narůstají pouze v případě výrazných a nerovnoměrných nárůstu cen uvnitř sektoru zdravotnictví nebo v rámci léčby konkrétních zdravotních poškození.

2.1.2 Metodiky integrovaného hodnocení rizik v rámci České republiky

Česká republika má v rámci výše zmíněných projektů ze série ExternE kontaktní instituci v Centru pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy (COŽP UK) Role českého týmu v národní implementaci bylo nastavení základních ekonomických mezinárodně srovnatelných vstupů. Ze závěrečné zprávy souvisejícího projektu v ČR (Ščasný et al., 2005) je patrný velmi pečlivý přístup k posuzované problematice v poměrně náročných podmínkách neustále se měnících principů generování nákladů ve zdravotnictví. Odborný tým k tématu ekonomického hodnocení zdravotních dopadů přistupuje ryze technicky a pouze z pohledu tohoto projektu. Na dalším rozvoji problematiky ekonomického hodnocení zdravotních rizik se v omezeném rozsahu podílejí pouze vybraní členové týmu. Jedná s především o další implementaci přístupů ochoty platit a ochoty přijmout kompenzaci (willingness to pay/willingness to accept, WTP/WTa) za změnu rizika zdravotního poškození.

Systematické řešení lokálních specifíků je tak částečně pokryto pracemi výše uvedeného Centra pro otázky životního prostředí při UK v Praze, a to z pohledu teorie ekonomie životního prostředí a aplikace neoklasických metod ekonomického hodnocení. Nicméně z pohledu praktické ekonomiky zdravotních systémů je pro potřebu managementu zdravotního sektoru prakticky využíváno empirických dat a jejich analýz v rámci Národního referenčního centra. Právě analýza těchto dat je prvním a základním krokem pro stanovení přímých nákladů spojených s určitou diagnózou a sledování trendů nemocnosti v souvislosti s trendy nákladovosti jejich léčby je základní a kvalitní reference pro hodnocení efektivnosti preventivních opatření, zejména pokud jde o krátkodobé a střednědobé projekty péče o zdraví obyvatelstva. Zde je minimální vliv dalších nejistot spojených s ekonomickým a technologickým vývojem a dále s rozložením vlivu na ekonomické aspekty systému zdravotnictví mezi jeho klíčovými aktéry, tak je schematicky znázorněno na obr. 2.1 pro příklad přímých nákladů.

Schematické a určitě ne zcela vyčerpávající podchycení významných vazeb mezi aktéry, kteří mají klíčový vliv na základní strukturu přímých nákladů na konkrétní



Obrázek 2.1: Schematické podchycení významných vazeb mezi aktéry, kteří mají klíčový vliv na základní strukturu přímých nákladů na konkrétní zdravotní následek v rámci českého zdravotního systému

zdravotní následek v rámci českého zdravotního systému je znázorněno na schématu na obr. 2.1.

V případě ČR se vymezení vazeb mezi jednotlivými aktéry systému zdravotní péče v rámci teoretických modelů Ekonomie zdraví liší od praktické organizační struktury systému financování zdravotní péče. Ekonomické aspekty a způsob financování zdravotní péče souvisejí s provozováním zdravotního systému jako celku a jsou samostatným tématem, které již přesahuje rámec této práce. Nicméně je nutné zmínit, že vytváří výchozí (a velmi dynamické) podmínky pro modelování následku vlivu životního prostředí na zdraví v ekonomické rovině hodnocení.

2.2 Ekonomická rovina integrovaného hodnocení zdravotních rizik

Výstupem nástrojů sestavených na základě metodologických doporučení a metodik popsanych v předchozí části 2.1 jsou data o rozložení zdravotních následků/dopadů vyjádřených v mírách jako je např. přírůstek nově vzniklých zdravotních poškození v závislosti na změně koncentrace škodlivin v životním prostředí na populaci v prostoru a čase. Tato data je potřeba dále zpracovat pomocí ekonomických metod, které se liší z hlediska jednotlivých aktérů (ve smyslu koncových plátců) v rámci systému zdravotní péče. Za tímto účelem jsou sestavovány ekonomické moduly integrovaného hodnocení rizik. Tyto moduly mají zajištěné vstupy jednak z informačních zdrojů zdravotnických systémů a dále ze studií souvisejících s nákladovou efektiv-

ností léčebných postupů (Zdroje dat pro tyto moduly budou popsány v kapitole 4). Cílem modulů je tedy poskytnout metodické postupy a metody pro sestavení odhadů ekonomického zatížení způsobené znečištěným životním prostředím.

Ekonomické moduly je možné konstruovat jednak z pohledu společnosti jako celku, což je důležité pro tvůrce zdravotních politik přesahujících regionální význam. Dále pak z pohledu jednotlivých aktérů konkrétních zdravotních systémů. Vybrané přístupy a metody budou popsány v následujících částech.

2.2.1 Sledování ekonomické efektivity ochrany a péče o zdraví obyvatelstva

Pro potřeby mezinárodního srovnávání jsou v současné době používány tři analytické přístupy, které názorně představují hlavní pojetí teoretických konceptů v interdisciplinární praxi ekonomického hodnocení systémů ochrany a péče o zdraví obyvatelstva. (Drummond, 2005). Čistý přístup ekonomie blahobytu porovnává celkovou finančně vyjádřenou ochotu platit celé zainteresované populace za snížení rizika s hodnotou programů, které toto riziko eliminují. Rozhodnutí na základě možného nedocení rizika kvůli nedostatečným informacím tak zodpovídající autority přenáší na společnost jako celek. Prakticky je uplatňováno tam, kde současná úroveň vědeckého poznání neposkytuje relevantní poradní zázemí a občané mají plnou kontrolu nad financováním zdravotní péče pro relevantní zdravotní následky.

Druhý přístup zohledňuje ve své analýze reálně dostupné, většinou veřejné, prostředky a zdroje na případné řešení vzniklých zdravotních následků. Hodnotu preventivního programu pak porovnává s hypoteticky vzniklými vícenáklady veřejného zdravotnictví, v případě že riziko zdravotního poškození nebude odstraněno. Zároveň je preferováno hodnocení účinnosti programu přes změnu úrovně zdraví pomocí metrik zdraví a ne přes ochotu platit (WTP), protože ta neodráží reálnou schopnost platit. Vybrané aspekty hodnocených ztrát tak jsou vnímány jako nevhodné až zavádějící pro vyjádření ve finančních jednotkách.

Třetí analytický přístup sleduje širší kontext celospolečenské perspektivy a opět potlačuje váhu ochoty platit, čímž zohledňuje fakt, že rozhodování této hypotetické hodnotě je výrazně ovlivněno výší příjmů jedince a podílem veřejných plateb za zdravotní péči. Doporučuje vyčíslení nákladů v širším kontextu ocenění široké škály následků a takto je přehledně prezentovat klíčovým aktérům péče o zdraví. Jde o přístup, který je podmíněn širším odborným zázemím, které již dlouhodobě systematicky sleduje různé typy nákladů souvisejících s poškozením zdraví. V hodnocení efektivnosti programů souvisejících s ochranou veřejného zdraví lze následně odvodit rozdílné přístupy odvislé od způsobů praktické interpretace teoretických východisek a postupů ekonomie blahobytu.

2.2.2 Přístupy pro sledování ekonomické efektivity léčby ve zdravotnictví

Do oblasti medicíny vstoupilo sledování ekonomické efektivity jako reakce na neustále se zvyšující ekonomickou náročnost nových medicínských technologií a postupů a zároveň neustálý tlak obyvatelstva mít možnost tyto inovace využívat ideálně v rámci veřejného zdravotnictví. Tématika omezených zdrojů je v medicíně všeobecně velmi citlivá a metodiky pro ekonomické hodnocení efektivity ve zdravotnictví tento fakt respektují. Jakékoliv předsudky ze strany obyvatel i lékařů jsou předmětem interpretace výsledků a otázkou komunikace mezi lékaři a analytiky.

Sledování ekonomických dopadů souvisejících s transferem nových poznatků v medicíně do klinické praxe na jednotlivé aktéry systému zdravotní péče se stalo neodmyslitelnou součástí zdravotnické praxe po celém světě. Systematické řešení ekonomických aspektů managementu zdravotní péče v zahraničí tak vytváří z důvodů rozpočtových omezení na zdravotní péči bariéru proti tlaku nabídky na trhu s novými zdravotnickými technologiemi a léčivy na jedné straně a požadavky na kvalitu a rovného přístupu ke zdravotní péči na straně druhé. Vážení dodatečného medicínského přínosu oproti nákladům na zavedení nových medicínských postupů je součástí běžného managementu u všech zainteresovaných subjektů v rámci péče o zdraví.

The Cochrane Collaboration, Campbell and Cochrane Economics Methods Group (celosvětově) je nezávislá organizace napojená na WHO, která systematicky a relativně pružně reaguje na současné potřeby sledování efektivnosti v nových medicínských postupech. Systematicky reviduje ekonomické metody a jejich aplikaci na nejnovější terapeutické postupy. Jistým způsobem tak standardizuje vykazování ekonomické náročnosti léčby a systematicky si vytváří databázi referenčních ekonomických údajů pro sledování trendů nákladovosti léčby konkrétního zdravotního poškození. Cochrane Collaboration vytváří tzv. Cochrane Library a ta je zdrojem systematických přehledů všech studií k danému medicínskému oboru. Celá organizace sdružuje více jak 33.000 dobrovolníků z více jak 120 zemí, kteří systematicky revidují a klasifikují publikace vztahující se ke všem oblastem medicíny. Ekonomická sekce přibyla teprve v nedávné době. Systematický a standardizovaný přístup této organizace nejen ke klinickému ale i k ekonomickému hodnocení léčebných postupů představuje pro metodologii integrovaného hodnocení výrazné odlehčení při hodnocení kvality vstupních dat a stanovování referenčních hodnot léčby určitého zdravotního poškození.

Obdobou Cochrane databází jsou další národní systémy, zejména v anglosaských zemích, které v posledních letech rozšiřují své národní databáze klinických doporučených postupů o ekonomické moduly. Více k tématu standardizace zdravotní péče v českém jazyce uvádí ve své publikaci (Líčeník, 2009).

2.2.3 Ekonomická rovina hodnocení zdravotních následků v České republice

Aktuální stav odborného řešení problematiky v České republice je neuspokojivý a jen v omezené míře navazuje na celosvětový trend. Z historického hlediska financování zdravotnictví v ČR nemá pro ekonomický aspekt řízení zdravotní péče silné odborné zázemí, resp. zcela chybí jakákoliv odborná infrastruktura pro naplnění medicínských cílů za podmínek omezeného rozpočtu. To vede k řadě rigidit systému a následným druhotným neefektivitám v alokaci finančních i lidských zdrojů. Svou roli hraje i vnitřní kultura medicínských oborů a věková struktura lidských zdrojů v organizacích hlavních aktérů.

Kvůli nevyváženému rozvoji souvisejících a navazujících disciplín je obtížné zvolit za současných podmínek vhodný přístup k ekonomickému hodnocení. Na jedné straně má Česká republika výhodu díky vysoké úrovni přírodovědných oborů a historicky silné roli státu v organizaci ochrany veřejného zdraví. Oproti tomu stojí současný trend postupného tříštění této zavedené a stále fungující organizace ochrany a péče o veřejného zdraví do několika resortů. To způsobuje snižováním původního náskoku a rychlejší tempo prosakování nežádoucích tržních principů (market failure) do zdravotnictví oproti pomalejšímu tempu zavádění efektivních principů a regulujících mechanismů zkoumaných v rámci Ekonomie zdraví (přesněji Health Economics) .

Sledování celkových nákladů na léčbu zdravotních poškození je velmi náročná disciplína. Již sledování přímých nákladů na konkrétní diagnózu patří k náročným úkolům a překvapivě v rámci České republiky tato na první pohled základní ekonomická analýza je plošně systematicky řešena až v posledních 5ti letech skrze aktivity Národního referenčního centra, ale pouze pro případ akutní lůžkové péče.

Pro každou oblast zdravotní péče jsou v současnosti v ČR vytvářena doporučení a standardy, které sledují celosvětový trend v řízení medicínských znalostí formou klasifikace vědeckých důkazů každou konkrétní diagnózu a to včetně nákladů spojených s následnou léčbou.

Ojedinelým projektem v rámci ČR byla i tvorba modelu Ekonomika zdravotní onkologické péče, které byla řešena v Masarykově onkologickém ústavu v Brně (?). Specifika onkologické péče, vysoká incidence onkologických onemocnění a geometrický růst cen léčebných preparátů vyústil v tvorbu modelu pro vyhodnocování léčebné a nákladové efektivity. Model byl zapracován do software a propojen s dalšími informačními systémy ve zdravotnictví. Podobné projekty integrace ekonomických a klinických dat ve zdravotnictví reflektují masivní nástup informačních technologií do oblasti zdravotnictví a potřebu je dále analyzovat a hlavně interpretovat.

Potřeba věcných analýz nákladů na řešení poškozeného zdraví vyvstává i na trhu se zdravotní péčí, kdy na jedné straně je neomezená poptávka po efektivnějších léčebných postupech i za cenu vyššího rizika neúspěchu a na straně druhé nutnost regulovat nabídku farmaceutického a zdravotně-technického (Health technology) průmyslu. Požadavek na hodnocení nákladové efektivity se v české legislativě poprvé objevil v roce 2008 ve vyhlášce číslo 92/2008 Sb., o stanovení seznamu

zemí referenčního koše, způsobu hodnocení výše, podmínek a formy úhrady léčivých přípravků a potravin pro zvláštní lékařské účely a náležitostech žádosti o stanovení výše úhrady, ve znění pozdějších předpisů, což je prováděcí předpis zákona číslo 48/1997 Sb. Podle těchto předpisů mohou žadatelé o úhradu (obvykle držitelé rozhodnutí o registraci) předložit Státnímu ústavu pro kontrolu léčiv (SÚKL) hodnocení nákladové efektivity, ale má-li být nový lék hrazen z veřejného zdravotního pojištění nesmí být dražší než současná nejlevnější alternativa (přestože jeho terapeutický účinek bude vyšší). Takto nastavená legislativa jen velmi omezeně reaguje na základní nárůst celkové cenové hladiny a daleko obtížněji na technologický pokrok. Touto problematikou se zabývá farmakoekonomie.

Farmakoekonomický pohled na situaci v České republice dokumentuje ve své práci Minarčíková (Minarčíková, 2009) a pro vybraná léčiva ve své práci provedla ekonomickou analýzu nákladů na medikaci spojenou s konkrétní diagnózou z pohledu jednotlivých aktérů systému zdravotní péče- (pacient, pojišťovna, ekonom zdravotní péče). Tato práce představuje farmakoekonomické analýzy jako ve světě běžnou součást managementu zdravotnictví, nicméně v prostředí veřejného zdravotnictví ČR se teprve v nedávné době začaly prakticky vyžadovat a to s minimálními zkušenostmi a z toho vyplývajících četnými metodickými nepřesnostmi (zastaralé metody, nesprávné užití nových přístupů).

V rámci SÚKL jsou také nově prosazovány expertní systémy a podpůrné hodnotící softwarové aplikace, které již standardně obsahují i modul pro ekonomické hodnocení nového léčiva na základě výsledků klinických studií pro potřeby zdravotní péče. Natavení těchto systémů je ovšem už předmětem vyžadující vhléd do oblasti ekonomie zdraví a jejich metod stanovování vstupních parametrů těchto systémů. Zde opět vstupuje do diskuze ekonomie zdraví a její nedostatečný vliv na rozhodnutí klíčových aktérů. Jako příklad může posloužit nedávná debata nad SÚKLelem přijatou pevnou hranicí ochoty platit a následné protesty týkající se použití tohoto kritéria jako omezení pro zavedení nových léčiv na trh (Hájek, 2012).

Česká farmako-ekonomická společnost byla založena teprve v roce 2005 a jde o dobrovolné nezávislé sdružení fyzických osob (hlavně lékařů a dalších pracovníků v oblasti zdravotnictví), které si klade za cíl kultivovat obor ekonomiky zdraví zevnitř systému. Česká farmakoekonomická společnost je členem ISPOR (International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research) a udržuje pravidelnou spolupráci s obdobně zaměřenými organizacemi zejména sousedních zemí. V roce 2013 však sdružení nevyvíjelo žádnou aktivitu.

Principy hodnocení zdravotnických technologií se v nedávné době začaly řešit v rámci uskupení Health Technology Assessment (CzechHTA) a zázemí při ČVÚT. Skupina je provázána s oborem Systémová integrace procesů ve zdravotnictví na Fakultě biomedicínského inženýrství Českého vysokého učení technického v Praze. Soustřeďuje se zejména na HTA aplikované na zdravotnické prostředky v podmínkách České republiky. Skupina uvádí jako svůj hlavní záběr hodnocení zdravotnických technologií (HTA), hodnocení systému poskytování a financování zdravotní péče a ekonomikou a managementem zdravotnictví. Navazuje tak na aktivity dalších oborů fakulty, orientující se především na technická řešení v oblasti zdravotnictví.

V současnosti je v rámci ČR nejaktivnější teprve v roce 2013 ustanovený Institut pro zdravotní ekonomiku a technology assessment o.p.s. (Institut for Health Economics and Technology Assessment, IHETA). Jde o veřejně prospěšnou organizaci zabývající se podporou výzkumu, vzdělávání a všeobecné osvěty v oblastech ekonomiky a zdravotnictví, farmakoekonomiky a sledování výsledků zdravotní péče (outcomes research) a systematické hodnocení zdravotnických technologií (health technology assessment). Organizace vznikla v reakci na současnou zvýšenou potřebu aplikace principů zdravotní ekonomiky/farmakoekonomiky/HTA do rozhodovacích procesů v ČR. Další důvody vzniku tohoto uskupení je identifikace zásadní překážky pro využití standardní mezinárodní metodologie: nedostatek kvalifikovaných osob a neexistence studijních programů v dané oblasti. Rovněž je velmi limitováno zapojení České republiky do mezinárodní spolupráce, která v je v rámci Evropy velmi intenzivní. Na základě této situace je tento Institut jako nevládní, nezisková organizace zaměřená na výzkum/vzdělávání/osvětu ve výše uvedených oblastech.

Celkové hodnocení stavu problematiky v ČR lze hodnotit jako natolik kritické, že i přes překvapivě nízkou podporu ze strany státu vzniká celá řada nezávislých organizací a uskupení v rámci samotného zdravotnického sektoru, které mají potřebu téma ekonomické efektivity v oblasti zdraví systematicky analyzovat a specifické principy ekonomie zdraví implementovat a diskutovat na těch nejvyšších úrovních. Neefektivita systému veřejného zdravotnictví v kombinaci s jeho strategickou pozicí z pohledu společnosti je citlivým tématem pro politiku a tím i obtížným prostředím pro velké reformy. Jak trend naznačuje, tak rozvoj tématu musí být iniciován a udržován zevnitř systému, případně z vnějšího prostředí za podpory nadnárodních uskupení sledující dlouhodobé společensky strategické zájmy v oblasti zdraví.

2.3 Shrnutí současného stavu problematiky a další možnosti jejího rozvíjení v ČR

Na základě předchozího zhodnocení stavu problematiky lze poukázat na dílčí témata, která jsou v ČR pomocí mezinárodně uplatňovaných metod z oblasti ekonomického hodnocení zdravotních poškození řešena. Jedná se především o implementaci metodiky ExternE a navazujících projektů pro potřebu mezinárodní srovnatelnosti údajů za Českou republiku. Tímto jsou míněny mezinárodně uplatňované metody ekonomického hodnocení zdravotních rizik a první uplatnění přístupu ochoty platit na území ČR. Dále jde o projekty a analýzy Národního referenčního centra, které se orientují na tvorbu nástrojů a definování postupů pro management zdravotnictví a celkové systematické řízení efektivností zdravotní péče. Je potřeba zmínit i farmakoekonomické a HTA iniciativy uplatňující metody oceňování efektivnosti terapeutických postupů a metod léčby.

3. Předmět a cíle disertační práce

Námět na disertační práci byl původně úzce propojen s výzkumnou činností centra Pokročilé sanační technologie a procesy (ARTEC), kde byla v rámci ekonomického oddělení řešena témata související s ekonomickou, technologickou a environmentální efektivitou sanačního postupu. Ve striktně ekonomickém obecném optimalizačním procesu tak hovoříme o tzv. marginální analýze.¹ Současné přístupy na úrovni integrovaného hodnocení zdravotních rizik neakceptují při kvantifikaci následků ryze nákladový přístup ale hovoří o užitcích. S přihlédnutím k analýze rizika je ale např. existence záchranných služeb v současné společnosti důkazem, že je společensky neakceptovatelné, aby při jakékoliv vyšší pravděpodobnosti zdravotního poškození (od 10-1) nebo při obtížné kontrolovatelnosti rizika, nebyly vynaloženy i řádově několikanásobně vyšší částky, než jsou případné odvrácené náklady na řešení zdravotních následků. Tento fakt je nutné zohledňovat především při interpretaci ekonomických aspektů v souvislosti s charakterem rizika. Detailní rozbor a klasifikaci rizik z pohledu společnosti rozbírá ve své práci (Slovic et al., 1985).

Taková aplikace je pouze jednou z ukázek současného trendu v hledání ekonomicky efektivních řešení veškerých témat souvisejících s ochranou zdraví obyvatelstva, s efektivitou veřejného systému zdravotní péče, ale i s efektivitou dílčích postupů snižování nemocnosti a kontroly zdravotních rizik. Dimenze ekonomické efektivity není v těchto rozhodovacích úlohách jediná, ale ekonomické zdroje jsou vždy omezené a neustálé hledání konsensu o způsob jejich využití je jednotlivými aktéry kvůli chybějícím základním informacím o efektivitě jejich aktivit často přeneseno do stadia zcela nekonstruktivních debat s emotivním kontextem. Tato práce tak reaguje na potřebu systematicky zanalyzovat současné postupy a metody pro poskytnutí těchto chybějících základních informací. Jedná se o informace z dat, která jsou v současné době v rozsáhlé míře generována a mezi jednotlivými aktéry dále integrována díky zavádění moderních informačních technologií do systému zdravotní péče.

Rozpracování tématu do rozsahu disertační práce bylo dále motivováno spoluprací s prof. Pavlem Danihelkou, prof. MUDr. Vladislavem Kleněrem a dalšími, při řešení úlohy stanovení statistické hodnoty života na základě objektivního rizika předčasného úmrtí vlivem expozice ionizujícím záření pro potřebu aktualizace

¹ Striktně z ekonomického pohledu je snaha nalézt takovou úroveň (sanačního) zásahu, kde náklady na dodatečnou jednotku snížení koncentrace škodliviny (vyčistění) se rovnají dodatečné jednotce odvrácených nákladů na řešení zdravotních poškození. Tedy stanovit takový (sanační) zásah, který je nezbytný pro zajištění minimálních zdravotních následků obyvatelstva žijícího v definované oblasti.

vyhlášky SÚJB související s radiační ochranou. Dále byla motivace spoluprací s Ing. Janou Kučerovou, PhD. z Krajské hygienické stanice v Liberci při hledání vhodné formy spolupráce s aktéry zdravotní politiky Libereckého kraje.

Hlavním cílem práce je vypracovat metodiku pro určení následků vlivu poškozeného životního prostředí na populaci ČR a tím i zvýšené nároky na efektivní alokaci vzácných zdrojů pro zajištění zdravotní péče obyvatelstva. A to jak z pohledu zdravotních pojišťoven, státu, tak i obyvatelstva. Úkolem disertace je stanovit metodické postupy práce s daty z dostupných databází pro stanovení základních socioekonomických kategorií vyplývající ze zhoršeného zdravotního stavu postiženého obyvatelstva, resp. stanovit socioekonomickou hodnotu odvrácených následků na zdravotní poškození pro případ zlepšení stavu konkrétního faktoru životního prostředí.

V rámci disertační práce je představena analýza dosavadních přístupů a postupů pro kvantifikaci a peněžní vyjádření následků vlivu poškozeného životního prostředí na zdraví populace v rámci specifických podmínek ČR a v zahraničí. Následně jsou identifikovány a zhodnoceny využitelné zdroje vstupních dat pro sestavení matematicko-statistického modelu (modelů). Podrobně jsou diskutovány metodologické otázky týkající se současných přístupů a metod řešení úlohy ve světě. Metodika je ověřena na vybraných příčinách zdravotních poškození pro odlišné aktéry.

Povaha problému představuje propojení témat z toxikologie, epidemiologie, medicíny a rizikového managementu s postupy a metodami matematické statistiky, ekonomického modelování a informatiky.

Hlavním přínosem práce je zpracování podkladů pro socioekonomické modelování následků zdravotního postižení obyvatel v důsledku působení vybraných faktorů životního prostředí, vypracování modelu procesu tohoto hodnocení a následně tím u vybraných kategorií následků umožnit peněžní vyjádření přínosů regulačních opatření vedoucí ke změně expozice těmito faktory.

Téma zpracovává stranu přínosu (benefitu) pro globální Cost-benefit analýzu (dále jen CBA) projektů a programů souvisejících s ochranou a péčí o zdraví obyvatelstva.

Předmětem výzkumu a cílem disertační práce je stanovení algoritmu obecného rázu použitelného pro další matematicko-statistické modelování vývoje ekonomických následků zdravotního poškození způsobeného environmentální zátěží.

Na základě metodiky lze zvolit vhodný přístup k vyjádření následků v socioekonomických kategoriích podle sféry zájmu zadavatele. Hodnotící proces je následně poskládán z jednotlivých modulů, dle požadované šíře analytického záběru a dle dostupnosti vstupních údajů.

Na dvou případových studiích budou představeny dva odlišné způsoby modelování následků vlivu životního prostředí na zdraví populace.

V rámci první studie je modelována expozice ionizujícím záření na hypotetické populaci a s využitím napojení na dostupné statistické databáze je dále modelován následek snížené produkce celé populace. Sledování dalších následků je na základě

tohoto přístupu možné i v dlouhém období, protože jsou do modelu zahrnuty i základní růstové i diskontní ekonomické nástroje.

Druhá studie vychází z vlivu znečištěného ovzduší na zdraví populace a sleduje na příkladu okresu Liberec celou škálu socioekonomických kategorií následků a modeluje ekonomickou zátěž vybraných respiračních onemocnění na jednotlivých skupinách populace pro veřejný zdravotní systém na základě unikátních možností systému DRG. Výstupy takto namodelovaných následků tak lze využít pro stanovení minimální hodnoty strany benefitů pro CBA při řešení optimalizace projektů a programů souvisejících s ochranou a péčí o zdraví obyvatelstva.

Doposud byly benefity stanovovány na základě ad hoc studií, ale ty většinou měly časově omezenou platnost a byly velmi pracné. Vzhledem k vzrůstajícím nárokům na optimalizaci alokace ekonomických zdrojů, a to jak ve veřejném tak v soukromém sektoru, je nezbytné sestavit takovou metodiku, která respektuje současné trendy v managementu zdravotních rizik a v navazujících oborech, které souvisí se zdravím obyvatelstva. Takový metodický postup lze sestavit jen na základě integrujícího přístupu mezioborových disciplín a přímou spoluprací s jednotlivými odborníky, aby bylo možné korektně propojovat a interpretovat epidemiologická, zdravotnická a ekonomická data, která jsou všeobecně vnímána jako citlivá.

Konečným příjemcem ekologických rizik je pro předmět této práce člověk. Proto na konci řetězce úlohy kvantifikace ekologických rizik stojí vyjádření následků formou socioekonomických kategorií. Do těchto kategorií řadíme nejen přímé náklady související s léčbou, čerpáním sociálních dávek nebo prevencí, ale i ztrátu možností plnit další společenské funkce. Tato kategorie je v ekonomii pojmenována jako Mezi zainteresovanými subjekty v rozhodovacím procesu, tzv. klíčovými aktéry je v současnosti pro komunikaci účinků působení škodlivin preferováno zejména vyjádření v peněžních jednotkách.

Ať už se jedná o problematiku bezpečnosti práce (hledání odpovědi na otázku, zda podnikatelský subjekt má financovat bezpečnost práce svých zaměstnanců nebo náhrady pracovních úrazů), zdravotnictví (porovnání efektu vynakládání financí na prevenci proti nákladům léčení), formulaci požadavků na stav životního prostředí (náklady odstraňování škod na životním prostředí proti nákladům na jejich zamezení) a další, vždy proti sobě stojí dvě základní ekonomické kategorie: náklady a užitek, který vynaložení těchto nákladů přináší.

3.1 Přístup k řešení

V kapitole 1 byl prezentován úvod do problematiky disertační práce. V kapitole 2 byl stručně prezentován state-of-the-art v oboru integrovaného hodnocení zdravotních rizik a modelování následků až do ekonomické roviny hodnocení poškozeného zdraví ve světě a v České republice.

Na základě zhodnocení stavu problematiky v rámci prvních dvou kapitol je blíže vymezen předmět disertační práce.

V následující kapitole 4 bude prezentován současný stav problematiky z pohledu metodologie formou analýzy současných metod a přístupů ve světě a formou metodologických poznámek vztahených k prostředí České republiky.

V kapitole 5 jsou prezentovány původní výsledky disertační práce. Je zde představena metodický diagram modelování následků vlivu životního prostředí na zdraví populace v podmínkách České republiky a vše je propojeno s metodologickými závěry vyplývajících z kapitoly 4.

V kapitole 6 jsou prezentovány vybrané matematicko-statistické nástroje, jež představují vhodné pomocné prostředky k realizaci úlohy modelování následků pomocí navrhované metodiky. Při výběru představovaných nástrojů byla zohledněna jejich přímá souvislost nebo následná vhodná aplikace v případových studiích.

V kapitolách 7 a 8 je prezentováno použití představené metodiky na 2 případových studiích.

V kapitole 7 se jedná o hodnocení vlivu ionizujícího záření a jeho dopady na populaci jako celek. Modelované následky byly ztracené statistické roky života vlivem propuknutí onkologického onemocnění a s nimi spojená ztracená produkce zohledňující i tzv. podíl nepodchycené produkce v současných běžných statistikách. Tato studie je součástí práce, která byla tvořena ve spolupráci s řešitelským týmem projektu “Analýza ekonomických a sociálních aspektů významných v řízení ochrany před zářením” (Danihelka et al., 2007) V kapitole 8 je prezentována případová studie ekonomického dopadu vlivu polévatého prachu PM_{10} v Liberci se zaměřením na širší pojetí následků v rámci obecných ekonomických kategorií, tak jak jsou definovány metodikami WHO. Studie je členěna na epidemiologickou a ekonomickou část modelování a hlavní důraz je věnován rozboru oceňovaných následků v mezinárodním kontextu a v kontextu ČR.

V kapitole 9 budou diskutovány zejména původní výsledky a přínosy disertační práce společně s výsledky případových studií v souvislosti s navrhovanou metodikou, a budou definovány doporučení pro další výzkum jak z pohledu samotných metodologických postupů tvorby navrhované metodiky, tak z pohledu praktických potřeb koncových uživatelů.

3.2 Vymezení pojmů užívaných v rámci řešení

V rámci této práce je využíváno pojmosloví, které vychází ze základních definic vstupujících disciplín. Důraz je přitom kladen na ekonomické kategorie, protože modelování následků je v současnosti vedeno až do ekonomické roviny a to nejčastěji v peněžních jednotkách.

Pojmy z oblasti hodnocení zdravotních rizik vychází z epidemiologických a biostatistických definic. V případových studiích je ponecháno pojmosloví vycházející z pojmových zvyklostí z oblasti bezpečnostního inženýrství, resp. ochrany před ionizujícím zářením a dále pak z metodiky “Hodnocení vlivu na zdraví” (Health Impact Assessment, HIA).

Konkrétní přesné vymezení definic následků tak je vzhledem k cíli práce - sestavení obecné metodiky - kontraproduktivní. Pouze je nutné upozornit, že jsou zahrnuty následky v nejširším možném pojetí a to jak z kategorií deterministických, tak stochastických. Od tohoto faktu se dále odvíjí i spolehlivost následných odhadů převedených na peněžní jednotky. Tomuto tématu je věnován prostor v metodologické části práce v kapitole 4. V rámci procesu modelování jsou postupně sledovány kategorie následků od epidemiologických, přes medicínské až po socioekonomické, přičemž poslední kategorie v sobě má nejrozvinutější metodologii pro peněžní vyjádření. Socioekonomické kategorie následků jsou na základě příslušných vědeckých disciplín pro každou zainteresovanou stranu sledovány v odlišných ukazatelích. Kategorie přímých nákladů spojených s poškozením zdraví tak představuje tradičně významný druh následku, nicméně tvoří pouze jednu z mnoha ekonomických kategorií. Bližší kategorizace takto stanovených následků a jejich peněžních ekvivalentů je již nad rámec této práce i nad rámec potřeb koncových uživatelů navrhované metodiky.

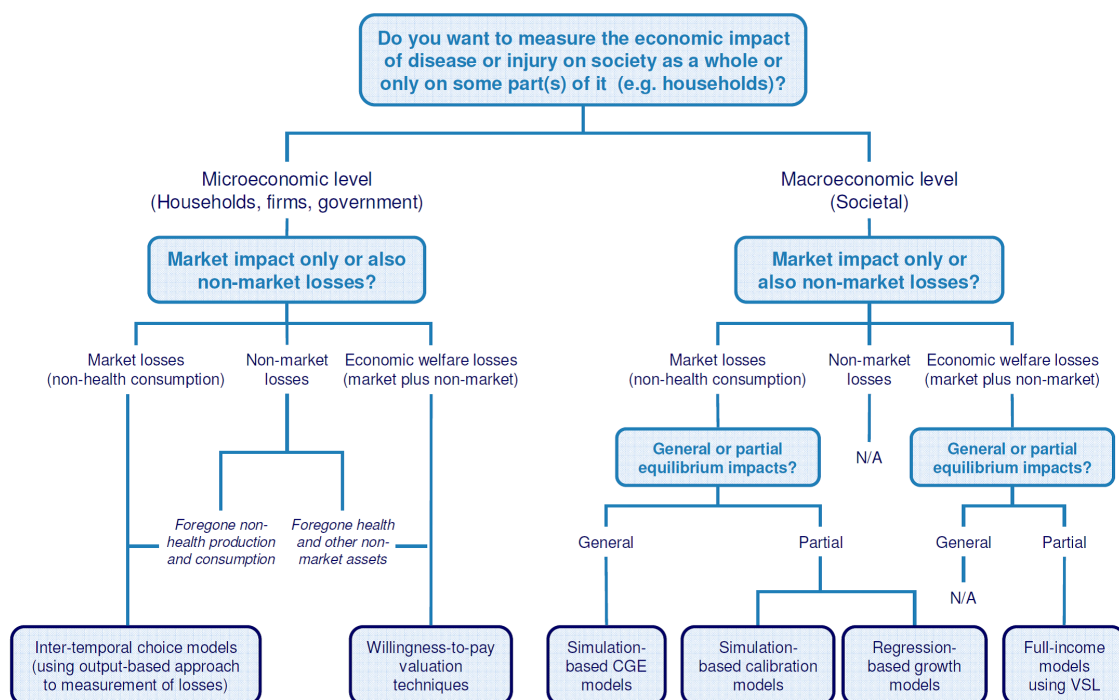
Pojem modelování a model je opět v této práci používán v kontextu souvisejících vědeckých disciplín. Konkrétní význam pojmu je posunut i v souvislosti s překlady z anglického jazyka, protože jak vyplývá z rešerše v předchozích kapitolách předmět této práce nebyl v českém jazyce doposud uceleně a systematicky popsán. Obecně je pro tuto práci stěžejní proces modelování a samotný příklad realizace matematicko-statistického modelu je prezentován v případových studiích.

4. Analýza prostředí a současné metodologie

V návaznosti na představení současného stavu problematiky bude dále rozvinuta metodologická část práce. V ní budou představeny základní koncepty hodnocení měření zdraví a to z pohledu lékařských oborů i environmentálních oborů. Propojení budou představovat ekonomické metody a způsoby vyjádření změn úrovně zdraví nejen ve finančních ekvivalentech, ale i v ekonomických hodnotách. Nezbytnou součástí bude charakteristika jednotlivých metod a jejich vývoj v návaznosti na potřeby jednotlivých disciplín které se snaží komplexně uchopit nejen přímé finanční toky, ale i další změny ve využívání ekonomických zdrojů důsledku nemoci. Budou diskutovány výhody a nevýhody jednotlivých metod a jejich spolehlivost v přesnosti koncových odhadů peněžních ekvivalentů.

4.1 Ekonomické metody

Ekonomické metody pro hodnocení změny zdravotního stavu jsou náplní každé disciplíny, která souvisí s ochranou a péčí o zdraví obyvatelstva. V této části jsou představeny dominantní přístupy a z nich odvozené metody, které již nejsou v praxi uplatňovány samostatně, ale stále tvoří významné komponenty přístupů souhrnných, případně tvoří složky metodiky. Tyto přístupy jsou rozčleněny nejen podle disciplín, na které navazuje, ale také z pohledu jednotlivých aktérů, kteří do procesu hodnocení vždy s sebou přinášejí specifické složky pro ocenění. Z ekonomického hlediska pak hovoříme o tržních a netržních statcích. Předmětem zájmu ekonomického oceňování ve světě se staly v průběhu posledních desetiletí zejména netržní statky. Jejich hodnota je odhadována nepřímo a jsou zatíženy mnoha nejistotami. Vyčíslování těchto hodnot v peněžních jednotkách tedy představuje na jednu stranu snahu o integrující pohled na celkové skutečné ztráty vyplývající z poškozeného zdraví, ale na druhou stranu tento jednotný převod na společné jednotky vyvolává častá nedorozumění a nepochopení interpretace takto získaných hodnot. Kvalitativně rozdílné odhady a následná nemožnost načítat jednotlivě oceňované tržní a netržní složky (jak bývá u přírodovědných disciplín v případě veličin se shodnými jednotkami obvyklé) je jedno z příkladných úskalí ekonomického pohledu na poškození zdraví. Členění na makroekonomické a mikroekonomické (viz schéma WHO na obr. 4.1) je nutné uvést pro zachování celistvosti analýzy ekonomických konceptů. Nicméně tyto koncepty a modely již přesahují rámec této práce, a nebudou dále rozebírány, přestože



Obrázek 4.1: Algoritmus pro volbu vhodné metodiky.

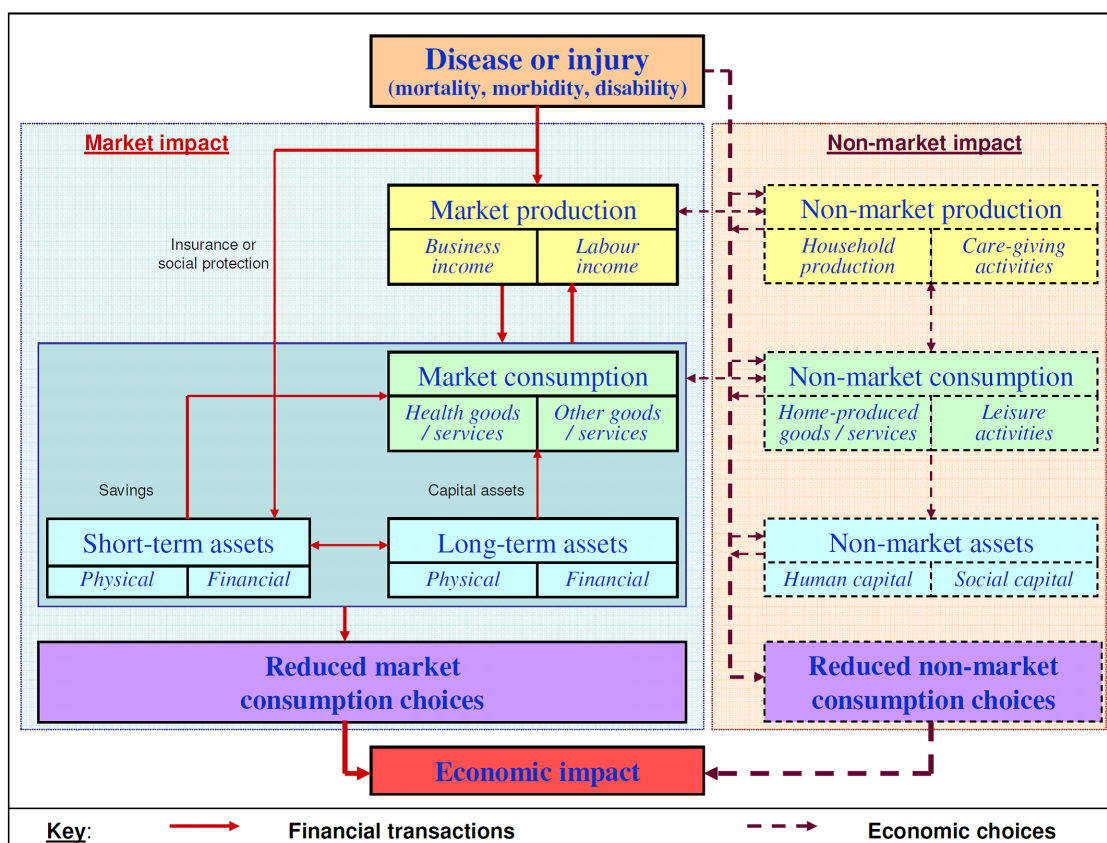
v rámci České republiky toto téma také nebylo doposud otevřené. Další členění je tedy přizpůsobeno potřebám práce, která se zaměřuje na pohled jednotlivých aktérů systému.

4.1.1 Přístupy a metody pro pohled veřejné sféry

Veřejná sféra zastává v otázkách řízení efektivní alokace zdrojů v rámci zdravotnictví a ve sledování ekonomického hodnocení zdravotních aspektů péče a ochrany veřejného zdraví klíčové postavení. Ať už je to role nositele zdravotní politiky, regulátora trhů zdravotní péče, vlastníka významných zdravotnických zařízení nebo zprostředkovatele úhrad za zdravotní péči. Přehled metod hodnocení zdraví v následující podkapitole se týká zejména hodnocení dopadu na obyvatelstvo jako celek.

Metoda sledování nákladů nemoci (Cost of Illness, COI)

Tato metoda se uplatňuje na sledování nákladů v rámci celé populace. Prošla vývojem, kdy byly do konceptu postupně začleňovány další složky ve snaze o maximálně komplexní vyjádření přímých i nepřímých ztrát spojených s nemocí. Nicméně stále neumožňuje sledovat vliv na společnost jako celek, tak jako makroekonomické modely. Právě existence různých verzí této metody způsobuje jistou nespolehlivost, zejména při srovnávání jednotlivých studií, kde není explicitně vyjádřeno, které její komponenty jsou do celkové hodnoty zahrnuty. Dalším úskalím je zaměření



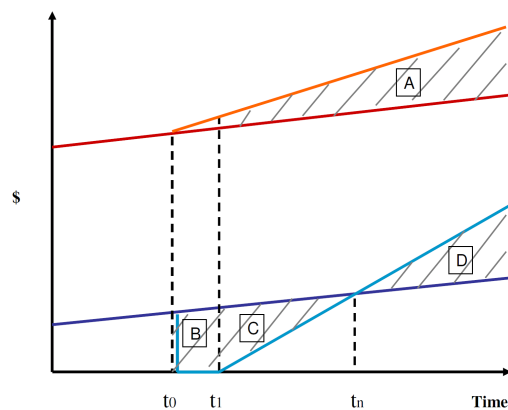
Obrázek 4.2: Finanční a ekonomické dopady nemoci a zranění na domácnosti. Zdroj: (Evans and et al, 2009)

na nákladotvornou roli nemoci, ale nikoliv na kvalitu a efekt takto vynaložených nákladů. To bývá dalším vážným úskalím využívání této metody, a proto již není běžně využívána samostatně. Přesto představuje základní koncept pro ekonomické hodnocení díky svému víceúrovňovému analytickému přístupu, které je znázorněno na schématu na obrázku 4.2.

V současnosti jsou studie COI koncipovány na základě prevalenčního nebo incidenčního přístupu.

Prevalenční přístup V rámci tohoto přístupu je sledován ekonomický dopad všech výskytů dané choroby (včetně nových případů pro daný rok) a společně s veškerou atributivní mortalitou v budoucnu převedenou na současné ceny. Atributivní mortalitou rozumíme úmrtí prokazatelně přímo související s danou chorobou. Implikovaný alternativní scénář pak předpokládá, že se nevyskytovaly žádné předchozí výskyty či úmrtí před vztažným rokem a že se již nenastane další nový výskyt nemoci v budoucnu.

Incidenční přístup Ekonomický dopad je měřen ve smyslu současné hodnoty budoucích nákladů na nové případy onemocnění a úmrtnost, a to od určitého časového okamžiku. Alternativní scénář předpokládá, že žádná nová onemocnění nebo úmrtí



Obrázek 4.3: Ekonomický přebytek a ztráta ve studiích nákladů nemocnosti založených na prevalenci.

související s chorobou se v předem specifikovaném časovém období nebudou vyskytovat, pouze předchozí nemocnost zůstane.

Obecně pro praxi plánování programů prevence v rámci veřejného zdravotnictví WHO prezentována konstrukce studie na principu změny současného stavu pomocí srovnávací alternativní incidence. Tak je studie citlivější vůči aktuálním epidemiologickým trendům a alternativní scénář je lépe připraven pro navazující, ekonomy preferovanou marginální analýzu přínosu (reprezentující mezní přínos pro inkrementální snížení rizika onemocnění) a dále dlouhodobý vliv současné úrovně nemocnosti do budoucna. Pro zachycení statického a v čase dynamického ekonomického dopadu nemoci slouží výpočet současné hodnoty dlouhodobých budoucích výdajů při současné úrovni nemocnosti. Tím je vymezen pouze vliv konkrétního opatření a realističtěji lze hodnotit i následný ekonomický efekt.

Na obrázku 4.3. je prezentováno schéma principu studie na bázi změny prevalence pomocí alternativního incidenčního scénáře včetně naznačení alternativního dlouhodobého rozložení výdajů na řešení zdravotních následků. Červená linie naznačuje úroveň produkce pro status quo. Oranžová linie představuje alternativní vývoj produkce za předpokladu absence nemoci X. Tmavě modrá linie současné výdaje na zdravotní péči pro status quo a světle modrá linie znázorňuje změnu ve výdajích na péči o zdraví kvůli odsunutí nemocnosti (akutní léčba + preventivní výdaje). Šrafované plochy pak představují rozdíl ve výstupech a ve výdajích a to jak absolutně (A) tak i v alokaci B, C, D). Interpretace jednotlivých segmentů je následující:

- A** zvýšená produkce vlivem postupného vymizení choroby X
- B** snížené výdaje na zdravotní péči způsobenou nemocí X v časovém intervalu $t_0 - t_1$
- C** snížené výdaje na zdravotní péči způsobenou nemocí X v časovém intervalu $t_1 - t_n$
- D** zvýšené výdaje na zdravotní péči způsobenou nemocí X po čase t_n , kde přežili z období $t_0 - t_1$ navyšují rizikovou populaci v budoucím období.

Komplexní vypracování studie COI, tak jak prezentováno výše, není pro Českou republiku zpracované ani pro nejrozšířenější zdravotní poškození. Již se začínají objevovat práce, které řeší pouze jednotlivé složky celkových nákladů a často bývají označovány jako studie COI. při interpretaci a dalším využití je tedy nutné zohlednit míru naplnění všech požadovaných složek moderního přístupu k COI a oddělit tak studie z počátků zavádění této metody.

Zavedení konceptu statistické ceny života

V západních zemích, především v USA již po více jak 20 let jsou pro závažnější regulační opatření z dopadem na lidské zdraví sestavovány Cost benefit analýzy (dále *CBA*), kde na straně benefitů je monetárně vyjádřena hodnota uchráněných (statistických) lidských životů, tzv. Value of Statistical Lives (dále *VSL*) nebo v současnosti upřednostňovaný přístup Value of Life Year (dále *VOLY*). Ekonomické hodnocení ztráty života bývá považováno za neetické, protože život člověka nelze vyčíslit. Nicméně jak plyne z přehledu výdajů na snižování rizika poškození života a zdraví v nejrůznějších oborech, tak možnosti společnosti investovat do ochrany lidského života budou vždy limitovány jejími disponibilními zdroji.

Koncept *VSL* vychází z potřeby ocenit hodnotu rizika poškození zdraví nebo života, resp. hodnotu jeho změny, které jsou následně porovnávány s konkrétními náklady na plánované bezpečnostní nebo regulační opatření. Hodnota *VSL* není a ani nemá ambice vyčíslit celkovou hodnotu života konkrétního jedince. Není možné zjišťovat za kolik jsme ochotni platit za ztrátu života. Nicméně lze sledovat, kolik jsme ochotni zaplatit např. za bezpečnější automobily, nebo lze se dotazovat kolik jsme ochotni platit za různá bezpečnostní opatření na silnicích. Tím lze identifikovat jakou hodnotu přiřazuje jedinec nebo část společnosti malým změnám rizika poškození zdraví.¹ Alternativním vyjádřením hodnoty *VSL* je koncept *VOLY*. Ten oceňuje každý rok očekávaného dožití, nejčastější způsob výpočtu *VOLY* je např. dán vztahem VSL_i/LE_i , upravený o časové preference, případně o kvalitu let života. LE_i je průměrná očekávaná doba dožití pro věk i a VSL_i je odhadnutá hodnota *VSL* pro věk i .

Výraz *VSL* je často chápán jako jednoznačná konkrétní hodnota, ale ve skutečnosti je to pouze označení základního principu stanovení hodnoty, která je pokaždé odhadnuta na základě zcela rozdílných podmínek. Tím dochází při dalším použití tohoto odhadu k řadě nedorozumění. Existuje mnoho metod, kterak se dobrat výsledné monetární hodnoty *VSL* a v závislosti na použité metodě se výsledné hodnoty *VSL* několikanásobně liší. Další faktor, který výrazně ovlivňuje výslednou hodnotu je povaha rizika, a v případě vybraných metod i jeho individuální percepce. V případě snižování rizika úmrtí na základě principu *VSL* je přínosem snížení pravděpodobnosti úmrtí postižené populace a ne hodnota životů, které bylo zachráněny dodatečně.

¹ Pokud při snížení rizika úmrtí o 1/1000 je suma všech individuálních monetárních hodnot změny rizika za skupinu 1000 jedinců 2 mil. Kč, pak tato částka reprezentuje touto skupinou vyjádřenou hodnotu jednoho odvráceného statistického úmrtí *VPF* (Value of Prevented Statistical Fatality), což je pouze jiný název pro *VSL*.

Přístup z dlouho tradicí sahající až do 18. století byl do 80-tých let 20.stol. rutinně využíván k hodnocení benefitů do *CBA*. Přístup je založen na odhadu ztrát ekonomické produktivity jedince, který je vystaven určitému riziku. Hodnota *VSL* jedince je nahlížena z národohospodářské perspektivy jako diskontovaná suma všech potencionálních příspěvků jedince do národní ekonomiky. V souvislosti s prosazováním nových ekonomických škol do politického rozhodování byl tento koncept často kritizován pro nekonzistentnost s ekonomickou teorií z pohledu neoklasické ekonomie a teorie blahobytu je považován za nesprávný, nerespektuje individuální preference jednotlivce a tím i preference společnosti. Je nutné ale připomenout, že ekonomická teorie také řeší neefektivní alokaci zdrojů při asymetrických informacích. Další kritika byla opírána o etické hledisko použití metody, které v tomto čistě pragmatickém hledisku skutečně nemůže podchytit v celé šíři veškeré ekonomické přínosy individua.

Přístup používá metody založené na výpočtu ztracené produkce, ztracené spotřeby nebo tržních cen.

Metoda ztracené produkce Vzorec pro výpočet lze převzít např. od Freemana (Freeman, 2003; Ščasný et al., 2005)

$$VSL_{HC} = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{\pi_{t+i} E_{t+i}}{(1+r)^i}, \quad (4.1)$$

kde π_{t+i} je pravděpodobnost, že se jedinec dožije věku $t+i$, jestliže je stár t let, E_{t+i} jsou v původní interpretaci očekávané výdělky (příjem z práce) jedince ve věku $t+i$, r je diskontní míra a T je věk odchodu do důchodu a z trhu práce.

Nyní lze odvodit hlavní faktory vstupující do hodnocení ztráty produkce:

- Odhad změny produktivity čase;
- Odhad ekonomického vývoje cen a zároveň na arbitrární volbě výše diskontní míry nebo diskontní metody. Stanovení optimální diskontní míry, možnost využití tzv. “social discount rate”, viz (Pearce, 2000);
- Odhad počtu let ztracené produkce;
- Volba komponenty proměnné E (hrubá mzda, makroekonomická produktivita práce [HDP per capita], čistá mzda, odvedená část mzdy, IPSV MPSV, Eurostat, nepodchycená produkce)

Metoda ztracené spotřeby Nahlíží na jedince a jeho potřeby jako na původce veškerých ekonomických procesů. Vychází z teoretického předpokladu, že nejdůležitější determinantou spotřeby je bohatství, a proto ztráta potencionální spotřeby předstává ztrátou bohatství společnosti. Propočty vychází ze statistiky rodinných účtů, z údajů o příjmech a výdajích domácností. Teoreticky je metoda vzájemně zastupitelná s metodou ztracené produkce. Prakticky dochází mezi těmito hodnotami k rozdílům způsobeným specifikou spotřebního chování (např. obecný celosvětový trend zadlužování).

Metoda tržních nákladů Metoda sleduje vybrané výdaje spojené s poškozením zdraví. Někdy bývají zahrnovány přímé výdaje na léčení, které jsou podrobněji rozepsány v kapitole o oceňování zdravotních újm.

4.1.2 Přístupy a metody pro pohled soukromé sféry

Soukromá sféra, reprezentovaná domácnostmi, má v otázkách ekonomických dopadů poškozeného zdraví ve většině evropských zemí omezený vliv, protože finanční zajištění zdravotní systémy jsou jako strategické sektory kontrolovány.

V případě domácnosti je často obtížné podchytit skutečnou ztrátu, protože řada aktivit je netržního charakteru nebo probíhá mimo prostředí pozorovatelné běžnými ekonomickými ukazateli. Formálně lze popsat tyto složky rozvinutím modelu (Bardhan and Udry, 1999). Nepřímo lze tuto neformální produkci sledovat na populaci pomocí kontrolních mechanismů národních agregovaných dat. Pro praktické rozhodování se proto uplatňují hlavně přístupy založené na ochotě platit, které mají robustní teoretický základ v ekonomii blahobytu, nicméně praktická realizace má zejména v podmínkách veřejného systému zdravotní péče mladé tržní ekonomiky (jakou právě ČR je) omezenou vypovídací schopnost.

Ztráta blahobytu vlivem poškození zdraví z pohledu domácnosti

Každá nemoc a zranění má vliv na domácnost, jehož skutečnou výši lze jen v omezené míře nepřímo pozorovat v běžně vykazovaných statistikách. Proto je na obrázku 4.2 schématicky zobrazeno, co vše lze zahrnout pod jednu epizodu nemoci, či zranění. Rozdělení na finanční a ekonomické toky mezi tržními a netržními vlivy je propojeno pouze přes produkci a spotřebu. Při nemoci dochází ke snížení produktivity práce jak na pracovním trhu (absence v zaměstnání), tak mimo trh v domácnosti. Zároveň dochází k omezení spotřeby běžných statků, protože jsou ve zvýšené míře konzumovány statky a služby související s nápravou zdraví a zároveň musí být pokryt chybějící příjem pro nutný chod domácnosti. Ten je pokryt buď z úspor, nebo v dlouhém období dochází k prodeji majetku a využití externího financování pomocí půjček. Formálně lze analyzovat dopad poškozeného zdraví na domácnosti adaptací, modelu (Bardhan and Udry, 1999).

Předpokládáme, že domácnost maximalizuje svůj užitek (U) dle následující funkce:

$$U = U(L, C, M), \quad (4.2)$$

kde L je spotřeba volného času (leisure), C je spotřeba vlastní produkce a služeb (consumption of own production), a M je spotřeba tržních statků a služeb (market goods).

Pro funkci U platí, že s rostoucím množstvím jednotlivých proměnných roste i celkový užitek (první parciální derivace jsou pozitivní) a s každou dodatečnou

spotřebovanou jednotkou dané proměnné se užitek snižuje (druhé parciální derivace jsou negativní) Míra užitku z každé dodatečně spotřebované jednotky jakékoliv proměnné je pozitivně závislá na míře užitku plynoucí ze spotřeby zbylých proměnných. (Smíšení parciální derivace prvního řádu jsou také pozitivní).

Omezující podmínky spotřeby jednotlivých komponent determinující užitek domácnosti pak popíšeme pomocí následujících vztahů:

$$C = C_c(L_c, B, y_c) - \sum p_c y_c, \quad (4.3)$$

$$M = wL_w + \left(p_0 F(L_0, B, y_i) - \sum p_i y_i \right) - \sum p_c y_c + E, \quad (4.4)$$

a

$$L = T - L_w - L_0 - L_c. \quad (4.5)$$

Rovnice (4.3) C_c vymezuje produkční funkci pro vlastní spotřebu domácností produkovaných statků, které vyžadují práci domácnosti L_c , vlastní výrobní prostředky domácnosti B (např. pozemek v případě domácí zemědělské produkce) a další vstupy y_c . Tyto statky jsou nakupovány za cenu p_c (přestože cena p_c často nabývá hodnotu 0). Rovnice (4.4) popisuje nákup tržních statků na trhu vyplývající z prodeje domácí pracovní síly na trhu s otevřenou mzdou L_w za cenu w , dále čistou hodnotu prodané domácí produkce (např. úroda). Hotovostními výdaj $\sum p_c y_c$ a příjmy z nepracovních aktivit, které mohou nabývat pozitivní nebo negativní hodnotu. Čistá hodnota prodané domácí produkce je dána výstupní cenou p_0 , množstvím prodané produkce a cenou vstupu p_i . Výstup je dán produkční funkcí F , kde L_0 je vklad práce domácnosti, B jsou vlastní výrobní prostředky domácnosti a y_i jsou nakoupené vstupy. Na závěr rovnice (4.5) vysvětluje omezující podmínky. Omezený je čas T na vlastní aktivitu domácnosti. Ten se dělí mezi spotřebu volného času na výrobu na trhu směnitelných statků L_0 , spotřebu netržních statků L_c a jakékoliv další výdělečné činnosti odměněné mzdou L_w . Tento jednoduchý rámec lze použít na stanovení třech způsobů uvažování o poškozeném zdraví. Předpokládejme, že nemoc redukuje množství času. Tato změna ovlivňuje veškeré složky rovnice (4.5) a tím i všechny složky užitku a blahobytu domácnosti v rovnici (4.2).

Většina makroekonomické literatury se zaměřuje pouze na ekonomické dopady poškozeného zdraví skrze ztracenou nebo nemocí indukovanou spotřebu tržních statků skrze přibližný odhad jejich podílu z GDP. Nicméně tento přístup nevystihuje skutečnou výši ztráty blahobytu. Mírně rozšířený pohled zahrnuje celkovou ztrátu spotřeby skrze C a M (tržních i netržních statků), ale i ten postihuje pouze částečný dopad. Takže je potřeba zahrnout ještě třetí komponentu L , nebo-li ztrátu spotřeby volného času. (představme si např. spánkovou deprivaci). Tyto komponenty lze teoreticky měřit přímo a odděleně. Alternativním přístupem může být měření ztráty užitku U , který vyplývá z nemoci. A který je reprezentován změnami v C , M a L . Tento druhý přístup je nejúplnější koncept ekonomického blahobytu z pohledu ekonoma-vědce.

Nyní vložme do úvahy další proměnnou. Zdraví (Health, H) je taktéž obecně považováno za přímý vstupní parametr funkce užitku (Grossman, 1999). Produkční funkce zdraví je dána vztahem:

$$H = H(L_h, C_h), \quad (4.6)$$

kterou můžeme jednoduše interpretovat jako funkční vztah času vloženého domácností na péči o zdravé L_h a výdaji na se zdravím související statky a služby C_h . Funkci užitku U pak lze modifikovat do podoby:

$$U = U(L, C, M_h, H), \quad (4.7)$$

kde L je spotřeba volného času (leisure), C je spotřeba vlastní produkce a služeb (consumption of own production), M_h je spotřeba tržních statků a služeb nesouvisejících s péčí o zdraví (non-health market goods), H je zdravotní stav (health status). Omezující podmínky jsou následně formulovány ve tvaru:

$$C = C_c(L_c, B, y_c) - \sum p_c y_c, \quad (4.8)$$

$$M = wL_w + \left(p_o F(L_o, B, y_i) - \sum p_i y_i \right) - \sum p_c y_c - C_h + E, \quad (4.9)$$

$$L = T - L_w - L_o - L_c - L_h, \quad (4.10)$$

kde předpokládáme, že spotřeba statků a služeb souvisejících s péčí o zdraví C_h zvyšuje užitek nepřímo skrze vliv na H a nikoliv přímo. Domácnost musí rozhodovat kolik času věnuje spotřebě volného času, kolik na práci na produkci pro vlastní spotřebu C (resp. L_c) a kolik na práci na další tržně směnitelné produkci O (resp. L_o) (nejasné), práci za mzdu (L_w) a péči o zdraví L_h . Musí rozhodovat, které vstupy z oblasti trhu s péčí o zdraví pořídit aby pozitivně ovlivnili C a M . V dlouhodobém horizontu pak musí rozhodovat, zda na vybrané vstupy spořit, nebo si na ně zapůjčit.

Odhad nepodchycené produkce

Praktické vyjádření nepodchycené produkce lze odhadnout pomocí celé řady nepřímých metod. Odhad “úplné produkce” je téma úzce spojené se statistickými postupy odhadu HDP a sledováním Systému národních účtů (Fischer and Fischer, 2005). V těchto oblastech tak dochází k revizi základních postupů odhadu produkce a snaze o nalezení postupů nových, zachycujících produkci přesněji.

Tabulka 4.1 zachycuje členění nepodchycené legální produkce, kde jsou přehledně rozděleny prvky příjmu domácností, které unikají zdanění a tím pádem se ani nijak dále nepromítnou do HDP. Dále musí být zmíněny i ilegální složky produkce, jako je obchod s drogami, zbraněmi apod., které také tvoří jistý podíl “úplné” produkce, ale který už je z principu vyňat z kalkulací přínosů společnosti. Kompletní členění uvádí např. (Schneider, 2002).

Ve statistické terminologii je tato nepodchycená produkce označován jako Non-observed Economy (NOE) a metody odhadu jejího podílu v ekonomice jsou v posledních letech intenzivně zkoumány (Schneider, 2002; Feige and Urban, 2003) a další

Tabulka 4.1: Členění nepodchycené legální produkce. Zdroj: (Schneider, 2002)

Monetární transakce		Nemonetární transakce	
Daňový únik	Obcházení zdanění	Daňový únik	Obcházení zdanění
Nehlášený příjem ze samozaměstnání: mzdy, platy a další majetek z Nehlášené práce související s legálními statky a službami	Zaměstnanecké slevy, dodatečné odměny	Barter legálních statků a služeb	“samoprodukce” pro vlastní spotřebu, sousedská výpomoc

a následně zapracovávány do oficiálních metodik viz. (OECD et al., 2002; UNECE, 2008) a další. V rámci Evropského společenství pak byly vypracovány “country studies,” které aplikovaly požadované postupy odhadu “úplné” produkce do podmínek konkrétní země. V České republice je “Informal economy” (dále informální ekonomika) diskutována v několika studiích (Horáková and Kux, 2003; Hanousek and Palda, 2004).

Neshody způsobené statistickými postupy Tématem neshod ve vykazovaných statistických údajích o produkci se velmi podrobně zabírají statistické organizace nadnárodního významu. Problematika odhadu “úplnosti” je podrobně rozebírána v oficiální příručce OECD (OECD et al., 2002), k níž byla v roce 2005 vydána směrnice Eurostatu s názvem “Guidelines to the Tabular Approach to Exhaustiveness” (UNECE, 2008). V rámci pilotního projektu byl pro Českou republiku odhadnut podíl informální ekonomiky vztažený k roku 1998 v rozmezí 10-25% HDP (Horáková and Kux, 2003). Vzhledem k tomu, že OECD pro rok 2007 deklaruje další výzkumy týkající se postupů a vykazování NOE, stává se tak identifikace aktuálních údajů cílem další fáze projektu.

Metody a přístupy pro stanovení podílu a vývoje informální ekonomiky Odhady podílu NOE na celkové produkci jsou neustále podrobovány četným revizím. Přehled základních přístupů uvádí ve své studii Schneider (Schneider, 2002), kde dělí metody do 3 skupin. Na přímé, nepřímé a metodu dynamického modelu.

Přímé metody Mezi přímé metody se řadí *Dotazníkový průzkum* a *Daňový audit*. Mezi nejčastější způsoby odhadu informálního sektoru patří pečlivě sestavené *dotazníkové průzkumy*, založené na dobrovolném vypovídání dotazovaných. Velkou nevýhodou je úmyslné zkreslení nebo neochota spolupracovat při sledování takto citlivého tématu. Úspěšnost průzkumu se odvíjí od kvality sestaveného dotazníku, kde je dotazovaný v podstatě vyzván k přiznání podvodu. Přesto jsou tyto studie realizovány.

Metoda daňového auditu je založena na nesrovnalostech mezi vykazovanými příjmy pro daňové účely a příjmy naměřenými vybranými kontrolními propočty.

V tomto ohledu představují jistý úspěch daňové kontroly, ale ty zdaleka nepostihují námi požadovaný rozsah úniku produkce ze statistik.

Mezi výhody nepřímých metod patří detailní přehled o aktuální struktuře informálních aktivitách a jejich nositelích. K nedostatkům, které byly zmíněny výše, je nutné ještě zmínit nemožnost užití přímých metod pro sledování vývoje informální ekonomiky v dlouhém období.

Ve studii VÚPSV ([Horáková and Kux, 2003](#)) pro ES je uvedeno, že přímé metody nebyly doposud v České republice aplikovány.

Nepřímé metody Metody využívající makroekonomická data, ekonomické indikátory a další ukazatele, z kterých lze vyčíslit vývoj informální produkce v čase (na rozdíl od metod přímých). V současnosti rozlišujeme 5 indikátorů, které zanechávají “stopy” ve vývoji informální ekonomiky:

- Nesrovnalosti ve národních příjmech a výdajích.
- Neshody v oficiální a skutečné pracovní síle
- Transakční přístup
- Přístup založený na poptávce po měně
- přístup založený na spotřebě elektrické energie (Electricity Consumption Method- ECM) rozlišující 2 metody: *metodu Kaufmann-Kaliberda* a *metodu Lackó*

Pro Českou republiku byly na v průběhu 90-tých let učiněny odhady informálního sektoru využitím dvou posledních indikátorů. Vhodnost použití obou metod ECM a přístupu založeném na poptávce po měně pro specifické makroekonomické podmínky tranzitivní ekonomiky (jakou Česká republika v době výzkumu nepochybně byla) velmi podrobně diskutuje Hanousek a Palda ve své studii ([Hanousek and Palda, 2004](#)).

Srovnání výsledků obou metod ECM je znázorněno v Tabulce 4.2, kde výsledky studie ([Johnson et al., 1997](#)) využívá metodu Kaufmann-Kaliberda.

Revize metody ECM Poté, co byla metoda ECM rozsáhle kritizována jako nevhodná pro výpočet NOE resp. TEA (Total Economic Activity) v tranzitivních ekonomikách, prošla revizí zaměřenou přímo na tranzitivní ekonomiky ve studii ([Fige and Urban, 2003](#)). Revidované hodnoty jsou pro srovnání zanesené v tabulce 4.3. Dynamika růstu NOE a následně celé TEA pomocí revidované ECM je pak podchycena v tabulce 4.4. Zde je opět poukázáno na její slabé stránky, je zkoumána citlivost metody na vstupní hodnoty a poukazuje na dynamiku vztahu mezi oficiální a informální ekonomikou v čase v závislosti na změnách, kterými tranzitivní ekonomiky v 90-tých letech procházely.

Tabulka 4.2: Vývoj velikosti informálního sektoru (v % oficiálního HDP) v letech 1990-1995. Zdroj: (Johnson et al., 1997; Hanousek and Palda, 2004)

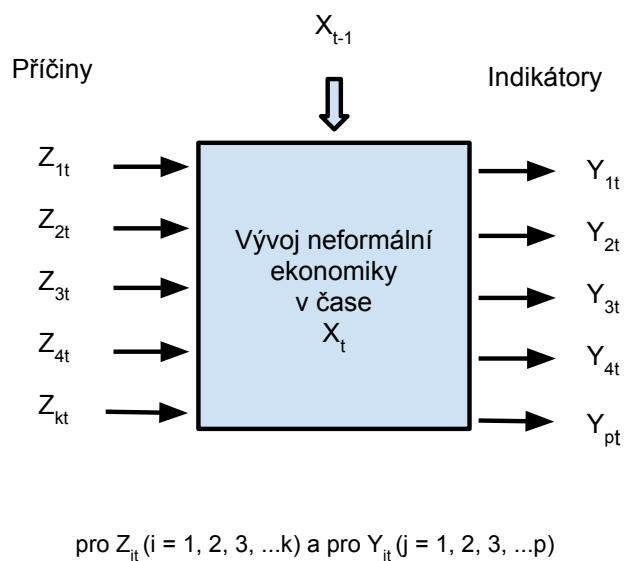
Země	Metoda	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Zdroj
ČR	Spotřeba el. energie	6,7	12,9	16,9	16,9	17,6	11,3	JKS 1996
	Spotřeba el. energie domácností	15,2		19,9		15,4		L 1997
Maďarsko	Spotřeba el. energie	28	32,9	30,6	28,5	27,7	29	JKS 1996
	Spotřeba el. energie domácností	26,7		34,8		31		L 1997
Polsko	Spotřeba el. energie	19,6	23,5	19,7	18,5	15,2	12,6	JKS 1996
	Spotřeba el. energie domácností	30,8		33		32,8		L 1997
Slovensko	Spotřeba el. energie	7,7	15,1	17,6	16,2	14,6	5,8	JKS 1996
	Spotřeba el. energie domácností		11,2	14,7		12,3		L 1997

Tabulka 4.3: Odhady podílu informálního sektoru na začátku transformace (v % “úplné produkce”-TEA). Zdroj: (Feige and Urban, 2003)

Země	Kaufmann/Kaliberda: Johnson et al. 1989	Elat/Zinnes 1990	Feige/Urban 2003
Chorvatsko	NA	22,8	22,8
ČR	6,0	6,7	6,0
Maďarsko	27	27	27
Polsko	15,7	19,6	15,7
Slovensko	6,0	6,0	6,0
Slovinsko	NA	22,8	22,8

Tabulka 4.4: Dynamika růstu NOE a TEA v letech 1989-2001 revidovanou metodou ECM. Zdroj: (Feige and Urban, 2003)

Země	Průměrný oficiální růst HDP	Průměrný růst informální ekonomiky	Průměrný růst celkové ekonomické aktivity (TEA)
Chorvatsko	-0,7	3,7	-0,2
ČR	0,4	10,5	0,7
Maďarsko	0,8	-4,4	-0,4
Polsko	2,2	-78	-0,7
Slovensko	0,7	-2,3	-1,2
Slovinsko	2,0	16,2	3,8



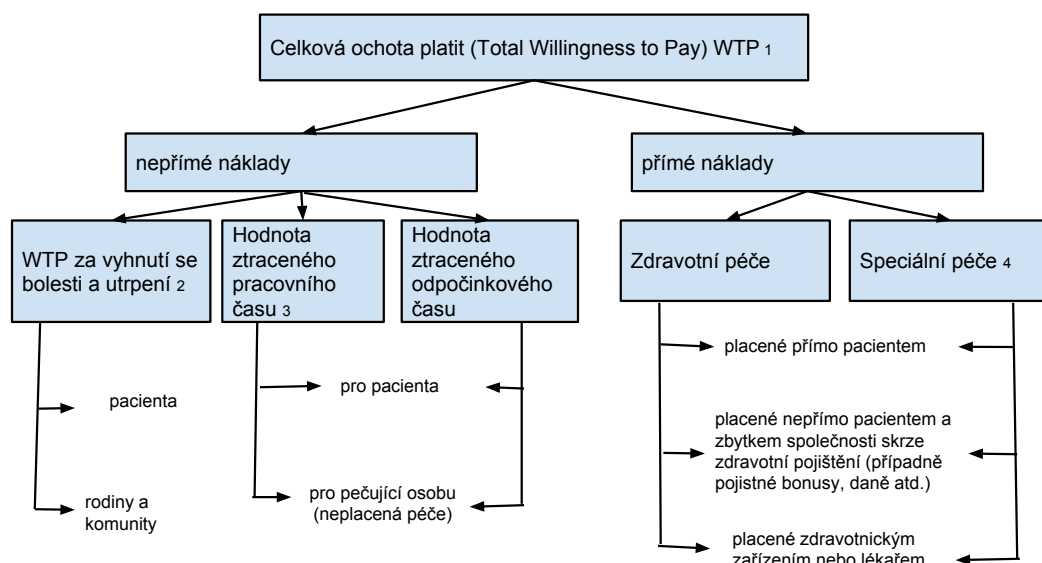
Obrázek 4.4: Schéma modelu DIMIMIC.

Tabulka 4.5: Velikost informálního sektoru ve vybraných tranzitivních ekonomikách. Zdroj: (Schneider, 2002)

Země	HNP v tržních cenách (US\$, mld. 2000)	Informální ekonomika v % HNP 1999/2000	Informální ekonomika (US\$, mld. 2000)	Informální ekonomika v HNP per capita
ČR	500,1	19,1	95,5	1002,8
Maďarsko	440,6	25,1	110,6	1182,2
Polsko	1568,2	27,6	432,8	1156,4
Slovensko	187,7	18,9	35,5	699,3
Slovinsko	180,7	27,1	49,0	2723,6

Metoda přináší některé překvapivé výsledky a vzhledem k výše zmiňované citlivosti na vstupní hodnoty jsou autory podrobně rozebírány metodická úskalí této velmi často využívané metody.

Metoda dynamického modelu Snaha o vytvoření dynamického modelu je přirozenou reakcí na nedostatky výše zmíněných metod, kde každý jednotlivý indikátor byl navržen tak, aby samostatně postihoval celkovou velikost a vývoj informální ekonomiky. Je však zřejmé, že ve skutečnosti informální ekonomika má vždy vícero příčin které mají současný dopad na všechny tři základní trhy –výrobků a služeb, práce i peněz. Model DIMIMIC (dynamic multiple-indicator multiple-causes) představuje koncepčně zcela nový přístup kdy ve jedné části modelu propojuje nepozorované proměnné s pozorovanými indikátory a v druhé části specifikuje kauzální vztahy mezi nepozorovanými proměnnými. Schéma modelu je naznačeno na obr. 4.4. Nepozorovaná proměnná je právě informální ekonomika.



ad 1. uvedené složky lze uvažovat v souvislosti s hypotetickým scénářem podstoupení rizika zdravotního poškození bez možnosti jeho kontroly
ad 2. zvýšená nemocnost a další nežádoucí zdravotní poškození spojená s omezenými možnostmi zdravotní péče
ad 3. tato položka zahrnuje snížení nebo ztrátu schopnosti vykonávat produktivní činnost (placenou i neplacenou)
ad 4. péče o tělesné a mentálně postižené, speciální vzdělávání, rekvalifikace apd....

Obrázek 4.5: Komponenty celospolečenské ochoty platit dle US EPA.

Odhad rozsahu informálního sektoru v rozsáhlé studii 110 zemí (viz [Schneider 2002](#)) je výsledkem přístupu ECM, přístupu založeného na poptávce po měně a modelu DIMIMIC. Pro vybrané země je přehled takto vypočtených hodnot uveden v Tabulce 4.5.

Stanovení “úplné” produkce tak umožňuje systematicky snižovat nejistoty spojené s odhadem příjmů domácnosti nepřímými postupy. Pro úlohu sledování ztrát v důsledku poškozeného zdraví v případě netržních složek tak odhad složky neformální ekonomiky představuje jeden z vhodných náhrad za tradičně používaný ukazatel HDP. Navíc z výše uvedených informací lze TEA v mnoha případech považovat za stabilněji se chovající ukazatel.

Přístup ochoty platit

Především od konce 70. let v západních zemích převládají přístupy založené na WTP (willingness-to-pay) a WTA (willingness-to-accept) s odůvodněním, že jde o jediný přístup, který má robustní základy v ekonomické teorii blahobytu, kde významnou roli hrají individuální preference maximalizace užitku. Významnou roli v tomto přístupu hraje individuální vnímání rizika. Přestože přístup stojí na silných teoretických základech, tak v praxi se potýká s celou řadou problémů. Tento přístup se v současnosti prolíná všemi obory, které řeší ochranu a péči o zdraví. Jde o vícesložkový přístup (viz obr. 4.5) a v rámci jednotlivých studií lze často špatně rozlišit, které komponenty WTP jsou konkrétně sledovány. Vliv hraje i nastavení

systému financování zdravotní a sociální péče, kde pak dochází u jednotlivců ke zkreslení vnímání skutečné hodnoty jednotlivých složek. Samostatně se pak některé složky metodicky obtížně sledují a to zejména v případě nepřímých nákladů.

Tento přístup je založen na předpokladu, že individuální preference jedince se dají odvodit z jeho chování na skutečném nebo hypotetické trhu, kde směňuje dodatečnou jednotku svého života za jiné statky, jejichž hodnotu vyjadřujeme v peněžních jednotkách. Základním předpokladem této metody je, že daný jedinec je dostatečně obeznámen s příslušnými riziky a tudíž nese plnou odpovědnost za nakládání se svým zdravím. Tento předpoklad je slabým místem přístupu WTP, kde v případě vybraných témat souvisejících s ochranou lidského zdraví vstupují do individuálních preferencí emoce, nedůvěra, nedostatečná informovanost a neúplné informace z nespolehlivých zdrojů.

Ochotu platit lze odvodit metodou podmíněného hodnocení (vycházející ze stanovených preferencí), hedonickou metodou a metodou preventivních výdajů (analýza projevených preferencí, tzn. analýza tržního chování subjektů). Viscusi ([Viscusi and Aldy, 2003](#)) provedl přehledovou studii a meta-analýzu 100 studií z posledních 30-ti let stanovující VSL na základě dat o tržním chování. Vyhodnocení rozsáhlé literatury založené na odhadech VSL z dat z trhu práce v USA vedlo k intervalu VSL mezi 4-9mil. USD. Stejně hodnoty jsou zjištěny i na základě dat z US trh statků a trhu s nemovitostmi.

Výše uvedená literatura byla analyzována kvůli stanovení implicitní hodnoty rizika poškození zdraví (bez ztráty života). Právě zkoumání těchto rizik je zcela zaslouženě zajímavé jako kontrola vlivu dalších rizik (jiných než ztráty života), která vstupují do odhadů hodnoty VSL. Samostatná část byla věnována analýze do dalších zemí s rozdílnými podmínkami na trhu práce. Obecně řadově se tyto odhady VSL neliší od odhadů studií z USA. Mezinárodní odhady jsou lehce nižší než odhady z USA, což lze přičíst pozitivní důchodové elasticitě při zohlednění hodnoty rizik ohrožujících život.

Projevené preference Na základě kritiky přístupu lidského kapitálu se již od 70-tých let 20.stol ekonomická literatura zaměřila na ukazatele “ochoty platit” (nebo “ochoty akceptovat”) za změnu rizika úmrtí. Většina této literatury je zaměřena na hodnocení rizika úmrtí skrze tržně vytvořené “rizikové příplatky” pro riziková povolání. Převážná většina studií vznikala téměř výhradně v podmínkách USA. Popularita ekonometrických postupů v USA je založena na dlouholeté tradici tržního hospodářství, kde spousta cen na trzích se statky a službami a na trhu práce je formována víceméně přirozeně po dobu více jak 150 let. V takovém prostředí lze pak odvozovat z chování subjektů na trhu i celospolečenské ekonomické hodnoty. Jinými slovy: užití ekonometrické metody pro tuto oblast jsou postaveny na základě ekonomických teorií, které byly odvozeny z chování subjektů dlouholetých tradičních tržních ekonomikách. I přes teoretickou robustnost je aplikace této metody na nefunkčních nebo regulovaných trzích značně obtížná. (Např. pokud je výše rizikových příplatků upravená vyhláškou.) ale v současnosti se pozornost upírá na další rozvinuté i rozvojové země s odlišnými socioekonomickým pozadím.

Druhou prošetřovanou oblastí jsou trhy s bezpečnostními a ochrannými produkty a jejich následná analýza (např. bezpečnostní prvky v automobilech, požární hlásiče apd.)

Hedonická metoda S využitím marginální analýzy umožňuje odhad ochoty platit za změnu rizika. Tímto lze pak monetárně vyjádřit dané riziko. Nejčastěji je ve světě využívána v tzv. “wage-risk” studies, jejichž aplikaci v ČR je testována v rámci projektu VÚBP “Vliv změn světa práce na kvalitu života.” Metoda byla podrobena četným revizím ve snaze odfiltrovat četná zkreslení, která ji provází. I přes veškeré revize, stále není schopná podchytit specifické motivace spojené s volbou vybraných povolání, která jsou riziková, náročná a níže ohodnocená.

V souvislosti s tímto přístupem je často diskutována problematika ekonometrie a vstupních dat pro odhad VSL. Jsou zde stále vedeny polemiky, jak nejlépe izolovat z dat směnu změny rizika za peněžní jednotky. Konkrétně do jaké míry je zaměstnanec ochoten akceptovat zvýšené riziko poškození života a zdraví za určitý druh mzdové kompenzace. Metodiky užívané v nejrůznějších studiích často sledují běžnou strategii odhadu bodu tržní rovnováhy dle směny změny rizika.

Metoda podmíněného hodnocení Metoda podmíněného hodnocení (Contingent Valuation Method, CVM) je založená na hypotetických preferencích jedince, který je skrze dotazníkové šetření postaven pomocí vhodně sestaveného scénáře před rozhodnutím na hypotetickém trhu. Preference jsou vyjádřeny skrze hodnoty WTP a WTA, které jsou teoreticky zastupitelné, ale prakticky se až čtyřnásobně liší. Pro tento rozdíl se nabízí vysvětlení v podobě rozdílného subjektivního oceňování rizika podle jeho základních dimenzí uvedených v tabulce 4.6, kde právě kontrolovatelnost a nevyhnutelnost jsou identifikovány jako důležité charakteristiky subjektivního vnímání závažnosti rizika. Hypotetičnost celé situace je předmětem časté kritiky, stejně tak jako celá řada zkreslení, která do odhadu hodnot vstupují skrze scénář dotazníku. I přes četné kritiky metoda nachází široké uplatnění především v oblastech environmentální ekonomie, kde neexistují trhy pro tzv. neužitné hodnoty.

Subjekt je dotazován nejméně 4 možnými způsoby kolik je ochoten platit (WTP) nebo ochoten přijmout (WTA) jako kompenzaci za změnu svého zdravotního stavu.

1. WTP za zlepšení současného zdravotního stavu
2. WTP na prevenci zhoršení současného zdravotního stavu
3. WTA za nevyužití příležitosti ke zlepšení zdravotního stavu
4. WTA za budoucí zhoršení svého zdravotního stavu

Typ 1 a 2 byl masivně využíván především v západních zemích v 90-tých letech, kde tvořil základ pro vyčíslení přínosů v Cost-benefit analýzách programů spojených se zdravím obyvatelstva. Přístupy WTP/WTA jsou neustále kritizovány pro řadu

zkreslení, která se do výsledné hodnoty promítají (např. informační zkreslení, strategické zkreslení, metodické zkreslení.) Další důležitou charakteristikou CVM je její závislost na příjmu dotazovaných. Relativní náročnost.

Metoda CVM je založena na dotazníkovém šetření, kde respondent je postaven na základě pečlivě připraveného scénáře do hypotetické situace na fiktivním trhu, kde oceňuje změnu svého zdravotního stavu v penězích. Cenu stanovuje buď neomezeně (open answer-OA) nebo je omezen dichotomickou dvoj-odpovědí se stanovenou dolní a horní hranicí oceňování. Přestože by hodnoty WTP/WTa měly být pro jednotlivé scénáře shodné, tak analýza provedených studií ukazuje, že WTA je 5-6krát větší než WTP.

Přenositelnost výsledků

Vzhledem k tomu, že přístupy založené na WTP/WTa jsou časově, prostorově omezené a mění se v závislosti na druhu a charakteru rizika, je nutné zvážit použití těchto výstupů mimo původní kontext a zdůraznit tak významné nejistoty s tím spojené. Podmínky transferu výsledků jak mezi jednotlivými kontexty, tak mezi jednotlivými zeměmi EU podrobněji analyzuje Pearce (Pearce, 2000). Tzv. “benefit transfer” je definován jako využití existujících informací z WTP/WTa studií pro jiný specifický záměr v novém kontextu. Evropská komise v současnosti řeší hodnocení benefitů v rámci EU15 i EU25, a proto téma “benefit transferu” je vysoce aktuální. Benefit transfer řeší transfer konkrétních benefit funkcí ekonometrických modelů nebo transfer samotných hodnot.

Samotná EC požaduje pro další využití těchto hodnot odborné posouzení následujících témat:

- Do jaké míry lze aplikovat v praxi pouze jednu hodnotu pro morbiditu a mortalitu bez ohledu na kontext?
- Jak se vypořádat se sociálními rozdíly a rozdíly v příjmech?
- Jaké hodnoty VSL by měly být aplikovány pro Nové členy (týká se přímo ČR)?
- Má být využívána hodnota VSL nebo VOLY?
- Jak mají být výsledné hodnoty přizpůsobeny v závislosti na kvalitě?
- Jak mají být hodnoceny budoucí dopady?
- Jaké jsou hlavní zdroje nejistot?

V tomto ohledu je nutné zmínit paradox, kde na jedné straně je nespravedlivé v sjednocující se Evropě aplikovat pro různé země různé hodnoty benefitu vyplývající z hodnoty odvrácených poškození zdraví, ale zároveň je nutné připustit, že hodnoty

Tabulka 4.6: Základní dimenze rizika dle (Slovic et al., 1985)

dobrovolné	nedobrovolné
běžné	katastrofické
odložené	okamžité
přírodní	člověkem zaviněné
známé	neznámé, nové
kontrolovatelné	nekontrolovatelné
nutné	zbytečné
jednorázové, příležitostné	kontinuální

WTP/WTB jsou formovány právě socioekonomickými specifiky dané lokality. Takový přístup by nutně vedl k investování do ochrany a bezpečí v zemích s vyšší VSL a naopak k exportu znečištění a zdravotních rizik do zemí s nižší VSL.

Tento ekonomický problém je potřebné podchytit na národní i mezinárodní úrovni a ošetřit jeho vliv především v oblasti mezinárodních investic. Téma rozdílných požadavků pro lokální a mezinárodní potřeby již bylo probráno v jiné části textu a hlubší analýza této problematiky přesahuje možnosti této práce.

Transfer jednotkových hodnot vs. transfer benefit funkcí V rámci “benefit transferu” můžeme přebírat jednotlivé hodnoty z primárních studií, hodnoty z meta-analýz primárních studií nebo celou benefit funkci popsanou ekonometrickým modelem pro celou populaci. Pearce dokazuje (Pearce, 2000), že není možné jednotlivé hodnoty přebírat bez jakýchkoliv úprav. Právě tento nejjednodušší způsob - “vypůjčení” - je i přes velká rizika velmi často praktikován. Z podrobnějších analýz vyplývá fakt, že i převzaté a pečlivě upravené hodnoty nedosahují kvalit primárních studií. Splnění všech podmínek vedoucích k spolehlivému transferu hodnoty, (ale i benefit funkce) je v praxi téměř nerealizovatelné. I v rámci meta-analýz ze studií z minulosti dochází k četným nepřesnostem, ale v tomto ohledu jsou v současné době veškeré kvalitní primární studie přizpůsobovány pro potřebu dalších využití v meta-analýzách a transferů do odlišných podmínek. Z rozsáhlého počtu meta-analýz pouze tři zkoumaly možnost přizpůsobení primárních studií při dodání inkrementu rizika. Model WTP pro různá onemocnění sestavila na základě rozsáhlého výzkumu (Cameron and DeShazo, 2013). Rizika se týkají konkrétních zdravotních poškození a tím respektují odlišné subjektivní vnímání rizika. Podle celé řady výzkumů je definováno více jak 8 dimenzí, nebo také faktorů, které významně ovlivňují vnímání rizika a potřebu společnosti toto riziko snižovat nebo eliminovat. Mezi původních 8 dimenzí (Slovic et al., 1985) patří vlastnosti popsané v tabulce 4.6.

Toto členění je známe v oblasti hodnocení rizika, nicméně v oblasti ekonomického hodnocení rizika nebylo doposud provedeno dostatečné množství studií, aby bylo možné všechny tyto faktory náležitě zavést do modelu a kvantifikovat tak jejich konkrétní vliv na ochotu platit. Zde se právě dostává do konfliktu tradiční ekonomický přístup v definování ekonomického optima pomocí marginální analýzy za předpokladu racionálně se chovajícího subjektu s realitou subjektivně vnímaného

rizika a ochoty společnosti platit, resp. neplatit za jeho snížení.

4.1.3 Diskuze metod ekonomického hodnocení

V následující části budou stručně shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých přístupů a metod ke stanovení a interpretaci “hodnoty statistického života”, nebo jinak řečeno “hodnoty odvráceného úmrtí”. Pro oba zmiňované přístupy (lidského kapitálu a WTP-/WTA) je společné, že hodnota VSL s rostoucím věkem klesá a to jak v subjektivním tak v objektivním vnímání. S rostoucím příjmem společnosti, či jednotlivého respondenta hodnota VSL stoupá. Ani jeden z přístupů neumožňuje přijatelné řešení etických otázek spojených s efektivní alokací zdrojů na odvrácení zdravotních rizik populace, pouze hodnoty odhadnuté přístupem WTP/WTA přenáší zodpovědnost za rozhodnutí na projevech chování společnosti. Obecně však není systematicky řešeno, jaký vliv na chování společnosti má konkrétní charakter rizika, tak jak je definován v tabulce 4.6.

Přístup lidského kapitálu

Výhody Hodnoty získané touto metodou jsou z ekonomického pohledu zcela nezbytné jako kalkulace potencionálních ztrát. Vyjadřují produkční potenciál jedince jako protíváhu k nákladům na jeho ochranu.

Nevýhody Metoda je morálně diskutabilní, kvůli vnímání člověka jako stroje na práci, jehož cena je stanovena trhem práce. (s veškerými nedokonalostmi trhu práce, které výslednou cenu deformují). Užití výstupů této metody jako jediné rozhodující hodnoty již není běžné. Tvoří pouze jednu dimenzi hodnocení. Vstupní parametry pro tuto metodu jsou omezeny na sekundární data z oficiálních statistických výkazů. Metoda podchycuje pouze produktivní členy společnosti, resp. oficiálními statistickými výkazy.

Přístup WTP/WTA

Výhody obecně Metoda respektuje individuální preference, má robustní teoretický základ v ekonomii blahobytu, respektuje principy demokratické společnosti. Zahrnuje míru objektivního nebo subjektivního rizika pro konkrétní scénář.

Nevýhody obecně Metody jsou odvozené na základě empiricky podložených mechanismech trhu. (“šité na míru” tradičním tržním ekonomikám s minimálním “zkreslujícím” vlivem sociálního systému. Vychází tak z předpokladů znalosti hodnoty zdraví a nákladů spojených s péčí o zdraví. Reálném prostředí je zde silné zkreslení způsobené např. systémem veřejného zdravotnictví.

Hedonic Wage Metoda je založená na sledování vztahu objektivní míry rizika na pracovišti a výši platu na reálném trhu práce. Za pomoci “kompenzačního diferenciálu”, tzn. rizikového příplatku pak odvozuje jak jednotlivec zvýšené riziko oceňuje a na základě sumace pozorovaných výší rizikového příplatku odvozuje hodnotu odvráceného zdravotního poškození (VSL) pro konkrétní objektivní riziko.

Výhody Mezi výhody patří možnost odvodit VSL ze sekundárních dat porovnáním objektivního rizika spojeného s určitým rizikovým druhem povolání a srovnáním výše požadované mzdy v tomto konkrétním odvětví činnosti.

Nevýhody Nedokonalosti na trhu práce a tím i “šum” v monetárním vyjádření projevených preferencí ve výši mzdy a ve volbě povolání. V rámci ČR byl pozorován i významný rozdíl ve vnímání objektivního a subjektivního rizika v rámci populace a včetně netržních voleb povolání jako je např. přirozená inklinace k rizikovým povoláním bez nároku na rizikový příplatek. Při aplikaci v reálných podmínkách naráží na nízkou informovanost o objektivní míře rizika a dále na individuální percepci rizika. V rámci ČR je navíc obecně omezená dostupnost reliabilních a přetrvávajících zkreslení ve výši mezd z minulých let.. Další zkreslení jsou způsobena vlivem mimotržních sil (diskriminace, protekce ze známosti). Výsledky získané pomocí této metody nelze využít pro obecnou populaci, pouze pro profesionální expozici konkrétním rizikům, protože ta jsou zde plně kontraktována pomocí zvýšené mzdy nebo-li rizikového příplatku.

Metoda podmíněného hodnocení CVM Metoda je postavena na vyhodnocení chování respondenta na hypotetickém trhu. Konkrétně jsou sledovány směny přijetí výše kompenzace/platby na základě změny rizika úmrtí nebo zdravotního poškození.

Výhody Respektuje individuálně vnímané riziko a tím lze sledovat vnímání a postoje většinové společnosti vůči konkrétnímu zdravotnímu poškození v konkrétním scénáři. Nepřímo oceňuje nepohodlí a utrpení a tím i určité charakteristiky rizika.

Nevýhody Mezi významné nevýhody patří vysoké nároky na sestavení hypotetického scénáře a sestavení srozumitelného dotazníku. Je zde vysoká pravděpodobnost vlivu zkreslení způsobená nedokonalými informacemi nebo potřebou velmi specifických znalostí pro komplexní pochopení problematiky. Zkreslení jsou podrobně klasifikována a popsána v literatuře. U respondentů bývá překážkou nedostatečná informovanost o problematice a omezená schopnost rozlišovat změny velmi nízkých pravděpodobností rizika v rámci nabízených alternativních scénářů. Doposud bylo publikováno minimum studií sledující míru vliv základních dimenzí rizika na ochotu platit.

Využití přístupu WTP/WTB v ČR V České republice není zakotveno vnímání hodnot veřejných služeb zdravotní péče a celé řady dalších přímých i nepřímých

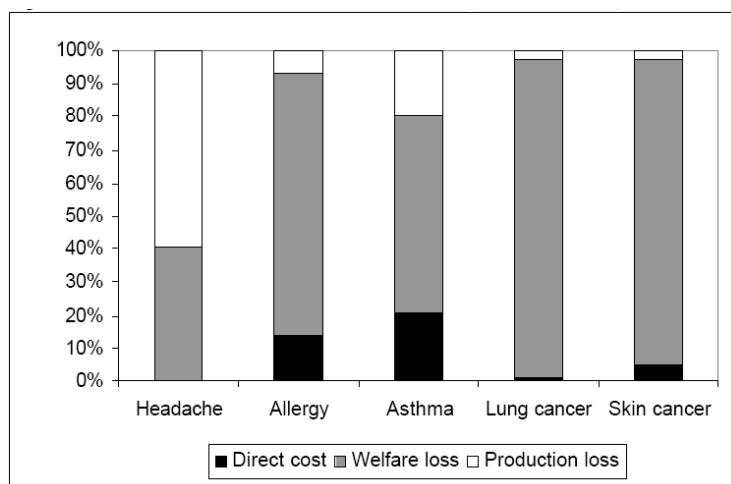
Tabulka 4.7: Srovnání přístupů COI a WTP pro případ znečištění z ovzduší dle (Seethaler et al., 1999) health metrics

Zdravotní stav	VTP (1996 EUR)	COI (1996 EUR)	Poměr WTP/COI
Hospitalizace s respiračními onemocněními	7870 na přijetí	7910 na přijetí	1
Hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	7870 na přijetí	9700 na přijetí	0.8
Chronická bronchitida (dospělí > 25 let)	209 000 jeden případ	3300 jeden případ	63
Zánět průdušek (dětí < 15 let)	131 na jeden případ	33 za případ	4
Astmatici: astmatické záchvaty (osoba den)	31 na jeden záchvat	0.55 na den	56

nákladů vyplývajících z poškozeného zdraví, tak jako je tomu v případě tradičních tržní chování. A i v těchto zemích metody neustále procházejí vývojem a jsou součástí porovnání s dalšími možnými přístupy (viz Tabulka 4.7). Proto hrozí zkreslení hodnot kvůli specifickému nastavení trhu (vnímání hodnoty zdravotní péče, vnímání tržní hodnoty zdraví). Možnosti uplatnění přístupu WTP rámci České republiky je teprve od roku 2004 zkoumáno v rámci Centra pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy. Doposud byly řešeny v rámci Rámcových programů FP 6 a 7 ochota platit (WTP) za vyhnutí se astmatu, kašlu, chronické bronchitidě, chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) a rakovině to metodou podmíněného hodnocení, kde byla dotazována především populace v produktivním věku od 30let. Dále jsou aktuálně řešeny metodické postupy pro oceňování dopadů chemických látek na zdraví (Health Impact Assessment, HIA) pro ECHA (European Chemicals Agency) pro potřeby ekonomických analýz v rámci REACH přístupem WTP. V rámci konkrétních národních výzkumů byl přístup WTP použit v souvislosti s projektem VÚBP (Výzkumný ústav bezpečnosti práce) “Vliv změn světa práce na kvalitu života”. Konkrétně byly provedeny výzkumy možnosti uplatnění metody hedonické mzdy a byly identifikovány netržní motivy volby povolování a dále nevyváženost v subjektivním vnímání objektivního rizika (subjektivní podceňování objektivního rizika. V rámci projektu VERHi byla zkoumána ochota platit za vyhnutí se rizikům zdravotního poškození dětí.

4.1.4 Hranice možností ekonomických přístupů a metod

Nelze požadovat po ekonomii a jejích metodách podchycení veškerých důležitých podkladových informací o monetárních hodnotách všech spotřebovávaných statků a služeb. Ekonomie má své hranice a v některých ohledech dochází ve snaze podchytit daný společenský jev ekonomickými nástroji k pokřivení vnímání skutečné hodnoty při nevhodně interpretovaných závěrech. Z důvodů tvorby hypotetických alternativních scénářů, které bývají často zaměňovány za plánované varianty plně podložené reálnými transakcemi. Toto je pouze omezení způsobené komunikací a in-



Obrázek 4.6: Podíly tří nesčitatelných složek nákladů na různá zdravotní poškození. Zdroj: (Serup-Hansen et al., 2004)

interpretací výsledků. Zde jsou dále uvedeny některé problémy ve kterých je ekonomie a její nástroje omezená už ze své podstaty a na základě vlivů vnějšího prostředí:

- Neekonomické motivy volby a prvek informační asymetrie, případně morálního hazardu.
- Důvěru a předsudky k technologiím.
- Důvěru a předsudky k institucím a institucionálním nastavení.
- Rozdíly ve vnímání ekonomického přínosu různých sociálních skupin a různých věkových kategorií, různých zemí, různých kultur.
- Objektivní ekonomické hodnocení utrpení a psychické újmy.
- Několikanásobné rozdíly mezi teoreticky zastupitelnými přístupy WTP a WTA z důvodu nepodchyceného oceňování základních dimenzí subjektivního vnímání rizika. Volba vhodných metod a interpretace výsledků a rozdílů těmito metodami vypočtenými je stále předmětem činnosti vědce-analytika.

Závěrem kapitoly pro názornou ukázkou obtíží, spojených s interpretací výstupů pořízených různými přístupy je na obrázku 4.6 prezentován schematický graf z dánské studie (Serup-Hansen et al., 2004), zobrazující podíl přímých nákladů, ztráty produkce a ztráty blahobytu pro nejčastější zdravotní poškození spojená s inhalační expozicí zdraví škodlivých látek. Největší podíl u všech poškození připadá na ztrátu blahobytu, který je stanovován netržními ekonomickými oceňovacími technikami. Autoři studie uvádějí, že samotný odhad nejrozsáhlejší složky – nákladů na ztrátu blahobytu - je zatížený největší mírou nejistot a proto není vhodné vnímat celkovou hodnotu všech tří složek jako součet všech tří složek na základě společné jednotky. Výsledné odhady nelze vnímat jako pevně stanovené hodnoty, ale jako pravděpodobnostní rozložení nákladů s rozdílnou mírou nejistot.

4.2 Expertní metody a jejich role v integrovaném hodnocení

Zdravotnictví je oblast, ve které je otázka efektivity vynaložených prostředků s ohledem na dosažený prospěch pro zdraví lidí základní, i když v současné praxi v rámci ČR často zakrývaným prvkem rozhodování. Ekonomická stránka je také často spojena s jinými rozhodovacími procesy a s etickou a sociální stránkou problému.

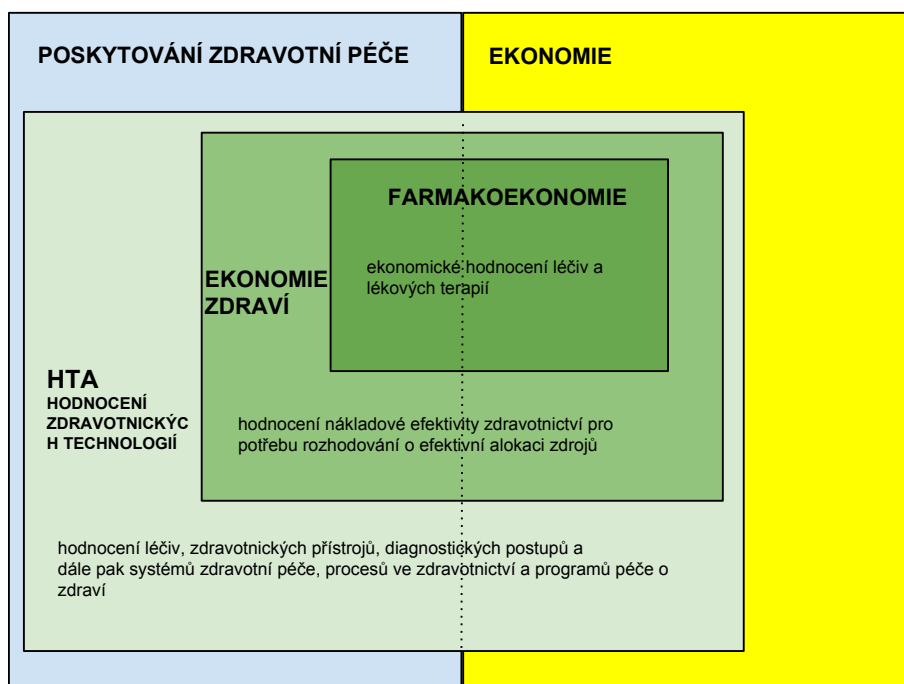
Ve vyspělých ekonomikách je více jak 30 let ve zdravotnictví systematicky řešena problematika optimalizace volby léčebné terapie vzhledem k jejímu efektu na změnu kvality života a zároveň vzhledem k její ekonomické náročnosti. Optimální alokace zdrojů je v případě zdravotnictví závažným problémem, kde je nutnost zavést takové ukazatele, které v ideálním případě zaručí efektivitu vynaložených zdrojů jak pro mediky, tak pro management zdravotnických zařízení, případně politiky při schvalování nejrůznějších programů na zamezení zdravotních rizik, nebo pro samotné výzkumníky z oblasti ekonomie zdraví. Vzhledem k rostoucím disproporcím mezi možnostmi lékařské vědy a ekonomickými možnostmi společnosti budou následující metody a přístupy stále více nabývat na významu.

V definici zdraví WHO je jasně stanoveno, že “zdraví není pouze absence nemoci a slabosti, ale stav celkové fyzické, mentální a sociální pohody”. Toto široké pojetí zdraví tak postihuje veškeré základní atributy a požadavky na kvalitní život, které stojí za většinou ukazatelů měření zdraví. Mezi nejčastěji používané ukazatele řadíme *rok kvalitního lidského života* (Quality Adjusted Life Years, QALY), resp. *rok života s různou mírou postižení* (Disability Adjusted Life Years, DALY), Health Year Equivalent (HYE), který vyjadřuje hodnotu zdravého roku života a *ochota platit* (willingness-to-pay, WTP) nebo *ochota přijmout kompenzaci* (willingness-to-accept, WTA) za snížení rizika poškození zdraví nebo za prodloužení života.

Odvození hodnot a užitek vyplývající ze změny zdravotního stavu. Z výše uvedených metod je patrná návaznost na problematiku ekonomického hodnocení, která již byla diskutována v předchozích částech. Prolínání ekonomických postupů do medicínských oborů je schématicky znázorněno na obr. 4.7

Pro přiřazení vah v konceptu QALY a DALY a odhadu hodnot v přístupech HYE a WTP existují různé metody. Termíny užitek, hodnota a preference mají různý význam a neměly by být zaměňovány. Preference představují nejobecnější srovnávání, bez jakékoliv stupnice ve smyslu ordinální veličiny

Hodnoty jsou preference vztažené ke kardinální stupnici a užitek je odvozen z hodnot vztažených k určitému riziku. V podmínkách ČR je pojem QALY/DALY nejčastěji zmiňován v souvislosti s farmakoekonomickými studiemi. Farmakoekonomie jako disciplína řeší v současnosti nejnákladnější část zdravotní léčby, a to optimální volbu farmakoterapie na základě její léčebné a ekonomické efektivity. Stručný přehledný popis užívaných metod a přístupů dle (Hammit, 2002), který je zaměřen zejména na individuální hodnocení efektů nebo užitek z konkrétní změny terapie.



Obrázek 4.7: Schématické znázornění prolínání disciplín vstupujících do úlohy ekonomického hodnocení zdravotních poškození. Zdroj: (Whittington, 2008, přeloženo a doplněno autorkou)

4.2.1 Metody stanovení individuálního užitku z léčby

Klasifikační stupnice/vizuální analogická stupnice (Visual Analogue Scale, VAS) Nejzákladnější a nejjednodušší postup, kterak odvodit váhu určitého opatření na celkovou kvalitu života. Klasifikační stupnice je přímka s jasně nadefinovanými koncovými body, kde na jedné straně je nejvíce preferovaný zdravotní stav a na druhé straně nejméně preferovaný stav. Zbylé možnosti jsou rozmístěny na ose tak, aby délka intervalu korespondovala s preferencemi dotazovaného. Metoda je nejjednodušší na administraci, ale dodává pouze výsledky ordinálního charakteru.

Odhad závažnosti (Magnitude Estimation, ME) Subjekty porovnávají vždy dvojice zdravotních stavů a rozhodují, který je pro ně přijatelnější. Zároveň udávají kolikrát je pro ně jeden ze stavů horší/lepší. Série otázek pak tvoří podklad pro sestavení individuální stupnice závažnosti pro jednotlivé stavy.

Standardní spekulace (Standard Gamble, SG) Subjektu jsou dány dvě alternativy. Alternativa 1 je léčba s dvěma možnými výstupy, kde s pravděpodobností p se pacient uzdraví a s pravděpodobností $(p - 1)$ okamžitě zemře. Alternativa 2 bude odpovídat životu ve zdravotním stavu i po dobu t let. Pravděpodobnost p bude měněna až do chvíle kdy bude subjekt indiferentní mezi těmito 2 alternativami. Tím se stane pravděpodobnost p indiferentním bodem pro zdravotní váhu užitku stav i . Tento postup odpovídá podmínkám von Neumanna a Morgensterna pro rozhodování za rizika. Protože lidé mají obecně problém s uvažováním ve velmi nízkých pravděpodobnostech, jsou vypracovávány alternativní přístupy.

Časová směna (Time Tradeoff, TTO) Subjektu jsou nabídnuty dvě alternativy. Alternativa jedna je zdravotní stav i po dobu t , který končí smrtí a normální zdraví o délce x let. Hodnota x je pozměňována dokud není subjekt indiferentní mezi oběma variantami, čímž je stanovena váha preference zdravotního stavu i poměrem x/t . Metoda je vylepšenou variantou výše zmíněné metody Standardní spekulace. Byla hojně využívána díky odstranění slabé stránky SG metody - porovnávání velmi nízkých pravděpodobností. Na druhou stranu se musela potýkat s dalšími nedostatky, a to neochotu respondentů směňovat lehká zdravotní poškození za zkrácení délky života, tzn. že raději volily méně kvalitní delší život, než smrt.

Směna osob (Person Tradeoff, PTO) Subjektu jsou nabídnuty dvě alternativy, kde alternativa 1 vede k prodloužení normálního života x osobám a alternativa 2 k prodloužení života y osobám ve zdravotním stavu i . Y je měněno dokud je subjekt indiferentní mezi oběma alternativami a váha pro zdravotní stav i je pak dána poměrem x/y . Další obměnou této metody je směna mezi navrácením zdraví x osob se zdravotním stavem i a za y osob se zdravotním stavem j . Zatímco u metod VAS, SG a TTO byl řešen individuální zdravotní stav, metoda PTO již řeší alokaci zdrojů pro více osob.

Vícerozměrná analýza (Conjoint analysis, CA) Jde o párové srovnávání mutlidimenzionálních alternativ faktorovou regresní analýzou. Pokud respondent pouze volí tvrzení, pak hovoříme pouze o vícerozměrné volbě (Conjoint Choice). Tato metoda je vhodná v případě kdy do rozhodovacího procesu vstupuje mnoho různých vlastností a jejich významnost je shodná. Tento přístup se nejvíce blíží realitě, protože porovnává téměř shodné varianty. Na základě této metody byl také odvozen moderní koncept přístupu ochoty platit (WTP), čímž byly nahrazeny dříve užívané lineární aditivní modely modernějšími sofistikovanými přístupy. Musí být ještě zmíněno, že i přes to že hodnotitelé plně souhlasí s realističností jednotlivých scénářů, nemusí již být pro ně přijatelné výsledky na základě následně odvozené regrese. Zároveň je potřeba stanovit optimální počet vstupujících znaků do analýzy, aby byl respondent stále ještě schopný sledovat jejich vzájemné závislosti.

4.2.2 Metody sledování efektivity zdravotních procesů

Řada principů z oblasti individuálního hodnocení užitku z léčebných postupů je v principu přenositelná do sledování efektivity větších terapeutických celků, včetně rozsáhlých programů péče o zdraví. Pouze zde dochází k prolínání dalších prvků ekonomického hodnocení jako protiváha k získaným užitkům. Vybrané metody lze nalézt i v dalších oblastech hodnocení změn zdravotního stavu. Základní přehled nejčastěji užívaných metod je stručně shrnut v následující části textu.

Metoda minimalizace nákladů (Cost-minimisation analysis, CMA) Metoda je obvykle používána k identifikaci nejnižších cen různých strategií a porovnává náklady tam, kde u dvou anebo více intervencí je dokázaná anebo předpokládaná

ekvivalence jejich výsledků (důsledků). Příkladem tohoto typu analýzy může být zhodnocení dvou genericky ekvivalentních léků, pro jejichž výsledky platí, že jsou ekvivalentní, i když se akviziční náklady a náklady spojené s podáváním léků mohou značně lišit.

Studie ceny onemocnění a nákladů na onemocnění (Cost-of-illness, COI)

Tato metoda již byla diskutována v rámci ekonomických metod a představuje tak jednu z významných styčných ploch ekonomických a expertních přístupů. Samostatně uplatňovaná studie nákladů na onemocnění klade důraz spíše na ekonomické výsledky jednotlivých zdravotních stavů než na výsledky léčby, čímž mizela důležitá dimenze celkové efektivity procesu léčby. Nelze tedy studie tohoto typu využívat samostatně bez doplňujících ukazatelů kvality péče nebo programu prevence. Identifikují a hodnotí přímé a nepřímé náklady na jednotlivá onemocnění v definované populaci, přičemž se aplikovaná ekonomická metodologie pokouší definovat v makroekonomickém pohledu všechny přiměřené náklady.

Metoda porovnávání nákladů a užitků (Cost-benefit-analysis, CBA) Všechny náklady (vstupy) a užitky (důsledky) alternativ jsou měřené finančně (to znamená stanovit finanční hodnotu zdravotních výsledků). Protože jsou výsledky měřené vždy stejnou veličinou (např. Kč), umožňuje CBA porovnávat různé typy intervencí dávající značně odlišné výsledky. Hlavním záměrem analýzy přínosů vkladů je poskytnout návod na nejvhodnější alokaci zdrojů. Nedostatkem metody je nejednoznačnost ve finančním ocenění výsledků (zvláště problematické je stanovení finanční hodnoty statistického lidského života a výsledky, které se dají finančně vyjádřit jen velmi obtížně a mohou být touto metodou zcela ignorované). Snaha o podchycení prvotních nedostatků vede k dalším modifikacím CBA. Obecně je monetární vyjádření preferováno pro další komunikaci výsledku analýzy s dalším zúčastněnými subjekty.

Metoda analýzy nákladů a efektů (Cost-effectiveness analysis, CEA) Snaha o kompenzaci některých omezení metody CBA, kde při analýze ekonomické efektivity se vstupní náklady vyjadřují finančně, ale zdravotní výsledky (důsledky) v nepeněžních ("přirozených") jednotkách jako je počet zachráněných životů, ušetřené roky života, diagnostikované případy anebo prevencí odvrácené případy atd. Silnou stránkou dané metody je skutečnost, že žádnou finanční hodnotou není určený lidský život anebo zdravotní výsledky. Metoda je vhodná pro porovnání velmi podobných alternativ, které vedou k přibližně stejným výsledkům anebo dosahují stejného cíle podobným způsobem.

Požadavky na studie typu CEA:

- Existuje optimální alternativa (neznamená to tu, která je nejméně nákladná) a k dosažení cíle jsou možné nejméně dvě alternativy.
- Proces ekonomické efektivity nesmí být procesem redukce nákladů; jedná se o optimalizační proces.

Při aplikaci metody CEA se využívá několika principů, např. ekvivalence, operuje se s pojmem inkrementální (marginální) efektivity apod.

Metoda analýzy nákladů a užitků (Cost-utility analysis, CUA) Farmakoekonomie využívá celou řadu systémů hodnocení roku života. Mezi nejčastější koncepty řadíme QALY, DALY, HYE a již zmiňovaný přístup WTP (resp. WTA). Metoda vysvětluje účinnost integrací pacientových preferencí a satisfakcí a lze na ni pohlížet jako na rozšířenou koncepci metody CEA (resp. považovat ji za podskupinu metodologie CEA).

Užitečnost je založená na vnímané hodnotě výsledků v případě individuálního pacienta anebo společnosti bez ohledu na finanční faktory. Užitečnost anebo hodnotu života nadřazuje jeho délce a výsledky jsou měřené ve formě kvality anebo stavem preferencí konzumenta ve zdravotní pomoci. Nevýhodou metody je, že oblast analýzy užitku je relativně nová a její metodologie se stále vyvíjí a na rozdíl od CEA, která může zkoumat velké množství dílčích zdravotních výsledků (jako je počet zjištěných případů nebo počet odvrácených případů), může CUA měřit jen jeden celkový užitek.

Mezi nejčastější koncepty pro měření užitku je koncept QALY. Ten sleduje roky života standardizované vzhledem k jeho kvalitě, resp. získané roky života vyvažované koeficientem kvality života. Ke každému roku života se přiřadí koeficient kvality podle toho, zda-li se jedná o život plnohodnotný, bez jakéhokoliv omezení (koeficient 1.0), anebo o život více či méně hodnotný v důsledku omezení vyvolaných chorobou (koeficient ležící v intervalu mezi 0 až 1). Jestliže člověk může po určité operaci žít dalších 5 let bez omezení, tak jeho život má hodnotu 5 QALY, a pakliže by podstoupil jinou, radikálnější operaci, přežije 10 let, ale za cenu snížení kvality života odpovídající koeficientu 0.4, jeho život má hodnotu 4 QALY. Hodnotu kvalit je možné vypočítat pro každý léčebný postup, za určitých okolností lze stanovit i průměrnou hodnotu QALY (praktickému zavedení ukazatele QALY brání m.j. důvody etické povahy). Z hlediska jednotlivce je racionální usilovat o takovou léčbu, která mu přinese nejvíc bodových jednotek QALY.

Z hlediska racionálního rozdělení prostředků určených na zdravotnictví se však nabízí spíše volba takového léčebného postupu, který za určitou danou sumu peněz získá největší celkový počet QALY. Doplnkem QALY je Disability Adjusted Life Years (DALY). Individuální mapa QALY-DALY v průběhu života jedince je graficky vyjádřena na schématu v obr. 4.8. Formální vyjádření vztahu QALY, resp. QALY a DALY lze vzorcem dle Pleskina (Pleskin via Hofstetter and Hammitt 2002):

$$QUALY_m = U(Q_m, t) = [H(Q_m, t) t]^R, \quad (4.11)$$

kde U je funkce užitku konstantního chronického zdravotního poškození, Q_m během let života t , H odkazuje na funkci kvality označovanou též jako míra kvality, R je faktor averze k riziku, protože budoucí zdravotní výstupy jsou běžně diskontovány, zejména pokud jsou QALY používány pro CUA (analýzu nákladů a užitku).

V důsledku chronického působení škodlivin ze životního prostředí dochází ke globálnímu posunu hranice QALY/DALY a ke ztrátě očekávaných kvalitních let života, což je naznačeno na obr. 4.9.

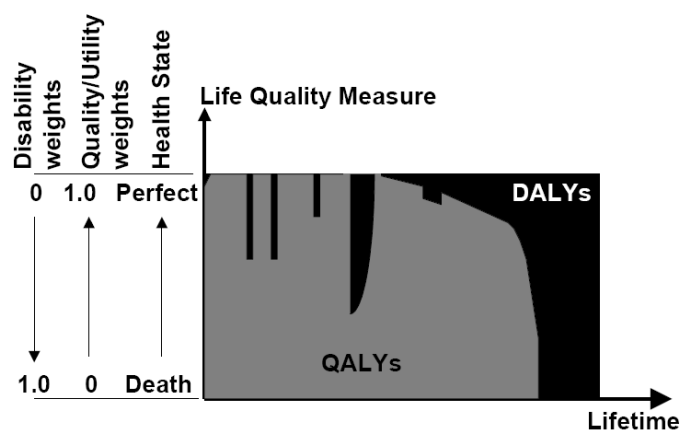
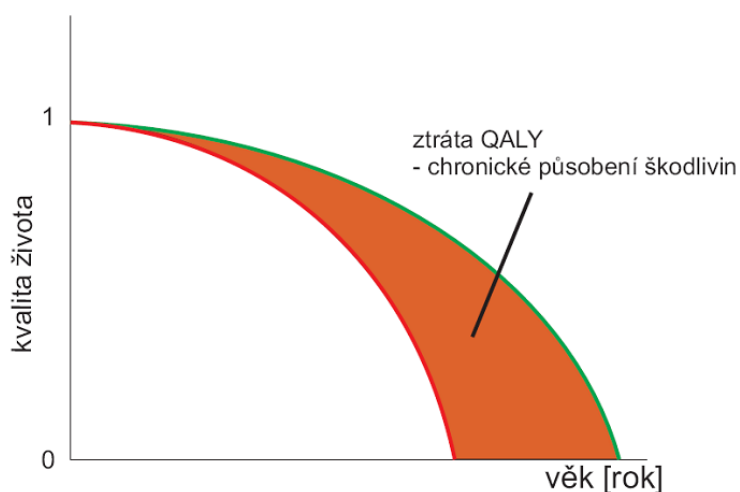


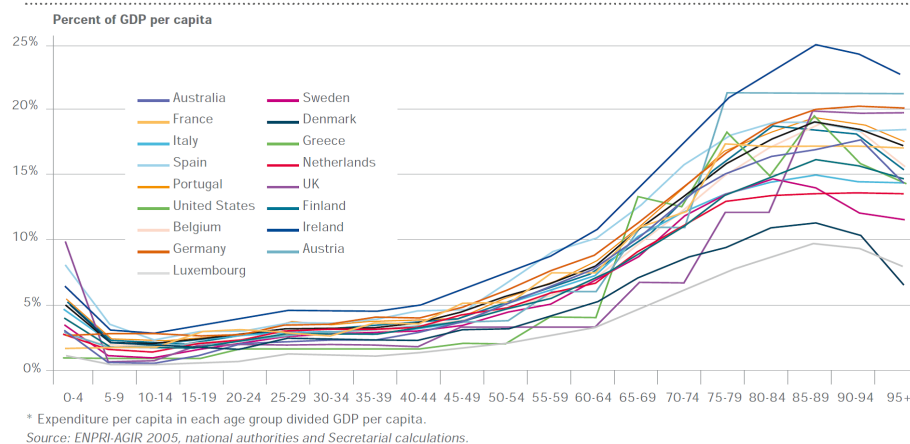
Fig.2: Graphical illustration of a health profile and its measurement by Quality Adjusted Life Years (QALY, gray area) and Disability Adjusted Life Years (DALYs, black area).

Obrázek 4.8: Grafické znázornění zdravotního profilu jednotlivce a jeho míry zastoupení QALY (šedá plocha) a DALY (černá plocha) v průběhu života. Zdroj: (Hammitt, 2002)

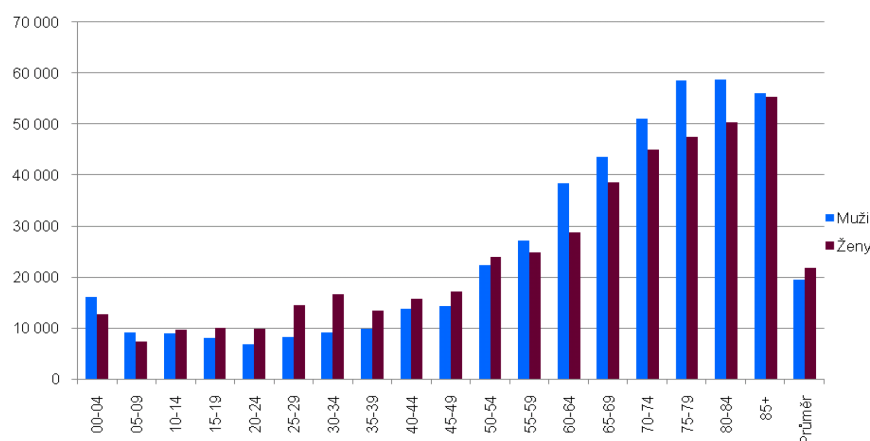


Obrázek 4.9: Schéma vlivu chronické působení škodlivin hodnotu kvality života (QUALY). Zdroj: ARTEC

Public Health Care Expenditure by Age Groups*



Obrázek 4.10: Veřejné výdaje na zdravotní péči dle věku pacienta. Zdroj: (Martins et al., 2006)



Obrázek 4.11: Průměrné výdaje na zdravotní péči podle věku a pohlaví v roce 2010 (v Kč). Zdroj: (Český statistický úřad, 2012)

4.2.3 Metody pro veřejné zdravotní pojištění

Náklady spojené s léčbou a jejich odhad je předmětem zájmu nejen státních institucí, ale i komerčních subjektů. Konkrétně matematické odhady výše zdravotního plnění jsou tradičními tématy v pojišťovnictví a zároveň v současnosti velmi dynamický obor s ohledem na demografický vývoj ve vyspělých zemích a fakt, že spotřeba významného objemu poptávané zdravotní péče je odsunuta na poslední léta života. Tento obecný jev lze názorně sledovat v mezinárodním srovnání na obr. 4.10 a pro ČR v roce 2010 na obr. 4.11. Trh se zdravotním připojištěním je stále v ČR neobsazen a schopnost predikovat náklady na zdravotní péči se tím dostává do zájmu nejen poskytovatelů a plátců státem garantované zdravotní péče v rámci povinného zdravotního pojištění, ale i do oblastí různých druhů komerčních připojištění.

Odhady v pojišťovnictví primárně vychází z principu ekvivalence mezi současnou hodnotou očekávaných pojistných nároků a současnou hodnotou očekávaného pojistného. Ve veřejném systému financování zdravotnictví tak odhady byly zaměřeny především na analýzu historických dat, která jsou zatížena chybou – z hlediska

státu jde o nereprezentativní výběr. Obecně jsou sestavovány pouze ad hoc studie k jednotlivým případům, kdy je vymáhána zpětně uhrazená zdravotní péče (tzv. regres). Rozsah takového plnění je součástí náplně revizního lékaře. Ten individuálně provede analýzu oprávněných a neoprávněných požadavků na úhradu zdravotních výkonů souvisejících s konkrétním případem.

Komerčně je pak dále podchyceno několik kategorií. Podle typu pojistných nároků se ve zdravotním pojištění rozlišuje především:

- pojištění pro případ nemoci (náklady spojené s léčbou často včetně profylaxe);
- pojištění pobytu v nemocnici (vyjma, nákladů spojených se stacionární léčbou, které jsou zahrnuty v předchozím případě);
- pojištění nemocenských dávek v případě pracovní neschopnosti - pojištění nadstandardní péče (jedno - či dvojlůžkový pokoj v nemocnici, použití dražších (dovozových) léků a materiálů aj.).

Zdravotní pojišťovny navíc obvykle používají podrobnějšího dělení, např.

- náklady účtované lékařem při domácím ošetření;
- náklady účtované lékařem při ambulantním ošetření; náklady na léky a obvazový materiál;
- náklady na operativní zákroky.

Odhad očekávaných pojistných nároků je ve zdravotním pojištění poměrně obtížný. Kromě objektivních důvodů zde hrají určitou roli subjektivní faktory, včetně ekonomicky zaměřeného strategického chování poskytovatelů. Např. při zvýšení sazeb za určité výkony dochází k nárůstu počtu těchto výkonů, které lékaři a nemocnice účtují. To má dopad na zvýšení odpovídajících nákladů, apod.

Uvedený příklad naznačuje, že náklady jsou v čase značně proměnlivé. Ukážeme jeden z možných přístupů stanovení nákladů.

Pro každou složku zdravotního pojištění (např. ambulantní ošetření) se sledují průměrné roční náklady na osobu podle věku a pohlaví. Zvolíme-li pevně složku zdravotního pojištění a pohlaví, můžeme označit průměrné roční náklady na osobu ve věku x veličinou K_x . Označíme základní náklady na osobu $G = K_{x_0}$, kde x_0 je určitý zvolený věk (v praxi se často volí $x_0 = 28$ nebo $x_0 = 43$). Profilem rozumíme normované náklady na osobu k_x . Tyto náklady jsou definovány vztahem:

$$k_x = K_x/G. \quad (4.12)$$

Přechodem k profilu se potlačí mimo jiné závislost nákladů zdravotního pojištění na používaných sazbách pojistného zmíněná v předchozím textu a při relativně

neměnném profilu k_x v čase stačí pro popis nákladů na osobu K_x pro danou složku zdravotního pojištění jediné číslo G . Platí:

$$K_x = k_x G. \quad (4.13)$$

Zavedeme dekrementní řád pojištěných

$$l_{x+1} = l_x (1 - q_x - w_x), \quad (4.14)$$

kde l_x je počet pojištěných (pojištěnců) ve věku x , q_x je pravděpodobnost úmrtí ve věku x , w_x je pravděpodobnost výstupu ze zdravotního pojištění ve věku x , která se často odhaduje pomocí matematických křivek.

Současná hodnota očekávaných pojistných nároků v uvažované složce zdravotního pojištění pro osobu pojištěnou ve věku x je dána výrazem:

$$\begin{aligned} A_x &= \frac{K_x l_x + K_{x+1} l_{x+1} v + \dots}{l_x} = \\ &= G \frac{k_x l_x v^x + k_{x+1} l_{x+1} v^{x+1} + \dots}{l_x v^x} = \\ &= G \frac{k_x l_x v^x + k_{x+1} l_{x+1} v^{x+1} + \dots}{l_x v^x} = \\ &= G \frac{O_x + O_{x+1} + \dots}{D_x} = G \frac{U_x}{D_x}, \end{aligned}$$

kde $D_x = l_x v^x$, $O_x = k_x D_x$ a $U_x = O_x + O_{x+1} + \dots$ jsou komutační čísla konstruovaná z dekrementního řádu pojištěných.

Roční netto pojistné uvažované složce zdravotního pojištění pro osobu pojištěnou ve věku x :

$$Z = \frac{A_x}{a_x}, \quad (4.15)$$

kde a_x je současná hodnota jednotkového doživotního důchodu konstruovaná z dekrementního řádu pojištěných.

$$a_x = \frac{N_x}{D_x} = \frac{D_x + D_{x+1} + \dots}{D_x}. \quad (4.16)$$

Metody pro sledování efektivnosti ve veřejném zdravotním pojištění vychází z rozsáhlého zázemí pojistné matematiky a statistiky. Povinné veřejné zdravotní pojištění tak představuje speciální případ, do kterého vstupují naprosto odlišné principy sledování efektivnosti, kvůli zachování principu ekvity a solidarity. Současný demografický vývoj a zvýšená poptávka po nadstandardní zdravotní péči, tak představuje výzvu i komerčním formám zdravotního připojištění. Jež se začínají objevovat i v rámci ČR v nabídce samotné VZP. Přizpůsobení oboru pojistné matematiky v modelování rizik pro celou populaci a odhadu pojistného plnění pro rizikové skupiny se tak stává stejně aktuální téma, jako hodnocení ekonomických

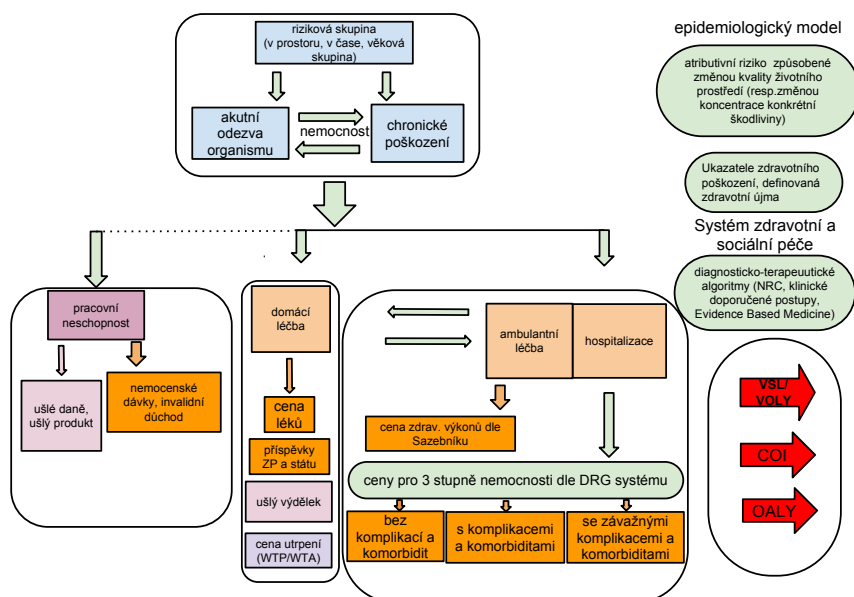
dopadů nových léčebných postupů. Ačkoliv je přístup pojišťovnický orientován na celou populaci a přístup medicínský na konkrétní terapeutické postupy, tak se navzájem přímo ovlivňují a souběžně vytváří jednotný systém v rámci vztahu poskytovatel-plátce zdravotní péče. Bližší rozbor tohoto systému bude pro případ České republiky popsán v rámci následující kapitoly.

5. Návrh obecné metodiky ekonomického oceňování pro Českou republiku

V následující kapitole bude představeno schéma řešení úlohy týkající se ekonomické roviny hodnocení zdravotních rizik s přihlédnutím ke specifickým podmínkám České republiky. Z pohledu věcného hodnocení stávajících zdrojů dat budou vymezení klíčoví aktéři jež jsou zároveň i koncovými uživateli výstupů navrhované metodiky. Budou doporučeny metody oceňování zdravotních rizik, které zohledňují současné trendy v oblasti Ekonomie zdraví a zdravotnictví a současnou úroveň zázemí pro analýzy z tohoto oboru. Navrhované metody vychází ze současných možností a trendů v oblasti vykazování dat souvisejících s ekonomickými aspekty péče o zdraví a jejich potencionální dostupnosti pro hlavní aktéry. V případě, že neexistuje vhodný způsob, jak získat primární data pro výpočet vybraných vstupů, jsou stručně představeny alternativní postupy pro práci se zahraničními zdroji. Výstupy hodnotících a oceňujících algoritmů jsou plně v souladu se současnými trendy v hodnocení zdravotních následků a sledování ekonomické roviny vlivu životního prostředí na populaci v rámci péče o zdraví u jednotlivých zemí. Dále jsou zahrnuty nejnovější doporučení metodických materiálů WHO pro evropské země.

5.1 Souhrnný popis specifik ekonomického hodnocení zdravotních následků v České republice

V této části jsou vymezeny základní požadavky na minimalistickou verzi stanovení dolní hranice hodnoty ekonomických dopadů zdravotních následků v současných podmínkách České republiky. Takto definované požadavky jsou zatížené nejmenší mírou nejistot. Pro hodnoty z oblasti netržních přístupů oceňování zdravotní újmy jsou nejistoty tak rozdílné, že nelze takto získané výsledné hodnoty sčítat, ale je vhodné jim vymezit samostatnou dimenzi hodnocení bez ohledu na to, že jsou všechny vyjádřeny v peněžních jednotkách. tato minimalistická varianta mapuje zejména kategorii přímých nákladů v systému zdravotnictví se zaměřením na veřejnou sféru. Tam kde dochází k prolínání se soukromou sférou a tam kde přímé náklady jsou již vymezené legislativou již algoritmizace hodnocení není blíže rozvedena v rámci této disertační práce, nicméně jsou tyto kategorie podchycené do obecného schématu pro řešení úlohy. Seznam aktérů není vyčerpávající a je zaměřen na vymezení základních toků aktérů tzv. první linie pro modelování následků ve



Obrázek 5.1: Obecné schéma struktury základních epidemiologických a ekonomických údajů pro řešení úlohy.

vztahu soukromé zdroje postižené domácnosti - veřejné zdroje v systému zdravotní a sociální péče. Sledování aktérů druhé linie (zaměstnavatelé, jednotlivé zdravotní pojišťovna zdravotně-pojistný trh, farmaceutický průmysl apod.) již není předmětem této metodiky a představuje zajímavé navazující téma z oblasti sledování významných vlivů na vstupní údaje do procesu modelování.

Na schématu na obr. 5.1 jsou schematicky podchyceny základní tématické celky řešení úlohy ekonomického oceňování zdravotních následků. Zelenými šipkami jsou znázorněny informace o četnosti postižené populace, neboli o následky, které mají ekonomický dopad ve smyslu omezení četnosti pracovní síly. Oranžovými šipkami je znázorněno generování základních finančních toků v systému jako celku, ale pouze ve směru k třem klíčovým koncovým aktérům, z pohledu řešené úlohy. Začlenění dalšího důležitého, ale nepřímého aktéra - zprostředkovatele a regulátora finančních úhrad v rámci veřejného zdravotního pojištění (zdravotní pojišťovny) je již nad rámec úlohy, protože patří mezi aktéry druhé linie, kteří Pro stanovení přímých finančních toků vstupuje pouze formou systému úhrad veřejné zdravotní péče DRG jako vhodného klasifikačního nástroje pro propojování klinické a ekonomické části úlohy. Sledování dopadů na systém jako celek a na toky mezi jednotlivými aktéry je již nad rámec úlohy.

V horní části je ucelený box s epidemiologickými vstupy a uvnitř naznačenými vztahy mezi ohroženou skupinou obyvatel. Část populace, která reaguje akutními zdravotními projevy vstupuje ze zdravé populace a část ze skupiny chronicky nemocných vlivem expozice. Akutní projevy se mohou rozvinout v chronické zdravotní poškození a dochází tak ve změně v ukazatelích nemoci. Epidemiologové v tomto ohledu používají celou řadu obecných ukazatelů v závislosti na zkoumaném faktoru a na možnost kvantifikovat zdravotní újmy způsobené expozicí. Ukazatele nominálního, absolutního, relativního nebo atributivního rizika detrimentu jsou po-

jmy, které vstupují dále do hodnocení v dolních třech boxech.

Zde jsou znázorněny hlavní směry generování finančních a ekonomických hodnot související s expozicí škodlivému faktoru, případně změnou v expozici populace škodlivému faktoru pro úlohu hodnocení ekonomických dopadů plánovaného konkrétního projektu. Přerušovanou linkou je naznačen nepřímý dopad způsobený změnou v ukazateli pracovní neschopnosti přisuzované vlivu sledované škodliviny. Tyto toky jsou rozděleny do třech boxů podle zájmových skupin. První zleva je box, který je klíčový pro stát s ukazatelem pracovní neschopnosti a následnými ekonomickými ztrátami způsobenými nemocnostmi. V barvě růžové jsou naznačeny ekonomické ztráty formou ušlých hodnot a sytě oranžové jsou zvýrazněny reálné finanční toky z rozpočtu.

Druhý úzký box v sobě sdružuje ekonomické a finanční hodnoty, které lze sledovat pro jednotlivé domácnosti. Fialové naznačená netržní hodnota ceny utrpení stanovená přístupy ochotou platit za vyhnutí se onemocnění nebo ochotou přijmout kompenzaci za utrpenou zdravotní újmu je právě v současnosti dominantním ukazatelem pro mezinárodní srovnávání zdravotně a environmentálně orientovaným projektům. Finanční příspěvek zdravotní pojišťovny nebo státu jsou v tomto případě odečítány od celkové hodnoty pro domácnost, ale pro systém jako celek stále zůstávají nákladem. Do domácí léčby se jednotlivec dostane po hospitalizaci, případně zde zahajuje léčbu.

V třetím boxu jsou nahoře znázorněny jednotlivé druhy péče, které jsou hrazeny poskytovateli zdravotní péče z veřejného zdravotního pojištění. Vzhledem k netriviálnímu systému financování zdravotní péče v ČR byl pro vyjádření finančních toků vybrán zástupný klasifikační systém DRG, který v sobě spojuje úhradové mechanismy a mezinárodní klasifikaci nemocí MKN-10. V systému DRG jsou navíc již zahrnuty i 3 úrovně závažnosti diagnóz, čímž lze pozorovat přímé napojení klinické obtížnosti a ekonomické efektivity. Pro případ ambulantní péče slouží číselník zdravotních výkonů s bodovými hodnotami a další způsoby úhrad pro aktuální rok dle přílohy 3 úhradové vyhlášky. Do schématu finančních toků nejsou zahrnuty paušální platby a regulační poplatky, které je nutné pokaždé zohlednit v návaznosti na typ zdravotního poškození a frekvenci využívání systému. Samostatným tématem je spotřeba léků a stanovení výše příspěvků státu u vybraných léčiv. Tato oblast je systematicky podchycována Státním ústavem pro kontrolu léčiv a farmakoterapeutické postupy jsou efektivně řešeny v rámci nedávného rozsáhlého nástupu farmakoekonomických studií do ČR.

Při shrnutí finančních a ekonomických toků jednotlivých aktérů již dostáváme již první základní představu o přímých, nepřímých a netržních nákladech nemocnosti, tak jak bývají prezentovány v některých typech studií nákladů nemocnosti (Cost-of-illness, COI).

V pravé části jsou vyznačeny oválné boxy, které v sobě shrnují pojmy související se změnami veličin četnosti postižené populace putující schématem. Systematicky jsou evidovány v rámci epidemiologických studií v systému ochrany a prevence zdraví obyvatelstva. Do systému zdravotní a sociální péče vstupují již formou konkrétních zdravotních poškození. Při posunu níže do úrovně boxů jednotlivých

aktérů jsou již informace k dohledání obtížněji vychází často z ad hoc studií. V rámci systému zdravotní a sociální péče lze pak sledovat prostup pacientů dle stanovených pravděpodobností na základě analýz klinických studií a modelovat toky dle parametrů klinicko-terapeutických algoritmů nebo klinických doporučených postupů.

Box s šipkami VSL, COI a QALY pouze naznačují, že se jedná o vybrané základní informace, které dále vstupují do odhadu hodnoty statistického života (roku statistického života), výše zmiňovaném výpočtu nákladů nemoci a dále do oceňování kvalitního roku života. Je nutné upozornit, že neexistuje konsensus ve stanovení jednotného přístupu pro výpočet těchto ukazatelů a tak v sobě pokaždé zahrnují různé druhy informací. Existují pouze doporučení pro jednotlivé úlohy v závislosti na účelu studie a na určeném aktérovi. Přejímání ukazatelů je v současnosti běžná praxe a na základě rozsáhlých meta-analýz jsou doporučovány hodnoty, které pro obecné úlohy na mezinárodní úrovni plně postačují, nicméně pro rozhodování na národní úrovni je již nutné ověřit jejich vypovídací hodnotu pro konkrétní požadovaný účel.

Základním minimalistickým předpokladem pro stanovení dolní meze ekonomické roviny hodnocení zdravotních rizik ze znečištěného prostředí je proto stanovení distribuce konkrétní zdravotní újmy v populaci v závislosti na konkrétní změně úrovně expozice a s tím přímých finančních a ekonomických toků. Tento jev je ve schématu znázorněno zelenými a oranžovými šipkami a požadované druhy informací jsou zvýrazněny oranžovými a růžovými barvami. Při sledování distribuce této konkrétní újmy lze z dat poskytovatelů zdravotní péče identifikovat i typickou ekonomickou náročnost pro citlivé skupiny a tím zkorigovat výpočet o nejistoty spojené s nerovnoměrným rozptřením rizika.

5.1.1 Hodnocení zdravotních rizik a preventivní péče

Hodnocení zdravotních rizik má silnou oporu v infrastruktuře centrálně nastavené v rámci historicky silné pozice veřejného zdravotnictví. V současnosti sdružuje celé řady odborníků, jejichž výsledky a výstupy ve vybraných oblastech jsou na světové úrovni. Praktická organizace ochrany veřejného zdraví je také na vysoké úrovni, nicméně současný trend představuje silný útlum této oblasti veřejného zdravotnictví v poskytování základních zdrojů a to jak finančních na základní organizaci systému tak i lidských formou uceleného vzdělávání nových odborníků. Dále zde dochází ke tříštění odpovědnosti za implementaci nových témat do systému, kterými je právě i ekonomické hodnocení různých intervencí s ohledem na následný dopad na zdraví obyvatelstva. Tento český přístup je zcela protichůdný od světových trendů ve vyspělých ekonomikách a vzhledem k současným neustále se zvyšujícím nárokům na financování akutní péče je vnímán odbornou veřejností jako nepochopitelně neefektivní. Základní podmínka pro věcnou diskuzi je vytvoření systematického a věcného ekonomického hodnocení těchto rozdílných přístupů. Tato snaha ovšem často naráží různou formou na politické překážky, přestože jakékoliv reformy vyvolávají jak mezi samotnými aktéry, tak ve společnosti jako celku obavy o zachování alespoň dosavadní funkčnosti, byť neefektivního a trvale neudržitelného systému. podklady z oblasti hodnocení rizik.

Akutní zdravotní péče v kontextu transformace zdravotnictví

Financování akutní péče je právě příkladem politiky, ale i společensky citlivého tématu. Změny ve financování zdravotnictví v kontextu transformující se ekonomiky celé České republiky znamenaly pro celý ekonomický systém zdravotní péče významné změny. Významní aktéři zdravotní politiky jednají a rozhodují na základě minimálních zkušeností principů ekonomicky efektivního řízení takto strategického sektoru s minimální možností podpory odborníku ekonomie zdraví a zdravotnictví. Snaha o ustanovení odborného uskupení systematicky a věcně zkoumající potřeby českého zdravotnictví nikdy nebyla dlouhodobě podporována ani organizačně začleněna do státních struktur. Při rozsahu problematiky, která má být pokryta tak chybí základní trvalá infrastruktura, schopná koncepčně plnit požadavky a nároky transformujícího se zdravotnictví, které navíc musí čelit nepříznivému demografickému trendu stárnutí populace a významnému trendu neustále se zvyšující disproporci mezi technickými možnostmi léčby a její finanční udržitelnosti z hlediska systému jako celku. Do toho je zde silný tlak komerčních subjektů ze zahraničí, které nabízejí suplování vybraných ziskových prvků systému, čímž dochází k dalšímu omezení možnosti stabilizovat financování již z principu obtížně financovatelného systému.

Díličí témata spojená s přípravou věcných analýz systému byla částečně řešena např. v rámci krátkodobého působení Institutu zdravotní politiky a ekonomiky (2000-2006) nebo projektu Kulatý stůl (2007-2009).

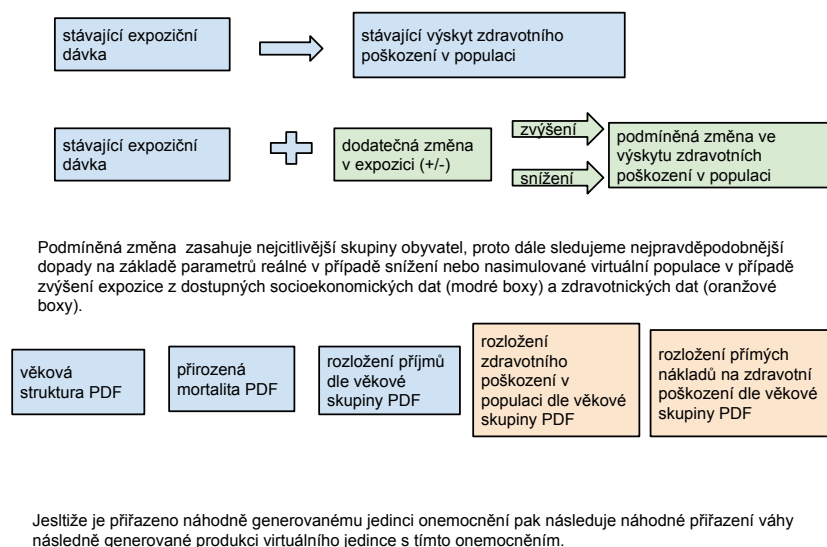
Sledování přímých nákladů zdravotní péče

Z pohledu poskytovatele a plátce zdravotní péče v ČR nelze vzhledem ke zpoždění v projevech dopadů většiny zdravotních poškození způsobených chronickým působením škodlivin (např. znečištěným ovzduším) a vzhledem k celkové dynamice ekonomických aspektů celého sektoru zdravotnictví doporučit pouhé sledování přímých finančních nákladů. Pro hodnotitele i koncového uživatele bude při současné úrovni informačních technologií vhodnější v prvním kroku sledovat generování produkce zdravotního systému v souvislosti se zdravotním poškození vyplývající ze znečištěného prostředí a až následně tuto produkci oceňovat s přihlédnutím k aktuálním úhradovým mechanismům uvnitř systému.

Pro případ, že je stanovena diskontní míra pro budoucí náklady na zdravotní péči, případně pracujeme s náklady historickými a nejsou k dispozici aktuální data lze odhadnout současnou hodnotu budoucích přímých nákladů generovaných exponovanou populací vztahem:

$$PVC = \sum_{n=1}^{99} \frac{P_{l,s}^i(n) DC_{l,s}^i(n-l+1)}{(1+r)^{n-l}}, \quad (5.1)$$

kde PVC představuje současnou hodnotu přímých nákladů (present value of costs), n představuje různé věkové skupiny exponované populace (exponovaného jedince), l představuje věk, ve kterém se projeví zdravotní poškození, r je diskontní míra,



Obrázek 5.2: Schématický návrh pro simulování ekonomických dopadů.

$P_{l,s}^i(n)$ je pravděpodobnost že jednotka (skupina, jednotlivec) s pohlavím s bude ve stavu zdravotního poškození i ve věku l se dožije věku n , $DC_{l,s}^i(n-l+1)$ je peněžní vyjádření průměrných přímých nákladů generovaných to jednotkou během roku $n-l+1$, následujícím po roce projevu zdravotního poškození.

Schéma návrhu pro simulování ekonomických dopadů zdravotního poškození s využitím distribučních funkcí socioekonomických a zdravotních charakteristik populace

Na obr. 5.2 je znázorněno schéma sledování dílčích ekonomických dopadů spojených se změnou expozice obyvatelstva škodlivým vlivům životního prostředí. Dílčí výpočet se opírá o dostupná data v rámci České republiky a vytváří tak nejhrubší odhad změn v produkci způsobených změnou ekonomickou aktivitou z důvodu změny výskytu onemocnění a zároveň změnu ve využívání veřejně dostupné zdravotní péče. Tímto způsobem lze provázat simulování distribuce rizika na populaci společně se simulací distribuce ekonomických a finančních toků spojených s propuknutím nemoci. Simulace např. pomocí metody Monte Carlo na takto nadefinované virtuální populaci jsou vhodné především v případech kde neexistují vhodná empirická data.

5.2 Analýza prostředí a vymezení aktérů

Dle (PD ISO, 2009) je zainteresovaná strana (stakeholder) definovaná jako jednotlivec, skupina nebo organizace, kteří mohou ovlivnit, být ovlivněni, nebo se cítit ovlivněni rizikem. V rámci výše zmíněného dokumentu je označen za zainteresovanou stranou i ten kdo o riziku rozhoduje. V případě řešení tématu ekonomického

Tabulka 5.1: Seznam aktérů zdravotnictví ČR. Zdroj: (Kotherová, 2010)

Centrální aktéři	MZ ČR; Vláda; SÚKL; NRC
Zákonodární aktéři	PS ČR; Senát; Členové Zdravotního výboru PSP ČR; Členové Zdravotního výboru Senátu
Lokální aktéři	Krajská zastupitelstva; Obce; Asociace krajů ČR
Plátcí	Zaměstnanecké zdravotní pojišťovny; VZP; Svaz zdravotních pojišťoven; Otevřený svaz zdravotních pojišťoven; Zdravotní pojišťovny
Farmaceutický průmysl	Farmaceutické firmy; Farmaceutické asociace; Česká asociace farmaceutických firem; Avel; AIFP; Dodavatelé
Poskytovatelé zdravotní péče:	
- Nemocniční péče	Zdravotnická zařízení; Asociace nemocnic ČR; Asociace českých a moravských nemocnic; Asociace soukromých nemocnic
- Ambulantní péče	Sdružení soukromých gynekologů; Sdružení praktických lékařů; Sdružení ambulantních specialistů; Sdružení praktických lékařů pro děti a dorost; Koalice soukromých lékařů; Česká asociace sester; Asociace sdružující pracovníky dle oborů
- Profesní komory	Česká lékařská komora; Česká stomatologická komora; Česká lékárnická komora
- Koalice soukromých lékařů	Sdružení ambulantních specialistů; Sdružení praktických lékařů; Sdružení praktických lékařů pro děti a dorost; Česká stomatologická komora; Sdružení soukromých gynekologů
Odborové organizace	Odborový svaz zdravotnictví a sociální péče; Lékařský odborový klub
Pacienti	Pacientské organizace; Koalice pro zdraví; Svaz pacientů ČR; Česká onkologická společnost; Veřejnost
Lékařnický průmysl	Sdružení lékárníků; Česká lékárnická komora; Grémium majitelů lékáren
Oblast zdravotnických prostředků	Výrobci zdravotnické techniky; Asociace výrobců a dodavatelů do zdravotnických prostředků; CzechMed

hodnocení zdravotních rizik jsou zainteresované strany totožné s aktéry zdravotnického systému. Jednotlivé zainteresované strany se řídí různými zájmy, mnohdy protichůdného charakteru. Nelze tedy spolehlivě charakterizovat základní směry jednotlivých hlavních skupin, protože i ty samé jsou pod vlivem vnitřních střetů zájmů. K jejich prosazování disponují různými prostředky, které v jsou rámci deklarované stability zanesené v profesních etických kodexech, dohodách a úmluvách a tím jsou zájmy jednotlivých aktérů drženy ve společensky přijatelných normách.

Sledování těchto vlivů je možné s využitím teoretických konstrukcí chování jednotlivců a kolektivů na základě přístupu ekonomie blahobytu (pro jednotlivce) a teorie zájmových skupin - Stakeholder teorie (pro analýzu systému-kolektivu). Současnými moderními přístupy v modelování interakce mezi zájmovými skupinami jsou následně vztahy mezi aktéry vymezovány na základě teorie her, ekonometrie a experimentální ekonomie. V návaznosti na ekonomické vědy je opět řešen obecný cíl: maximalizace užítu za podmínek informační asymetrie, kde užitek představuje obecný pojem nelze jej i v ryze ekonomickém hodnocení zaměňovat pouze za finanční kompenzace.

Zdraví a jeho kvalita je z pohledu ekonomie statek smíšený, což znamená, že péče

o zdraví přesahuje zájem jednotlivce a stává se tak zájmem celé společnosti. Samotná realizace ochrany a péče o zdraví, je neodmyslitelně spojena se spotřebou vzácných zdrojů, které jsou veřejného rázu. Systémové hodnocení zodpovědnosti za poškození zdraví se tak stává předmětem nastavení efektivní alokace zdrojů a případně i tzv. internalizace externalit.

V systému péče o zdraví tak dochází k napětí kdy je uspokojována nepoptávaná potřeba pro zájem kolektivu nebo kdy je neuspokojena poptávaná potřeba, která je nad rámec možností systému. Přístup Ekonomie blahobytu tak hledá takové řešení, které je konzistentní s dalšími přístupy souvisejících společenských disciplín s důrazem na hodnotové a etické aspekty ochrany zdraví. Přímá komplexní analýza systému je teoreticky konstruována v rámci ekonomie zdraví, která analyzuje chování a interakci aktérů na 5 základních trzích systému zdravotní péče a teoreticky zkoumá podmínky a mechanismy dosažení rovnováhy na těchto trzích.

Tyto základní trhy lze charakterizovat jako:

1. Trh s financováním zdravotní péče
2. Trh s poskytováním služeb zdravotníků
3. Trh s institucionálními službami zdravotních zařízení
4. Trh se vstupními faktory (práce zdravotníků, zdravotnický materiál apod.)
5. Trh se zdravotnickým vzděláváním

Takto definované trhy vycházejí z reality anglosaských zemí a v případě reality České republiky lze u některých výše definovaných trhů hovořit kvůli dlouhodobé vysoké míře regulace o jejich zdánlivé neexistenci. Tato obecná komplexní koncepce proto vyžaduje doplnění dalších specifických prvků typických pro daný zdravotnický systém.

Analýza podmínek všech výše zmíněných trhů a korektní definování všech podmínky jejich optimálního fungování pro prostředí České republiky neexistuje a její samotné sestavení již přesahuje rámec této práce. Pro dílčí analýzu aktérů vstupujících do ekonomických aspektů péče o zdraví tak použijeme pouze stručnou charakteristiku hlavních aktérů, kteří byli v rámci analýzy ekonomických zájmů v oblasti poskytování zdravotní péče (Kotherová, 2010) identifikováni jako vlivní. Jejich přehled je kategorizován v tab. 5.1. Již takto stručný seznam naznačuje určitou roztržistěnost zájmu v rámci jednotlivých skupin aktérů a politizace celého systému musí být vnímána ne jako vada, ale jako vlastnost. Proto i přes sledování ryze věcných charakteristik systému lze očekávat překážky efektivnímu technickému řešení a jisté zpomalení v nástupu navrhovaných změn.

Výše uvedený seznam v tabulce určitě není vyčerpávající a jeho členění je podřízeno rozšířenému pojetí základní obecné struktury zdravotnického systému. Postavení jednotlivých skupin a podskupin a vztahy v rámci systému a vztahy mezi nimi jsou vymezeny platnou legislativou a navazujícími předpisy (viz tab. 5.2). Diskuze nad legislativou a jejím vlivem na organizaci technických aspektů systému je již

Tabulka 5.2: Platná legislativa a navazující předpisy vymezující postavení mezi jednotlivými skupinami a podskupinami a vztahy mezi nimi v rámci systému. Zdroj: (Kotherová, 2010)

Kategorie/ oblast	Norma	Komentář
<i>Ústavní právo</i>		
Právo na ochranu zdraví	ústavní zákon 2/ 1993 Sb., Listina základních práv a svobod	Dle článku 31 má každý právo na ochranu zdraví. Občané mají na základě veřejného pojištění právo na bezplatnou péči a na zdravotní pomůcky za podmínek, které stanoví zákon.
<i>Mezinárodní smlouvy</i>		
Práva pacientů	Evropská sociální charta	V souvislosti se systémem zdravotnictví stanovuje právo na bezpečné a zdravé pracovní podmínky, právo na ochranu zdraví a právo na sociální a lékařskou pomoc.
	Úmluva na ochranu lidských práv a důstojnosti lidské bytosti v souvislosti s aplikací biologie a medicíny	Stanovení základních pravidel ochrany práv pacientů, obecně platných v oblasti zdravotnictví, a dále upravuje oblast vědeckého výzkumu, moderních léčebných metod a nakládání s genetickým materiálem.
<i>Národní legislativa</i>		
Zdravotní pojištění	Zákon o veřejném zdravotní In pojištění (48/ 1997 Sb.)	Upravuje podmínky v.z.p., okruh osob, které jsou pojištěnci či plátcí pojistného, práva a povinnosti plynoucí z v.z.p., rozsah hrazené péče.
	Zákon o VZP (551/ 1991 Sb.)	Podmínky fungování VZP.
	Zákon o rezortních, oborových, podnikových a dalších zdravotních pojišťovnách (280/1992 s.b.)	Podmínky vzniku, fungování, činnosti a zániku ZZP.
	Zákon o pojistném na všeobecné zdravotní pojištění (592/ 1992 Sb.)	Podrobnosti týkající se placení pojistného na v.z.p. a jeho výše.
Organizace zdravotní péče	Zákon o zdravotnických službách(372/2011 Sb.)	Obecné podmínky poskytování z.p. v ČR.
	Zákon o zdravotní péči v nestátních zdravotnických zařízeních (160/1992 sb.)	Podmínky a rozsah poskytování z.p v těchto typech zařízení. Podmínky provozování těchto zařízení.
	Zákon o veřejných neziskových ústavních zdravotnických zařízeních (245/2006 Sb.)	Postavení tohoto zařízení
	Zákon o léčivech (378/2007 Sb.)	Komplexní úprav a problematiky léčivých přípravků, harmonizováno s právními předpisy EU.
Zdravotnické zboží	Zákon o zdravotnických prostředcích (123/2000 Sb.)	Komplexní úprava problematiky zdravotnických prostředků
	Zákon o ochraně veřejného zdraví (258/2000)	Ochrana veřejného zdraví, předcházení a prevence šíření infekčních onemocnění.
Zdravotní pracovníci	Zákon o ČLK, ČSK a ČLÉK (220/ 1991 Sb.)	Stanovuje podmínky pro fungování komor
	Zákon o zdravotnických povoláních lékaře, zubního lékaře a farmaceuta (95/2004 Sb.)	Podmínky pro výkon zdravotnických povolání
	Zákon o nelékařských zdravotnických povoláních (96/2004 Sb.)	Podmínky pro výkon nelékařských zdravotnických povolání
	Zákon č. 187/2006 Sb., o nemocenském pojištění	Okresní správy sociálního zabezpečení podávají zdravotním pojišťovnám informace z oblasti posuzování zdravotního stavu a dočasné pracovní neschopnosti

nad rámec této práce. Charakteristika vazeb mezi jednotlivými aktéry je proměnlivě v čase a odvíjí se od sledovaného problému. Např. Kotherová ve své práci (Kotherová, 2010) zkoumá míru vlivu jednotlivých aktérů na prosazení ekonomické reformy ve zdravotnictví. Prosazení vlastních ekonomických zájmů daného aktéra zde zobecňuje na všeobecnou schopnost prosadit své politické zájmy v rámci celého systému.

Vliv I_i každého aktéra i ($i = 1, \dots, n$) je definován jako

$$I_i = RI_i + NI_i + b_i + CI_i + AI_i, \quad (5.2)$$

kde RI_i je proměnná relativního vlivu (relative impact), b_i je proměnná potenciálu zprostředkovat dohody (broker), NI_i je proměnná vyjednávacího potenciálu (negotiative impact), CI_i je potenciál tvořit koalice (coalition impact) a AI_i je stáří organizace (age impact).

Výše identifikovaní aktéři byli rozčleněni na základě vyhodnocení odpovědí respondentů z řad samotných aktérů do následujících kategorií:

Klíčový hráč dokáže prosadit své zájmy a skutečně ovlivňuje směr české zdravotní politiky.

Důležitý hráč dokáže své zájmy prosadit částečně a podílí se na určování směru české zdravotní politiky.

Aktivní hráč se snaží o prosazení svých zájmů, své zájmy dokáže prosadit méně často než klíčový či důležitý aktér, také směr zdravotní politiky nedokáže ovlivnit tolik jako důležitý klíčový aktér.

Nedůležitý hráč nedokáže prosadit své zájmy a ani nedokáže ovlivnit směr zdravotní politiky.

Přičemž schopnost prosadit své zájmy na národní úrovni znamená schopnost kontrolovat přerozdělování veřejných zdrojů, které v letech 2000- 2011 vždy překročily hranici 82% podíl na celkových výdajích na zdravotnictví (ÚZIS, 2012).

Výsledky výše uvedeného výzkumu a obsahují pro metodiku ekonomického hodnocení zdravotních rizik důležitý zdroj dodatečných hodnotných informací. Kromě aktuálního nastavení celého systému z formálně organizačního hlediska jako statické struktury, také sleduje chování systému z pohledu dynamických vazeb mezi jednotlivými aktéry vzájemně interagujícími v čase. Takové informace je potřeba zohledňovat při formalizaci generování produkce a nákladů plynoucích z rozhodnutí klíčových aktérů, od centrálních struktur jako je SÚKL, Ministerstvo zdravotnictví až po hlavní poskytovatele a plátce zdravotní péče. Při současném nastavení systému byla samotnými aktéry podle míry své aktivity identifikována uskupení v Tabulce 5.1.

Klíčová aktéři v oblasti ekonomických zájmů ve zdravotnictví:

- Všeobecná zdravotní pojišťovna (VZP),

- Odborový svaz zdravotnictví a sociální péče (OSZSP),
- Česká lékařská komora (ČLK),
- Asociace českých a moravských nemocnic (AČMN),
- Česká stomatologická komora, (ČSK),
- Svaz zdravotních pojišťoven ČR (SZP)
- Farmaceutické firmy
- Vláda ČR skrze Ministerstvo zdravotnictví ČR (MZ ČR) a Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL)
- Poslanecká sněmovna ČR (PSP ČR) a politické strany
- Krajská zastupitelstva

Detailní charakteristika každého aktéra a jeho zájmů v kontextu současného stavu zdravotnictví je popsána v rámci práce (Kotherová, 2010). Pro technický charakter úlohy ekonomického hodnocení bude využit pouze stručný výtah, definující hlavní zájmy jednotlivých aktérů.

V souvislosti s aktuálním rámcem celoevropské zdravotní politiky Zdraví 2020 (World Health Organization, 2013) lze očekávat zvýšený tlak na možnost technicky posoudit ekonomickou efektivnost systému. Samotná neefektivita je palčivým problémem celé Evropy a to především z důvodu neustále rostoucími možnostmi medicíny a stále finančně náročnějších medicínských technologií. A zároveň je tu nepříznivý demografický trend stárnutí populace a tím i neustále se zvyšující podíl ekonomicky neaktivních obyvatel nepřispívajících do systému veřejného zdravotnictví). Proreformní a efektivitu podporující kroky byly v minulosti silně z politických pozic bržděny a proto je analýze vlivu jednotlivých aktérů na sledování ekonomických zájmů věnována v této práci pozornost.

Vymezení legislativy

Základní legislativa vymezující vztahy mezi jednotlivými aktéry je přehledně rozčleněna v tabulce 5.2. Zde jsou taxativně vymezené funkce jednotlivých hlavních aktérů, s důrazem na organizaci velkých skupin státem kontrolovaných organizačních celků.

Analýzy ekonomických dopadů zdravotních rizik představované v rámci této práce jsou běžnou součástí legislativních úprav. Stejně tomu tak bylo i v případě studie ekonomických a sociálních aspektů vlivu ionizujícího záření, která je prezentovaná dále v rámci této práce. Role klíčových aktérů byla posunuta s ohledem na téma do sféry bezpečnosti a prevence, nicméně systém zdravotní péče hrál stále významnou roli ve smyslu stanovení ekonomických dopadů na veřejné rozpočty vlivem následků nízkého stupně preventivní ochrany.

Aktéři a vztahy mezi nimi znázorněné ve schématu na obr. 2.1 nejsou vyčerpávající, pokrývají pouze vazby relevantní k vymezené oblasti zájmu analyzované v rámci předložené disertační práce. Analýza sociálních vazeb v systému (ať už z pohledu pozitivního, či normativního) je nad rámec této práce, přestože závažnost tohoto tématu významně ovlivňuje praktickou implementaci předložených výsledků.

Specifika požadavků klíčových aktérů s ohledem na organizaci financování zdravotní péče jak v oblasti ekonomických metod, tak v oblasti expertních metod se liší v závislosti na konkrétním řešení tématu a i na pohledu konkrétního aktéra. Věcně technický základ však stále zůstává a právě ten je podkladem pro rozvíjení koncepčních změn a případně i reformních aktivit. Tento základní fakt byl motivací pro projekt Kulatý stůl pro zdravotnictví v ČR jako celek, pro Národní referenční centrum v oblasti financování akutní lůžkové péče a stejně tak pro následující část práce věnovanou alespoň stručnému seznámení se zdroji dat pro základní analýzy hodnocení ekonomických dopadů zdravotních rizik

5.3 Analýza zdrojů dat v ČR pro ekonomické hodnocení zdravotních rizik

Sběr, zhodnocení a vzájemné porovnání či případné sladění dat z různých zdrojů je nezbytnou součástí výzkumného úkolu. Data o zdraví jsou velmi citlivá sama o sobě. Pokud začneme vztahovat zdraví k přerozdělování a efektivnímu využívání vzácných zdrojů (rozumějme např. omezené veřejné finance nebo odborné kapacity ve zdravotnictví) tak tato zkoumaná problematika v podmínkách České republiky nese s sebou neoddělitelně stigma politického problému. Blíže je problematika nastíněna v kapitole věnující se rozboru zúčastněných stran a motivacemi jejich jednání. S tím úzce souvisí i téma dostupnosti dat.

Ochrana osobních údajů a obtížná dostupnost dat Největší problém zdravotních dat není v nedostatku zdrojů, ale v omezeních, která se na tato data vztahují. Z důvodu ochrany soukromí pacientů jsou pro výzkumné účely téměř nedostupná podrobná data o pacientech nejen na adresní body, ale i na úrovni obcí, obtížné je pak získat data dokonce i za okresy. To je pochopitelně pro sledování souvislostí mezi expozicí znečištěnému prostředí a vzniklým zdravotním problémům výrazný handicap. O citlivosti dat hovoříme i v případě dat o celkovém zdravotním stavu populace, protože úroveň zdraví je významný cenotvorný faktor na trhu práce, ale i třeba na trhu s nemovitostmi.

Dalším úskalím sběru a zpracování dat týkající se zdraví, resp. nákladům na péči o zdraví je dynamika celého systému zdravotní péče. Zdravotní systém generuje denně velké množství dat, k jejichž analýze nebo pouhému preprocesingu nejsou k dispozici volné kapacity. Legislativní rámec a výše zmíněná všeobecná citlivost dat způsobuje, že nedochází ani k základním strategickým analýzám jak na straně poskytovatelů zdravotní péče (zdravotnická zařízení, lékaři), tak na straně plátců (zdravotní pojišťovny).

Národní referenční centrum (NRC) Pro sledování a analýzu dat týkající se medicínské a ekonomické efektivnosti zdravotního systému ČR v oblasti poskytování akutní lůžkové péče a dalších témat souvisejících s kvalitou poskytování zdravotní péče bylo vybranými klíčovými aktéry z řad poskytovatelů a plátců zdravotní péče založeno tzv. Národní referenční centrum (NRC). Jedná se o nezávislou instituci, která úzce spolupracuje s Ministerstvem zdravotnictví ČR a která sdružuje plátce i poskytovatele zdravotní péče. NRC bylo založeno především pro účely implementace systému DRG, jako úhradového mechanismu ze veřejně poskytovanou akutní lůžkovou péči. V souvislosti s tím řeší i technické aspekty implementace celého systému včetně revize seznamu zdravotních výkonů a celkové sledování efektivity a kvality zdravotní péče. Z hlediska úlohy sledování ekonomických dopadů mají předzpracovaná data z NRC velký význam při sledování atributivního rizika spojeného s konkrétním zdravotním poškozením. Data jsou detailně členěna na úroveň hospitalizačního případu a lze je dále analyzovat dle věku, pohlaví, okresu bydliště pacienta, okresu, kde byl pacient hospitalizován, množství vykázaných bodů za celý hospitalizační případ včetně v korunách vyjádřeného tzv. ZUM a ZULP (zvlášť účtovaný materiál, lék nebo zdravotní pomůcka). Významnou výhodou je ale hlavně podrobné členění hospitalizací dle detailních diagnóz, které vychází vždy s poslední verze mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10). A hlavní neméně důležitá výhoda jen základní kvalitativní charakteristika případu do třech stupňů dle závažnosti, a to na případ bez komplikací (bez CC), s komplikacemi a komorbiditami (s CC) a se závažnými komplikacemi a komorbiditami (s MCC).

Tento prvek systémy DRG poskytuje pro řešenou úlohu velmi věrohodné přiřazení referenční spotřeby péče pro různé závažnosti zdravotního poškození způsobené vlivem změněných podmínek životního prostředí.

Datové portály NRC Národní referenční centrum nabízí v rámci informační podpory systému DRG následující datové portály (webová aplikace) s názvem BRIX a CZDRG.

BRIX (<http://brix.nrc.cz>) Národní referenční uvedlo k 3. 1. 2008 do pilotního provozu webovou aplikaci BRIX. Tato aplikace je přístupná členům NRC (tedi i VZP) a je určena pro kohokoliv se zájmem o získání referenčních hodnot pro oblast akutní hospitalizační péče. Aplikace nabízí náhledy na data o případech akutních hospitalizace formou tzv. multidimenzionálních kostek. V aktuální verzi disponuje BRIX datovou základnou cca 2 milionu případů za období leden až prosinec 2010 a poskytuje referenční hodnoty pro následující ukazatele:

- náklady (vypočtené metodou Obecných tarifů, viz nápověda aplikace)
- délka pobytu
- počet bodů na případ
- suma korunových hodnot ZUM a ZULP na případ

CZDRG (<http://www.czdrgr.cz>) Národní referenční centrum provozuje webovou aplikaci CZDRG. Tato aplikace není veřejně přístupná, o získání přístupu k této aplikaci může požádat kterýkoliv ze členů NRC (opět včetně VZP) na adrese nrc@nrc.cz. Aplikace si klade za cíl poskytnout informovaným uživatelům, kteří jsou seznámeni se statistickými ukazateli hodnocení nemocnic a se základním principem DRG, možnost analýzy dat za zdravotnická zařízení v jejich oblasti vlivu. Aplikace používá data sbíraná v rámci sběrů DRG a frekvencí výkonů – jedná se o pravidelný sběr dat ve struktuře Výstupní věty Grouperu doplněné o informace o počtu bodů a korunové hodnotě ZUM/ZULP a sběr dat frekvencí provedení vybraných výkonů. (Grouper je SW aplikace jejímž vstupem je Vstupní věta Grouperu a výstupem Výstupní věta Grouperu. K jednotlivým případům je přiřazena hodnota tzv. Spotřeby péče, jedná se o hodnotu případu hospitalizace přepočtenou na Kč dle vzorce:

$$(\text{Hodnota případu}) [\text{Kč}] = (\text{suma bodu na případ hospitalizace}) \times (\text{cena bodu}) + (\text{suma cen ZUM/ZULP na případ hospitalizace}). \quad (5.3)$$

Spotřeba péče nevyjadřuje náklady (skutečnou spotřebu zdrojů) ani úhrady za zdravotního pojištění (skutečnou cenu za péči).

Spotřeba péče je tak kódována bez zatížení nejistotami, které s sebou nesou disproporce mezi skutečnými náklady zařízení a skutečnou výší úhrad od jednotlivých pojišťoven. Takto očištěná spotřeba péče představuje v současné situaci stabilnější vstup do úlohy hodnocení zdravotních dopadů. Detailní data navíc umožňují definovat i spotřebu péče skrze četnosti hospitalizací v konkrétní věkové skupině a např. v případě znečištěného ovzduší tak definovat tzv. citlivé skupiny (tzn. skupiny obyvatelstva, které nejpravděpodobněji zareagují na změnu kvality ovzduší zvýšenou spotřebou zdravotní péče). dalším znakem takto kódované spotřeby péče je i možnost korelovat změnu spotřeby zdravotní péče v závislosti na změnách dalších ukazatelů kvality životního prostředí. V současné době lze prozatím (z důvodu relativně krátkého období existence tohoto druhu databáze) např. v případě znečištěného ovzduší sledovat pouze korelace sezónních výkyvů spotřeby péče v závislosti na znečištění ovzduší a dalších meteorologických podmínkách, nicméně srovnávání s chronicky zatěžovanými oblastmi v jiné části republiky lze nepřímým způsobem zjistit i změny ve spotřebě péče i v dlouhém období.

Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL) <http://www.sukl.cz> Ústav má od 1. 1. 2008 několik nových a nelehkých a silně exponovaných funkcí z oblasti lékové cenotvorby a s tím související sledování ekonomické efektivnosti nových léků, které kandidují na příspěvek nebo z veřejného zdravotního pojištění. Jako reakce na nedostatky spojené s touto novou rolí vzniká spontánně několik farmakoeconomických a později HTA uskupení, které mají snahu dále rozvíjet chybějící odbornou infrastrukturu v této oblasti. SÚKL udržuje a na svých stránkách prezentuje databáze léčiv (a to registrovaných, hrazených/nehrazených, údaje o spotřebě léčiv atd.), dále data o aktivitě lékáren, zařízeních transfúzní služby a další údaje.

Pravidelně jednou za měsíc jsou aktualizována ekonomická data týkající se aktuálních výše úhrad pro daná léčiva. To představuje pro další studie důležitý zdroj

Tabulka 5.3: Požadované ekonomické zdroje dat.

	Celospolečenské	Individuální
Náklady nemoci (COI) zdravotnictví	Náklady na léčbu (zdravotní péče, infrastruktura, léčiva)	Náklady na léčbu (pojištění, léky etc)
Náklady nemoci (COI) produkce	Ztráta produkce (HDP)	Ztráta produkce (příjmy domácnosti)
Náklady prevence	Výdaje na velké preventivní projekty (např. čističky odpadních vod)	Výdaje na prevenci (např. vodní filtry), ozdravné pobyty
Nehmatatelné náklady	sociální nepohoda, dopady na rodinu a bezprostřední okolí	Ztráta osobního pohodlí a omezení společenského uplatnění

dat a zároveň zdroj nejistot především z hlediska alokace nákladů z pohledů jednotlivých aktérů (pojišťovny, domácnosti, stát, farmaceutický průmysl). Významně do úlohy vstupují i současné regulační mechanismy a vytváření databáze nákladové efektivních variant farmakoterapie. Právě regulace spotřeby léčiv je reakcí na plošně objemný zdroj neefektivního čerpání veřejných prostředků a právě zde naráží všechny zúčastněné strany na absenci širšího farmakoekonomického odborného zázemí. Z pohledu obecného řešení úlohy tak představují příznivý trend počátky systematického sledování efektivity nejen jednotlivých léčiv, ale celých farmakoterapií, které jsou následně rozšiřovány do obecných klinických doporučených postupů. Takové postupy obsahují celou řadu důležitých referenčních informací pro algoritmizaci procesu léčby a to včetně léčebného efektu různých scénářů formou ukazatelů jako je např. již dříve zmíněný QALY.

Sledování ekonomické efektivity jednotlivých léků je v rámci SÚKLu teprve v počátcích a přenositelnost těchto informací ze zahraničních zdrojů je zejména v otázce finančního vyjádření velmi omezená.

5.3.1 Metodická hlediska volby dat

Zdroje dat jsou nejprve voleny s ohledem na trvalou dostupnost dat, nízké zátěže nejistotami, požadované geografické detailnosti pro možnost lokalizovat problém. Nutným předpokladem je záruka určité kvality dat, nejlépe zaštitěné z hlediska standardizace příslušnou autoritou. Pro praktické zajištění úlohy jsou nutné tři typy dat: data o expozici chemické látky, faktoru, data o nemocnosti vzniklé díky expozici a ekonomická data přiřazená k nemocnosti. Proces volby dat, lze tak shrnout do následujících bodů:

1. Definice potřebných dat vstupujících do metody.
2. Stanovení potřebných parametrů dat (získat data použitelná do udržitelného systému).
3. Analýza monitorovaných dat a výběr vhodných databází.

Tabulka 5.4: SWOT analýza.

Klady	Jedinečnost dat, dlouhá řada monitorování, vysoká kvalita dat
Zápory	Pouze u dvou subsystému plošné pokrytí, jinak pouze vztaženo na města
Hrozby	Omezování sítě a četnosti monitoringu vlivem nedostatku financí
Příležitosti	základním kamenem při vytváření časových řad o zdravotním stavu a znečištění složek životního prostředí, k posouzení trendů a závislosti trvalého či sezónního charakteru, ze kterých mohou vznikat případná doporučení a návrhy na opatření.

Analýza monitorovaných dat a výběr vhodných databází z této oblasti je součástí rozsáhlé práce (Štampach, 2010). Nicméně pro potřebu ekonomického hodnocení je v souladu s výše uvedenými požadavky, vhodnější bližší charakteristiky a hlubší analýza zdroje jak je uvedeno na příkladu dat poskytovaných Státních zdravotním ústavem (SZÚ) v tab. A.1 a dále v tab. 5.4.

5.3.2 Data z oblasti veřejné sféry veřejně přístupná

Souhrnné členění dat pro potřebu ekonomického hodnocení ukazatelů spojených s ekonomickými aspekty zdravotnictví lze sledovat v tabulce 5.5. Úroveň hodnocení “makro” koresponduje s mezinárodní úrovní, která je blíže rozvedena v následující tabulce 5.6 pro řešení úlohy oceňování zdravotních poškození je zajímavá především oblast na opačné straně, kde lze sledovat principy cenotvorby a systémy úhrad.

Pro Českou republiku jsou v tomto ohledu klíčová data Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS ČR), který nově klasifikuje i data dle DRG. Dále Český statistický úřad (ČSÚ) a v oblasti zdravotních rizik především Státní zdravotní ústav (SZÚ).

Skrze tyto instituce je zajištěno napojení na velké mezinárodní databáze Eurostatu apd. Pro mezinárodní srovnatelnost v oblasti zdraví jsou často více tématicky členěna data organizace WHO. Se zaměřením na zdravotní rizika ze životního prostředí jsou zde rozsáhle zdroje dat a analytických nástrojů u Agentury životního prostředí Spojených států (US EPA). V případě sledování efektivnosti zdravotní péče jsou na vysoké úrovni informace a doporučení poskytovaná Národním institutem pro zdraví a klinickou excelenci Spojeného království (UK NICE). Dalším příkladem původně ryze medicínské databáze, která se rozrostla o další funkce spojené s hodnocením efektivnosti terapeutických postupů je např. Cochrane Collaboration a další databáze (viz seznam publikací v Ličeník 2009). Poslední ze jmenovaných zdrojů představuje pro řešenou úlohu především cenný zdroj metodických postupů práce s klinickými daty ve smyslu dohledání zvýšení doby dožití u nejnovějších terapeutických postupů a odhad nákladů s těmito novými postupy spojenými. Údaje ekonomického charakteru jsou ovšem v tomto případě obtížně přenositelná, problematiku detailně rozebírá (Barbieri et al., 2010).

Pro mezinárodní srovnání lze využít dat od některého z poskytovatelů v přehledu tab 5.6. Je nutné upozornit, že jde o data agregovaná, takže pro potřebu sledování

Tabulka 5.5: Přehled úrovní hodnocení a k nim dostupných finančních ukazatelů/dat a jejich zdrojů. Zdroj (Háva, 2012)

Úroveň	Dostupné ukazatele	Zdroje dat
MAKRO		
Mezinárodní srovnání	Celkové výdaje na zdravotnictví a jeho hlavní součásti	WHO Health Data, OECD Health Data
Celkové výdaje na národní úrovni	Dlouhodobé časové řady	ÚZIS Mimořádné publikace http://www.uzis.cz/category/edice/publikace/mimoradne-publikace , Např. Vývoj zdravotnictví ČR po roce 1989 http://www.uzis.cz/katalog/mimoradne-publikace/vyvoj-zdravotnictvi-ceske-republiky-roce-1989 , Ekonomické informace ve zdravotnictví http://www.uzis.cz/katalog/zdravotnicka-statistika/ekonomicke-informace-zdravotnictvi , CSU.
Zdravotní pojištění	Celkové a dílčí výnosy a náklady, fondy veřejného pojištění, Výsledky hospodaření	ÚZIS, MF/MZ, ČSÚ MF/MZ. Souhrnné zpracování zdravotní pojistných plánů a Souhrnné zpracování výsledků hospodaření zdravotních pojišťoven, Zdravotně pojistné plány pojišťoven, Výroční zprávy, Hospodaření zdravotních pojišťoven. ÚZIS Zdravotní pojišťovny náklady na segmenty zdravotní péče. ÚZIS, řada Aktuální informace
Nemocnice a jejich skupiny podle zřizovatele, velikosti	Náklady, výnosy, hospodářský výsledek. Sledování nemocnic podle zřizovatele, podle velikosti i (počtu lůžek). Pracovníci, struktura nákladů. Hospitalizace	ÚZIS Zdravotnická statistika (sběr dat s pomocí dotazníku E(MZ) 6-02) Ekonomické výsledky nemocnic. ÚZIS http://www.uzis.cz/category/edice/publikace/zdravotnicka-statistika ÚZIS Aktuální informace: Ekonomické výsledky nemocnic MZ ČR: vlastní sběr a zpracování dat o hospodaření nemocnic, zřizovaných MZ (tato data nejsou veřejně dostupná)
Jednotlivé nemocnice	Výnosy, náklady, hospodářský výsledek, výkony	ÚZIS, výroční zprávy
Úhrady lůžkových služeb	DRG, výkony, ZULP, ZUM	ÚZIS, Analytická komise DŘ
Mechanismy cenotvorby	Bodové hodnoty výkonů	MZ, Vyhlášky MZ ČR
MIKRO		

Tabulka 5.6: Mezinárodní zdroje dat o zdraví a zdravotním stavu obyvatelstva. Zdroj: (Štampach, 2010)

Název	Webová adresa	Zájmový region Počet zemí v databázi	podrobnost dat v databázi	roky v databázi 2)
<i>WHO</i>		<i>svět</i>		
	http://www.who.int			
WHO Statistical Information Systém		194	státy	1990
	http://www.who.int/whosis/en/			
WHO Global Infobase Online		194	státy	různě
	http://www.who.int/infobase			
<i>WHO/Europe</i>		<i>Evropa a Střední Asie</i>		
	http://www.euro.who.int			
European health for all database		53	státy	1970
	http://data.euro.who.int/hfadb/			
European detailed mortality database		36	státy	1990
	http://data.euro.who.int/dmddb			
European hospital morbidity database		26	státy	1999
	http://data.euro.who.int/hmdb/			
European mortality database		53	stát, NUTS 2 (pro 12 států)	1980
	http://data.euro.who.int/hfamdb/			
<i>IARC</i>		<i>svět</i>		
	http://www.iarc.fr/			
Cancer Incidence in Five Continents		31	stát (více hodnot pro některé státy)	1953-1997
	http://www-dep.iarc.fr			
Globocan 2002		173	státy	2002
	http://www-dep.iarc.fr			
<i>OECD</i>		<i>svět</i>		
	http://www.oecd.org/			
OECD Health Data		30	státy	1960
	http://www.oecd.org/health/healthdata			
Health Statistics		30 (20 pro zdravotní účty)	státy	2000
	http://stats.oecd.org/			
<i>Eurostat</i>		<i>Evropa</i>		
	http://epp.eurostat.ec.europa.eu/			
sekce Health		33	stát	1997
	http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/health/introduction			
sekce Regions and cities		25	NUTS 2	1994
	http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/region_cities/regional_statistics/data/main_tables			

lokálního efektu je lze využít jen v omezené míře. Zároveň podléhají mezinárodním metodikám sběru dat, která obvykle sleduje v první řadě v co nejširší míře mezinárodní srovnatelnost.

5.3.3 Data z oblasti veřejné sféry omezeně přístupná

Omezený je přístup k datům zdravotních pojišťoven a zdravotnických zařízení, případně k datům spravovaným jejich sdruženími jako je např. Národní referenční centrum. Důvod těchto omezení byly popsány v úvodu kapitoly. V současné době přispívá k omezování přístupu i relativní složitost konstrukce jednotlivých ukazatelů a stejně jako u moderních ekonomických dat i hrozba mylné interpretace některých údajů. Zveřejňovaná data z této oblasti tak podléhají předchozímu zpracování, na které jsou v příslušných institucích v současné době k dispozici pouze omezené kapacity i zdroje. Pro potřebu detailnějších analýz jsou tak data k dispozici pouze na základě vyžádání zástupců partnerských institucí, případně na základě rámcových smluv.

Systém DRG a jeho kultivace v rámci Národního referenčního centra

Plánované změny a zprůhlednění tvorby nákladů a v souvislosti s tím zaváděný systém DRG (Diagnosis Related Group), sledujícího léčbu nemocných na akutních lůžkách nemocnic, je aktuální téma v oblasti managementu zdravotnictví. Systém DRG je v současnosti uznáván za jediný klasifikační nástroj, který umožňuje měřit a objektivizovat produkci (práci, činnost) nemocnic a umožňuje jejich porovnávání mezi sebou. Navazujícím diskutovaným projektem je projekt CHAINE, který současné snažení dále zaměřuje jednak na to, aby údaje byly porovnatelné v mezinárodním měřítku, jednak o svazování (z názvu projektu CHAINE - řetěz) jednotlivých definovaných epizod péče o nemocného se snahou klasifikovat celý průběh léčení bez ohledu na to, zda je léčba aktuálně poskytována např. praktickým lékařem, v nemocnici nebo následně v rehabilitačním zařízení.

Aktuálně je projekt zajišťován převážně prostřednictvím externích odborníků, kdy základem expertní práce je činnost pracovní skupiny DRG (PS DRG). Ta je tvořena jednak experty, jež jsou smluvně zavázáni k vlastní kultivaci jádra klasifikačního systému DRG, včetně vypracování všech materiálů týkajících se změn v daném roce. Konzultanty PS DRG jsou aktuálně zástupci VZP, SZP ČR, MZ ČR a ÚZIS.

Reakcí na nedostatky systému DRG pro oblast nákladů na onkologickou péči je vývoj alternativních modelů s využitím Markovského rozhodovacího procesu, který je strukturován jako rozhodovací strom, kde každý uzel je charakterizován pravděpodobností volby následujícího ramene a cenou této volby. Data z výše popsaných projektů jsou dalšími potencionálními vstupy nebo rozšiřující moduly pro navrhovaný model odhadu přínosu ochranného opatření simulací např. modelem typu Monte Carlo.

Tabulka 5.7: Výnosové hodnoty bodu pro Klatovskou nemocnici Zdroj: (Klatovská nemocnice a.s., 2008)

Pojišťovna	2006			2007		
	Body celkem	Tržby celkem	Hodnota bodu	Body celkem	Tržby celkem	Hodnota bodu
VZP	195 851 517	209 495 787	0,88	196 568 036	224 885 543	0,97
Vojenská	10 136 522	11 017 450	0,94	10 549 056	9 760 966	0,79
Oborová	5 271 856	5 018 177	0,79	5 633 555	5 150 117	0,80
ZP MV ČR	15 628 060	14 365 714	0,75	17 500 937	15 931 825	0,73
ZP Metal-Alliance	10 147 621	9 742 350	0,85	11 440 202	8 921 152	0,66
ČNZP	19 039 075	17 177 006	0,77	18 978 221	16 328 581	0,72
Celkem	256 074 651	266 816 485	0,87	260 670 007	280 978 185	0,91

Seznam bodových výkonů a smluvní podmínky úhrad

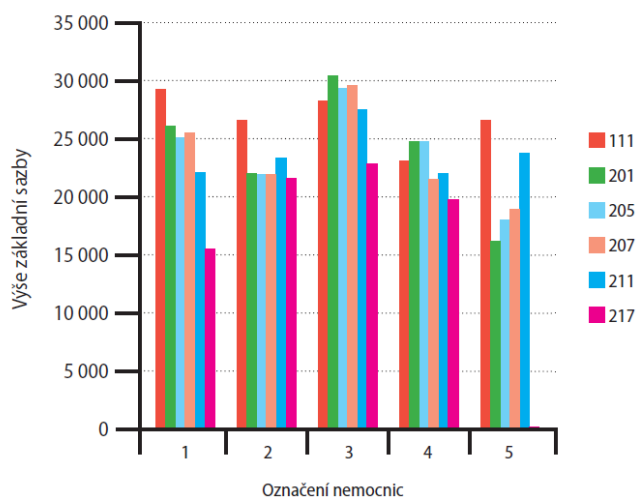
Pro zúčtování veřejné zdravotní péče mezi poskytovateli zdravotní péče a plátcí (zdravotní pojišťovny) slouží k ohodnocení zdravotních výkonů tzv. “úhradová vyhláška” Ministerstva zdravotnictví. Do detailu rozepsané zdravotní výkony jsou obodovány a na základě každoročních jednání jsou bodům pro jednotlivé odbornosti a prozatím i pro jednotlivá zdravotnická zařízení následně přiřazeny konkrétní peněžní hodnoty. Praktickým nedostatkem pro další využití k ekonomickým analýzám je fakt, že i přes zákonnou povinnost se stále nedaří sjednotit reálně vyplácenou výši základní úhradové sazby od jednotlivých zdravotních pojišťoven i v rámci jednoho konkrétního zařízení. Tento fakt lze ověřit dokonce i ve výroční zprávách konkrétních zařízení, jak lze sledovat v tabulce 5.7 a dále na obr. ???. Na tuto základní sazbu pak dále navazují další složky.

Vzhledem k tomu, že “úhradová vyhláška” je každoročně měněna tak pouhým sledováním ryze finančních ukazatelů jednotlivých zdravotnických zařízení nelze spolehlivě stanovit náklady na jednotlivou diagnózu a proto by hodnocení mělo být opřeno o stabilnější ukazatele. Např. pro rok 2010 byly úhrady za akutní lůžkovou péči rozděleny na 4 složky péče (Ministertvo zdravotnictví ČR, 2009):

1. Individuálně smluvně sjednaná složka zahrnuje úhradu za zdravotní péči zařazenou do předem stanovených skupin vztažených k diagnóze
2. Paušální složka úhrady je stanovena na základě úhrady hospitalizační péče za referenční období s koeficientem navýšení 1,052
3. Úhrada formou případového paušálu –úhrada za předem definované skupiny diagnóz na základě systému DRG
4. Úhrada za ambulantní péči se stanoví obdobně jako v ambulantních zařízeních mimo zařízení ústavní

Pro lůžkovou péči na základě dohody s kraji jsou dále dohadovány referenční hodnoty. (viz tab. 5.7) Například pro referenční období - za rok 2008 byly započteny všechny vykázané body do 31. 5. 2009 a pojišťovnou uznané do 30. 9. 2009 - lůžková

Přehled základních sazeb zdravotních pojišťoven



Obrázek 5.3: Přehled základních sazeb zdravotních pojišťoven. Zdroj: (Frolíková, 2012b)

zdravotnická zařízení již tedy znají údaje o referenčních hodnotách pro následující rok v posledním kvartálu běžného roku. Pro rok 2010 byl vypuštěn koeficient kvality a byla změněna referenční hodnota ze 100% na 98%. Pro “bonifikace ošetrovatelské péče” byla ponechána pouze vazba na personální vybavení a zrušena vazba také na věcné a technické vybavení a pro koeficientu přepočteného počtu sester - doplněno, že se jedná o zdravotnické zařízení poskytující péči v příslušném kraj.

Aktuální stav Analytická komise dohazovacího řízení o hodnotách bodu a výši úhrad zdravotní péče hrazené z veřejného zdravotního pojištění (AK DŘ) každoročně zpracovává podklady pro novou “úhradovou vyhlášku” a má významný vliv na tvorbu regulačních mechanismů systému financování zdravotní péče. Snaha o zavedení principů efektivního řízení financování zdravotnictví je inspirována moderními zahraničními systémy (viz DRG) nicméně praktická implementace oproti zahraničí výrazně zaostává. Podrobnější analýza je nad rámec této práce, nicméně z praktického hlediska řešené úlohy jde pouze zpomalen nástupu významného analytického nástroje a zdroje důležitých vstupních dat do analýz. Při sledování současného stavu výpočtu úhrady veřejně hrazené péče, je daleko vhodnější sledovat stabilnější metricky, než ekonomické údaje (např. bodové hodnoty zdravotních výkonů). Důvodem jsou níže uvedené nestabilní podmínky ve financování zdravotní péče, která do úlohy vstupuje formou odvrácených nákladů.

Finanční vyjádření bodově vyjádřené zdravotní péče se mění dle odbornosti a dle druhu zdravotnického zařízení. Pro financování akutní lůžkové péče je klíčová tzv. základní sazba alfa. Snaha o sjednocení základní sazby alfa (dále jen ZS alfa) pro jedno konkrétní zařízení od všech plátců (pojišťoven) doposud nebyla realizována. Srovnání výše ZS alfa různých zdravotních pojišťoven u pěti vybraných nemocnic je uvedeno v připojeném grafu na obr 5.3 (nemocnice jsou označeny číselně 1 až 5, částky zaokrouhlené na celé stovky a pojišťovny jsou uvedeny pod svými kódy).

Vyhláška MZ ČR pro rok 2012 stanovuje přitom jednoznačný postup pro výpočet základní sazby alfa (ZS_{alfa}), která je pro rok 2012 tvořena ze (Frolíková, 2012b):

- 75% individuální základní sazbou nemocnice; její výše se odvíjí od historických mechanismů úhrad a s nimi svázaného individuálního přístupu jednotlivých nemocnic
- 25% celostátní základní sazbou, stanovenou dle vyhlášky; v roce 2012 je 29 500 Kč.

Takto vypočtená ZS_{alfa} se vynásobí váhou a tato částka pak představuje konečnou úhradu za hospitalizační případ.

Podstatné ovšem je, že mechanismus vytváření individuální základní sazby neustanovuje VZP ČR, ale úhradová vyhláška MZ ČR, která obsahuje přesný postup pro její výpočet, a ten je pro všechny nemocnice stejný.

Za situace, kdy některé zdravotní pojišťovny nehradí důsledně dle úhradové vyhlášky, se odvíjejí výrazné rozdíly mezi úhradami od jednotlivých pojišťoven za stejné zdravotní výkony i stejnou délku hospitalizace. Vzhledem k tomu, že VZP ČR stále hradí zdravotní péči za největší objem pojištěnců (cca 60% z 10,5 mil. pojištěnců), má tento způsob úhrady negativní dopad na financování zdravotní péče v porovnání s jinými zdravotními pojišťovnami.

VZP se dlouhodobě snaží prosadit, aby všechny zdravotní pojišťovny hradily povinně stejnou ZS za stejnou zdravotní péči. V rámci tzv. dohodovacího řízení k úhradám zdravotní péče pro rok 2013 předložila VZP ČR návrh (Frolíková, 2012a), aby u vybraných DRG skupin, zahrnujících homogenní případy, které jsou po ekonomické i medicínské stránce nepochybnitelně podobné (např. porody, operace žlučníku, operace kýly atd.), byla stanovena jednotná ZS pro všechny nemocnice v ČR a zároveň povinnost úhrady v této výši všemi zdravotními pojišťovnami.

O tomto trendu lze pak hovořit jako o zkvalitnění významného základního vstupu pro řešení ekonomických aspektů péče o zdraví.

Tabulka 5.8, která je převzata z (Vogl, 2012), znázorňuje obecnou matici nákladů na případ DRG, tak jak je strukturována v pro systém DRG v Německu v roce 2007. Systematicky řešené rozptřeni nákladů zdravotnického zařízení do případu DRG eliminuje pozdější disproporce způsobené rozdílnými náklady konkrétního zdravotního zařízení a výnosy proplacené pojišťovnou. Výpočet těchto nákladů se odvíjí od vhodné metodiky, která vychází z národního nastavení systému úhrady, resp. z požadovaného cílového stavu systému úhrad pro situaci v České republice. Taková metodika vznikla jako pomůcka pro usnadnění přechodu na systém DRG i v České republice pod záštitou Národního referenčního centra.

Jednotná metodika kalkulace pro zdravotnická zařízení V návaznosti na zavádění systému DRG byl v roce 2011 za účasti Národního referenčního centra vydán Kalkulační manuál autorů Páva a Maška s cílem uspokojit velký zájem odborné veřejnosti o metodiku procesní kalkulace nákladů metodou tarifů nákladových

Tabulka 5.8: DRG kalkulační matice Německo. Zdroj: (Vogl, 2012)

Cost- matrix		Labor costs			Material costs					Infrastructure costs	
Cost category groups	Cost-center groups	Physicians	Nursing	Medical/ technical staff	Drugs general	Drugs individual	Implants and grafts	Material	Material individual	Medical	Non-medical
Ward	Care days	Weighted minutes	Care days	Weighted minutes	Actual usage/unit costs	-	Weighted minutes	Actual usage/unit costs	Actual usage/unit costs	Care days	
Intensive care	Weighted hours					Actual usage/unit costs	Weighted hours			Weighted hours	
Dialysis	Weighted dialysis					-	Weighted dialysis			Weighted dialysis	
Operating rooms	Surgery times and setup time	-	Surgery times and setup time			Actual usage unit costs	Surgery times and setup time			Surgery times and setup time	
Anesthesia	Anesthesia times		Anesthesia times			-	Anesthesia times			Anesthesia times	
Delivery ward	Time in delivery ward		Time in delivery ward			-	Time in delivery ward			Time in delivery ward	
Cardiac diagnostics/ therapy	Point system/duration		Point system/duration			Actual usage/unit costs	Point system/ duration			Point system/ duration	
Endoscopic diagnostics/ therapy											
Radiology											
Laboratories	Point system		Point system			Point system	Point system				
Further diagnostics/ therapy	Point system/duration					Point system/ duration	Point system/ duration				

služeb. Toto již 3. vydání opět rozvíjí metodu téměř v nezměněném obsahu vůči předchozímu vydání. Cílem je její jednotné zakořenění ve velkém počtu zdravotnických zařízení a harmonizaci postupů a principů v souladu s moderními přístupy managementu zdravotnických zařízení. To představuje další významný krok v odstraňování významných nejistot vstupních dat a možnosti využití dalších pokročilejších analytických nástrojů.

V souhrnu lze pozorovat ve vykazování a zpracování dat v navazujících oborech výrazný trend k harmonizaci s mezinárodním prostředím a s masivním nástupem informačních technologií do veřejné sféry. Veřejný sektor ale pro tento výrazný nárůst generovaných dat a jejich předběžné zpracování pro další analýzy nemá k dispozici odborné ani finanční kapacity. Data tak jsou primárně využívána pouze pro potřebu AK DŘ pro regulace financování systému zdravotnictví. Důraz je v současnosti kladen na ekonomickou efektivnost nejnákladnějších složek systému (akutní lůžková péče).

6. Vybrané statistické metody a nástroje pro modelování a analýzu zdravotních následků

Pro kvantifikaci ekonomických dopadů vybraných zdravotních rizik ze životního prostředí není v České republice zpracování metodika. Volba metody zpracování vychází z charakteristiky vstupních dat, která jsou pro konkrétní poškození nebo pro konkrétní ukazatel k dispozici. V návaznosti na biomedicínské a epidemiologické analýzy určitého jevu lze převzít distribuci rizika i pro ekonomické následky. Vybrané běžné analýzy v biomedicině lze aplikovat i na ekonomické jevy jako je např. predikce nezaměstnanosti (Reisnerová, 2004). Vybrané kapitoly a oblasti epidemiologie s biostatistiky jsou představeny kvůli nutnému porozumění principům konstrukce analýz na kterých je dále stavěno ekonomické hodnocení. Dále bude představen i současný trend v uplatňování robustních přístupů ve statistickém zpracování, který souvisí s rozvojem informačních technologií a jejich proniknutím z ryze vědeckého prostředí i do širšího okruhu analytických komunit. Robustní přístupy ke statistickému modelování tak dokáží ošetřit řadu omezení a nutných předpokladů běžných přístupů a mají tím velký potenciál v prakticky řešených úlohách (Blatná, 2008).

6.1 Vstupy z epidemiologie a biostatistiky

Následující přehled metod zpracování dat je sestaven pro účely porozumění principům konstrukce analýz vstupů pro úlohu hodnocení ekonomických dopadů zdravotních rizik. Pro následné provázání s ekonomickými ukazateli jsou zde představeny matematicko-statistické souvislosti s analýzou přežití a modely analýzy přežití. Informace jsou převzaty z aktuálních biomedicínských a biostatistických materiálů českých autorů (Pavlík et al., 2012; Zvárová et al., 2003) kvůli zachování kontaktu s realitou českého prostředí. Vybraná témata jsou pak zjednodušeně vysvětlena na základě práce (Holubová, 2011).

6.1.1 Charakteristika dat pro analýzu přežití

Pokud v rámci výzkumného úkolu sledujeme čas, který uplynul od určitého počátečního bodu sledování do výskytu dané události, hovoříme v epidemiologické a medicínské

terminologii o datech přežití. Počátečním bodem je obvykle medicínská intervence, jako prvotní diagnóza nemoci, nebo třeba začátek léčby v klinických studiích. V epidemiologických studiích může být počátečním bodem narození člověka nebo začínající projevy některých rizikových faktorů. Konečnou událostí pak může být smrt nebo předem určená událost, která nás zajímá. Metody analýzy přežití jsou tedy metody zabývající se popisem doby přežití neboli doby mezi těmito dvěma předem stanovenými událostmi.

Analýza přežití je použitelná vždy, když se ve výzkumu zajímáme nejen o četnost výskytu určitého typu události, ale také o časový průběh tohoto výskytu. Hlavním cílem v analýze přežití je odhad pravděpodobnosti přežití v čase. Tuto pravděpodobnost popisuje tzv. funkce přežití.

6.1.2 Funkce přežití

Funkce přežití představuje pravděpodobnost, že sledovaný jedinec bude v určitém čase naživu. Obecněji řečeno se jedná o pravděpodobnost, že se sledovaná událost do této doby ještě nevyskytla. Čas přežití jedince může teoreticky nabývat jakékoli nezáporné hodnoty a je reprezentován nezápornou náhodnou veličinou T . Skutečnou dobu přežití (dobu do výskytu sledované události) jedince označujeme t a chápeme ji jako realizaci náhodné veličiny T . Obecně předpokládáme, že pravděpodobnostní chování této proměnné lze vyjádřit pomocí hustoty pravděpodobnosti $f(t)$ a odpovídající kumulativní distribuční funkce $F(t)$ následujícího tvaru:

$$F(t) = Pr(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx. \quad (6.1)$$

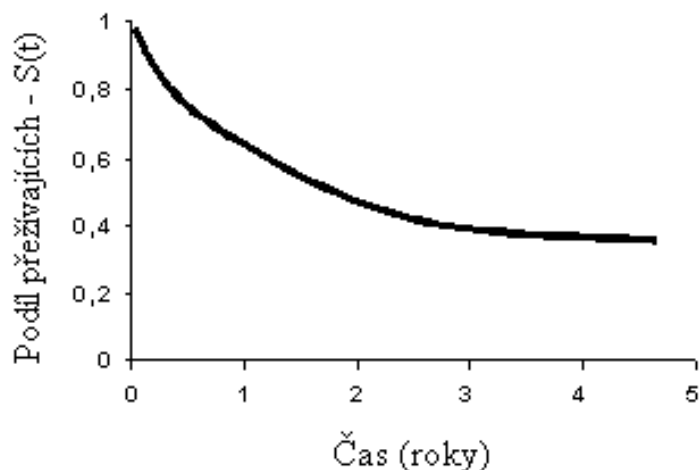
Pravděpodobnost přežití jedince do doby t je pak dána jako doplněk hodnoty distribuční funkce $F(t)$ do 1 (doplněk pravděpodobnosti výskytu události), tedy funkci přežití lze psát jako:

$$S(t) = Pr(T > t) = 1 - F(t). \quad (6.2)$$

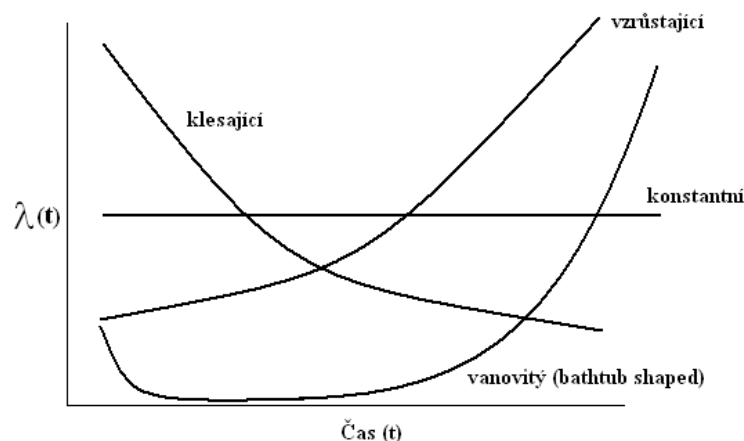
Funkce přežití udává pravděpodobnost, že jedinec přežije déle, než je nějaký stanovený čas t . To znamená, že $S(t)$ udává pravděpodobnost, že náhodná proměnná T převyší určený čas t .

Statistické metody pro analýzu přežití lze rozdělit na parametrické, které jsou založeny na určitých předpokladech o distribuční funkci rozdělení pravděpodobnosti, nebo neparametrické, které žádné takové předpoklady nepotřebují. Většina metod používaných v analýze přežití je neparametrická, to znamená, že předpokládáme, že doba přežití pacienta je popsána distribuční funkcí, ale neděláme předem žádné předpoklady ohledně typu tohoto rozdělení. Funkce přežití může nabývat pouze hodnot mezi 1 a 0, kdy hodnotu 1 má v počátečním čase a hodnotou 0 při výskytu poslední události (kdy t se teoreticky může blížit k nekonečnu) (viz obr. 6.1). To znamená, že přežití do pozdější doby je podmíněno přežitím předchozích období.

V analýze přežití je často také hodnoceno, ve kterém z úseků je riziko sledované události nejvyšší a ve kterém nejnižší. Příslušná veličina popisující toto riziko se nazývá *riziková funkce* (hazard function), která se značí $h(t)$ a představuje



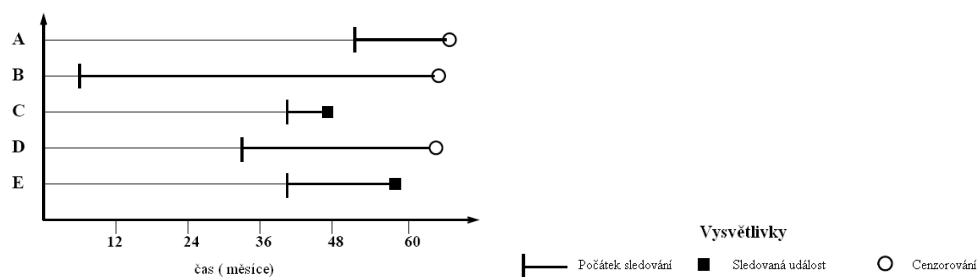
Obrázek 6.1: Příklad charakteristického průběhu křivky přežití v čase. Zdroj: (Holubová, 2011)



Obrázek 6.2: Ukázky charakteristických průběhů rizikové funkce v čase. Zdroj: (Holubová, 2011)

tedy okamžitou míru výskytu sledované události v čase t . V české literatuře se tato funkce také někdy označuje jako hazard, nebo funkce hazardu. Riziková funkce tedy popisuje míru “odcházení” pacientů z pozorování v čase. Co se týče průběhu rizikové funkce v čase, může být konstantní, vzrůstající či klesající, ale také může nabývat nějaké složitější podoby, například vanovitý tvar (bathtub-shape). Grafické znázornění různých typů průběhu rizikové funkce můžeme vidět na obr. 6.2.

Vanovitý tvar rizikové funkce je typický pro lidskou populaci. Sledování zde začíná narozením, kde riziko klesá téměř k nule po předcházející periodě kojenecké úmrtnosti a později v průběhu života pak začíná s přibývajícím věkem opět stoupat. Klesající riziková funkce je typická pro sledování efekty u léčby, kde je úmrtnost nejvyšší v okamžiku určení diagnózy ve studii a poté klesá s časem, tak jak jsou pacienti postupně vyléčeni. Konstantní riziková funkce se často používá pro modelování životnosti elektronických součástek, ale lze ji pozorovat i při statistickém modelování některých typů onemocnění (např. rakoviny prsu a prostaty), kde je úroveň úmrtnosti v počátečním stádiu onemocnění relativně konstantní a přetrvává dokonce 15 až 20 let po určení diagnózy.



Obrázek 6.3: Graficky znázorněný příklad cenzorování .

Riziková funkce může mít tedy různý průběh, na rozdíl od kumulativní funkce přežití, která má většinou jeden tvar (nerostoucí funkce jdoucí od jedné k nule) pro všechny typy dat. Riziková funkce nás proto může někdy lépe informovat o rozdílech mezi sledovanými skupinami pacientů. Obdobou kumulativní pravděpodobnosti přežití je v případě rizika sledované události tzv. kumulativní riziková funkce, která popisuje kumulativní nárůst rizika v čase.

6.1.3 Cenzorování

Studie zabývající se analýzou přežití jsou v praxi většinou ukončeny dříve, než u všech subjektů (pacientů) nastane sledovaná událost. Tuto situaci nazýváme v analýze přežití cenzorováním. Přítomnost cenzorování je jednou z charakteristických rysů analýzy přežití a odráží situaci, kdy máme k dispozici nekompletní informace o době přežití některých jedinců, to znamená, že neznáme přesný čas od začátku sledování do výskytu události, která nás zajímá.

Rozlišujeme cenzorování zprava (right-censoring), zleva (left-censoring) a intervalové (interval-censoring). V populační analýze přežití obecně známe dobu začátku sledování (nejčastěji datum diagnózy) a k cenzorování dochází ve chvíli, jestliže nejsme schopni sledovat pacienta po dostatečně dlouhou dobu, abychom zachytili danou událost. To znamená, že jsme schopni sledovat pacienta do času t bez pozorování sledované události a víme tedy pouze, že čas přežití je větší než t . Tento typ cenzorování je znám jako *cenzorování zprava* (například při sledování délky života víme, že osoba nezemřela do určité dané doby). Jestliže víme, že doba života pacienta trvá méně než určitou dobu, potom tuto dobu označujeme jako *cenzorovanou zleva*. Znamená to tedy, že u naměřené hodnoty víme, že ve skutečnosti je menší než je získaná hodnota (např. při měření koncentrace dioxinů víme, že skutečná hodnota je pod detekčním limitem).

Intervalové cenzorování je potom kombinací cenzorování zleva a zprava a vyjadřuje, že u naměřené hodnoty víme, že ve skutečnosti je v určitém intervalu. (Jako příklad můžu uvést třeba situaci, kdy při sledování délky života víme, že sledovaná osoba žila před pěti lety a v současnosti již nežije).

Názorný příklad cenzorování můžeme vidět na obr. 6.3.

Kromě cenzorování existuje ještě tzv. usekávání (truncation). Chceme-li například

studovat osoby, které byly na počátku studie bez sledovaného onemocnění, můžeme se rozhodnout, že vyloučíme jedince, kteří onemocní (příp. zemřou) během prvního roku sledování. Můžeme totiž předpokládat, že tyto osoby mohly mít sledovanou nemoc ve skryté podobě již před svým vstupem do studie. Rozlišujeme opět usekávání zprava, zleva a intervalové. Intervalové usekávání je opět kombinací obou předchozích typů.

6.1.4 Metody analýzy přežití

Metody používané k odhadu funkce přežití mohou být parametrické, neparametrické, nebo semi-parametrické. Každá skupina má své výhody, ale i nevýhody.

Metody neparametrické jsou charakterizovány tím, že v jejich případě neděláme žádné předchozí předpoklady o tvaru rozložení pravděpodobnosti, ze kterého časy přežití pochází. Tyto metody jsou často používány pro základní popis naměřených dat. Nejznámějšími neparametrickými metodami jsou Kaplan-Meierova metoda, či metoda Life-tables.

Metody semi-parametrické taktéž nevycházejí z předpokladu ohledně tvaru rizikové funkce v závislosti na čase, ale provádí předpoklady ohledně toho, jak sledované rizikové parametry působí na rizikovou funkci. Nejvýznamnější semi-parametrickou metodou je *Coxův regresní model proporcionálních rizik*.

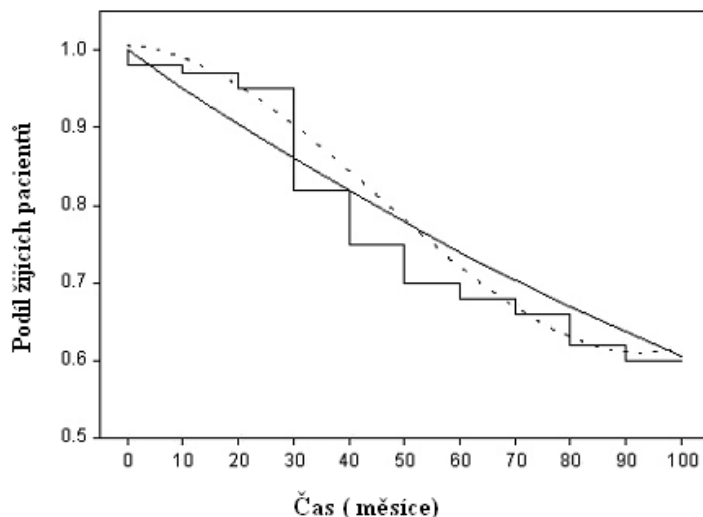
Metody parametrické jsou založeny na předpokladu, že distribuční funkce časů přežití má konkrétní tvar. Musíme tudíž tento typ rozložení specifikovat, což může působit při nesprávném předpokladu komplikace. Příkladem parametrickým modelů v analýze přežití jsou Weibullové modely.

6.1.5 Vybrané modely v analýze přežití

V následující části budou popsány dva základní modely analýzy přežití – Kaplan-Meierův odhad a odhad pomocí metody Life-table (úmrtnostní tabulky). Z terminologického hlediska je zde používán výraz “odhad” podle anglického ustáleného názvu “estimate”. Další možný překlad je “model”.

Oba uvedené modely jsou neparametrické. Základní myšlenkou těchto modelů je odhadnout z datového souboru jednu z funkcí, které jsou zmíněné v předchozí kapitole. Spolu s tím je také snahou odhadnout přesnost tohoto odhadu. Z odhadnuté funkce jenásledně možné odvodit oba popsané odhady, tedy Kaplan-Meierův odhad a odhad Life-table se týkají primárně funkce přežití, tedy $S(t)$.

Jedním z důvodů častého použití těchto metod jsou jejich malé nároky na předpoklady a z toho vyplývající šířka jejich použití. Jedná se o neparametrické metody a je možné pomocí nich zkoumat prakticky jakékoliv soubory dat o přežívání. Často jsou tak integrovány do komplexních analytických a vyhodnocovacích softwarových nástrojů jako např. Ecosense (pro life - table) nebo RiskPoll.



Obrázek 6.4: Příklad Kaplan-Meierova odhadu křivky přežití. Zdroj: Holubová, 2008

Kaplan-Meierův odhad funkce přežití

Kaplan-Meierův odhad funkce přežití je dnes nejpoužívanější metodou pro neparametrický popis přežití, která je na rozdíl od intervalových odhadů založena přímo na pozorovaných časech přežití.

Principem výpočtu je tzv. product-limit metoda odhadující celkovou pravděpodobnost přežití na základě pravděpodobností přežití jednotlivých časových úseků v průběhu sledování. K určení Kaplan-Meierova odhadu funkce přežití z cenzorovaných dat přežití se tedy nejprve rozdělí doba pozorování do časových intervalů. Každý z těchto intervalů je zkonstruován tak, aby v každém z nich byla obsažena alespoň jedna sledovaná událost, přičemž časové intervaly začínají právě těmito událostmi. Kaplan-Meierův odhad funkce přežití v čase t je potom dán součinem podmíněných pravděpodobností přežití každého z těchto intervalů. Čas přežití je většinou měřen v jednotkách odpovídajících kalendářnímu roku (dny, měsíce či roky).

Praktický výpočet Kaplan-Meierova odhadu pravděpodobnosti přežití si lze představit takto: nejprve jsou časy přežití pacientů seřazeny v rostoucím pořadí. Časy, v nichž se vyskytla sledovaná událost (v onkologii nejčastěji úmrtí nebo progresse onemocnění) jsou označeny jako t_i , přičemž $t_1 < t_2 < t_3 \dots < t_n$ a c_i jsou cenzorované časy přežití. Počet výskytů dané události (smrti) v čase t_i označme jako d_i . Jestliže se cenzorování i smrt vyskytnou ve stejný okamžik, potom předpokládáme, že cenzorování nastalo bezprostředně po okamžiku smrti. Kaplan-Meierův odhad kumulativní funkce přežití v čase t je pak dán následujícím vztahem

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_i < t} \frac{n_i - d_i}{n_i}, \quad (6.3)$$

kde n_i je počet pacientů v riziku sledované události na počátku i -tého intervalu a d_i je počet výskytů dané události v čase t_i

Kaplan-Meierův odhad funkce přežití má podobu schodovité funkce, ve které pravděpodobnost přežití klesá v každém okamžiku smrti. Naopak, mezi sousedními časy úmrtí je funkce přežití konstantní. Obr. 6.4.

Jak již bylo naznačeno, Kaplan-Meierův odhad je znázorněn jako schodovitá funkce s poklesem pravděpodobnosti přežití v každém čase úmrtí. Tato křivka je někdy nazývána jako “Kaplan-Meierova křivka”. V cenzorovaných časech se křivka přežití nemění, ale cenzorovaná pozorování ovlivňují úroveň a výšku výše popsaných “schodů”. Grafické znázornění lze pozorovat na obr. 6.4.

Odhad funkce přežití metodou Life-tables

Metoda Life-tables je někdy také nazývána metodou úmrtnostních tabulek. Jedná se o nejpřímochařejší metodu pro popis přežití sledovaných jednotek. Zároveň se jedná se o nejstarší používanou metodu pro hodnocení populačního přežití.

Rozdělení naměřeného času je tvořeno určitým počtem intervalů, kdy každý interval obsahuje určitý počet a poměr jednotek, které vstoupily živé do daného intervalu, počet jednotek, které selhaly v daném intervalu (tj. počet události úmrtí nebo počet případů smrti) a počet případů, kdy došlo ke ztrátě kontaktu nebo k cenzorování (k ukončení sledování).

Odhady pravděpodobnosti přežití jsou tedy zaměřeny na předem stanovené časové intervaly a míra rizika či incidence sledovaných událostí je počítána pro každý interval zvlášť. Intervaly mohou být tvořeny např. podle věku nebo kalendářního času. Časová osa je tedy rozdělena do i intervalů a principem výpočtu je myšlenka obdobná jako v případě Kaplan-Meierova odhadu: pacient musí postupně “přežít” každý z těchto intervalů, aby se dožil času t , v němž chceme odhadnout cílovou pravděpodobnost přežití. Pravděpodobnost přežití v j -tém intervalu je tedy dána vztahem:

$$S_j = 1 - \frac{d_j}{n_j - (1/2) c_j}, \quad (6.4)$$

kde d_j je počet nastoupených událostí během intervalu j , n_j je počet respondentů na začátku intervalu, kteří mohou v intervalu j podstoupit studovanou událost, c_j počet cenzorovaných pozorování během intervalu.

Pravděpodobnost, že pacient přežije od začátku sledování až do konce j -tého intervalu (cumulative survival proportion) je dána součinem každého z předešlých poměrů, tedy:

$$S(j) = \prod_{i=1}^j S_i. \quad (6.5)$$

Intervaly nemusí mít všechny stejnou šířku, ačkoli ji většinou mají (často jsou to intervaly o šířce jednoho roku). Metoda Life-tables je vhodná pro hodnocení onkologických dat na populační úrovni, kde jsou soubory dat pro svou velikost méně přesné

v záznamu celkové doby přežití (na populační úrovni je záznam přežití s přesností na dny daleko problematičtější než v případě monitorovaných klinických studií) a díky velikosti souborů je zde větší šance, že se v daném intervalu vyskytnou studované události. Výhodou této metody je, že poskytuje informace o změnách rizika sledované události ve stejně dlouhých po sobě následujících intervalech pozorování. Na rozdíl od data úmrtí, doba určení diagnózy nemůže být přesně zaznamenána, protože diagnóza rakoviny je všeobecně proces postupného testování za pomoci několika diagnostických technik.

6.1.6 Zobecněný lineární model

Medicínská data často neodpovídají předpokladům nejčastěji užívaných regresních metod, zakomponovaných do běžných analytických software (MS Excel apd). Navíc je ani není možné efektivně transformovat za pomoci neparametrických metod. Standardní metoda nejmenších čtverců se hodí jen pro skupinu problémů, kdy jsou všechny proměnné spojité a je splněn předpoklad normality reziduí (odchylek napozorovaných a vyrovnaných hodnot). Řešením tohoto problému je použití některé z metod ze skupiny zobecněných lineárních modelů.

Zobecněný lineární regresní model (anglicky “generalized linear regression” model, zkr. GLM) byl zaveden v roce 1972 Nelderem a Wedderburnem ([Nelder and Wedderburn, 1972](#)) a je tedy rozšířením lineárních modelů (LM) s větší tolerancí pro různé distribuční vlastnosti vysvětlovaných proměnných. V následující části bude stručně shrnut princip.

Tyto modely ve skutečnosti pracují s daty, kde se např. variabilita v datech mění s průměrem, dále můžeme mít četnostní data či binární závislé proměnné.

Zobecněné lineární regresní modely mají dva důležité parametry:

1. Transformační funkci (tzv. link function), která převádí hodnoty prediktoru na smysluplné hodnoty závisle proměnné.
2. Typ rozložení daný tak, aby vystihl vztah mezi rozptylem a očekávanou hodnotou Y . Předpokládané rozdělení pro danou nezávisle proměnnou totiž nemusí být normální, ale může rovněž pocházet z třídy exponenciálních rozdělení, které zahrnují důležitá rozdělení jako je binomické, Poissonovo, exponenciální nebo gamma. To, jak zobecněný lineární model odpovídá studovaným datům, se vyjadřuje pomocí tzv. deviance.

6.1.7 Linkovací funkce (link function)

Linkovací funkce je funkce, která převádí hodnoty vysvětlované proměnné na škálu slučitelnou s hodnotami, které nám definuje pravá strana regresní rovnice, obsahující vysvětlující proměnné. Například počty jedinců, které nikdy nemohou být záporné, se po transformaci vhodnou linkovací funkcí “roztáhnou” přes všechna

Tabulka 6.1: Přehled linkovacích funkcí pro různé typy proměnných.

Typ proměnné	„typická“ link funkce	Referenční distribuce
Počty (frekvence)	log	Poissonova
Pravděpodobnost (relativní frekvence)	Logit nebo probit	binomická
Rozměry, poměry	Inverze nebo log	gamma
Vzácné typy měření	Identita	Gaussova („normální“)

možná kladná a záporná čísla, která mohou hodnoty vysvětlujících proměnných násobené regresními koeficienty a sečtené dohromady vytvořit.

Volba linkovací funkce a předpokládaný typ distribuce se ovšem nemůže kombinovat náhodně. Linkovací funkce, která přísluší danému rozložení, se nazývá kanonická linkovací funkce (canonical link function). Přehled linkovacích funkcí pro různé typy proměnných je znázorněn v tabulce 6.1. U lineárních modelů, ve kterých náhodná komponenta závisí na předpokladu, že vysvětlující proměnná má normální rozdělení je kanonická linkovací funkce identita.

6.1.8 Coxův model proporcionálního rizika

Při výzkumu z oblasti medicíny, biologie nebo strojírenství, je vhodné ověřit, zda některá (nezávislá) proměnná (většinou spojitého typu) koreluje s časy přežití.

Coxův model proporcionálního rizika je nejběžnější regresní model, který je vhodný pro použití při analýze dat o přežití, neboť není postaven na předpokladu určitého konkrétního tvaru rozdělení. Považuje odpovídající míru rizika odvozenou z časů přežití, za funkci nezávislých proměnných. Žádné předpoklady se netýkají tvaru funkce rizika. V tomto smyslu je Coxova regrese typ modelu, který lze považovat za neparametrický. Matematicky lze princip Coxova modelu popsat následující rovnicí:

$$h(t, z_1, z_2, \dots, z_m) = h_0(t) e^{b_1 z_1 + b_2 z_2 + \dots + b_m z_m}, \quad (6.6)$$

kde $h(t, \dots)$ značí výsledné riziko dané hodnotami m nezávislých proměnných pro odpovídající hodnoty $z_1, z_2, \dots, z_m$ a odpovídající hodnoty času přežití t . Termín $h_0(t)$ se nazývá základní riziko (baseline hazard), což je riziko pro danou jednotku, když všechny nezávislé proměnné jsou rovny nule. Model lze linearizovat dělením obou stran rovnice $h_0(t)$ a dále logaritmováním přirozeným logaritmem každé strany na tvar:

$$\log \frac{h(t, z_1, z_2, \dots, z_m)}{h_0(t)} = b_1 z_1 + b_2 z_2 + \dots + b_m z_m, \quad (6.7)$$

což je lineární model se snadnějším odhadem parametrů.

Předpoklady modelu Zatímco model nevyžaduje konkrétní tvar rozdělení funkce rizika, vyžaduje jiné dvě podmínky:

1. Multiplikativní vztah mezi hodnotami funkce rizika, který se také označuje jako předpoklad proporcionality.
2. Platnost výše uvedeného logaritmicko-lineárního vztahu mezi nezávislými proměnnými funkce rizika.

6.2 Robustní statistické metody – Kvantilová regrese

Jak bylo popsáno v případě epidemiologických dat lze často pouze obtížně dodržet předpoklad normality reziduí a řešení v rámci GLM nepokrývají veškeré potřeby analytiků. V souvislosti s prudkým nástupem informačních technologií do oblasti medicíny tak byly tyto základní metody a přístupy již implementovány do analytických nástrojů komerčního charakteru i formou rozšiřujících knihoven volně dostupných programů typu R. Rozšířené možnosti rychlého srovnání deviance jednotlivých modelů tak vedly k aplikaci dalších řešení z kategorie tzv. robustních regresních modelů. Jejich robustnost spočívá především ve schopnosti řešit prokládání dat regresními modely, které nesplňují výše zmiňovanou podmínku normality reziduí (např. v případě velké disperze pozorovaných hodnot, podezření na heteroskedastičnost dat nebo v případě četných odlehlých a vzdálených pozorování) a proto na ně nelze použít tradiční regresní parametrické a neparametrické metody, jako je např. oblíbená metoda nejmenších čtverců. V knize Heritier ([Heritier, 2009](#)) jsou tak tímto způsobem aktualizovány dosavadní přístupy v biostatistice včetně příkladů kódů v R. Do České republiky se zatím dostaly tyto trendy v souvislosti s aplikací v oblasti biostatistiky a medicínou pouze v omezené míře a to pouze v aplikovaných matematických oborech na úrovni diplomových prací ([Petřík, 2010](#)). Obdobný pozvolný trend lze zaznamenat i v souvislosti s ekonomickými obory ([Blatná, 2008](#)). Následující přístup k modelování pomocí kvantilové regrese je pouze jeden zástupce z řady robustních řešení s ohledem na odlehlá a vzdálená pozorování a pro řadu pozorování s velkým rozptylem hodnot. Taková analýza se týká např. dat souvisejících např. s úhradami nákladných případů běžně se vyskytující diagnózy, které leží mimo modální, střední i průměrné hodnoty a jejichž pominutí je z pohledu ekonomické predikce nemožné. Následující popis principu kvantilové regrese ve srovnání s běžnou regresí tak vychází z materiálu Blatné ([Blatná, 2008](#)) a z práce Petříka ([Petřík, 2010](#)).

6.2.1 Kvantily a kvantilová funkce

Definice 6.1. $F(y) = P(Y < y)$ je distribuční funkce daného rozdělení náhodné veličiny Y a $\alpha \in (0, 1)$. Potom funkce

$$Q(\alpha) = F^{-1}(\alpha) = \inf \{y \in \mathbb{R} : F(y) \geq \alpha\} \quad (6.8)$$

se nazývá kvantilová funkce a číslo $y_\alpha = Q(\alpha)$ se nazývá α -kvantil rozdělení s distribuční funkcí $F(y)$.

α -kvantil y_α rozděluje definiční obor náhodné veličiny Y na dvě části tak, že platí.

$$P(Y \leq y_\alpha) = \alpha \quad \text{a} \quad P(Y \geq y_\alpha) = 1 - \alpha. \quad (6.9)$$

Mezi nejvýznamnější kvantily patří *medián* $y_{0,50}$, který rozděluje definiční obor náhodné veličiny Y na dvě stejně velké části a pro který tedy platí.

$$P(Y \leq y_{0,50}) = P(Y \geq y_{0,50}) = 1/2. \quad (6.10)$$

Další často používané hodnoty jsou *dolní kvartil* $x_{0,25}$ a *horní kvartil* $x_{0,75}$.

$$P(Y \leq y_{0,25}) = 1/4, \quad P(Y \geq y_{0,25}) = 3/4, \quad (6.11)$$

$$P(Y \leq y_{0,75}) = 3/4, \quad P(Y \geq y_{0,75}) = 1/4. \quad (6.12)$$

6.2.2 Souvislost klasické a kvantilové regrese

Regresní analýza je metoda znázorňující vztah závisle proměnné Y na nezávisle proměnných X_i , $i = 1, 2, \dots, k$. V klasickém lineárním regresním modelu tento vztah zapisujeme jako:

$$Y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon, \quad (6.13)$$

případně maticově jako,

$$Y = \mathbf{x} \cdot \boldsymbol{\beta} + \epsilon, \quad (6.14)$$

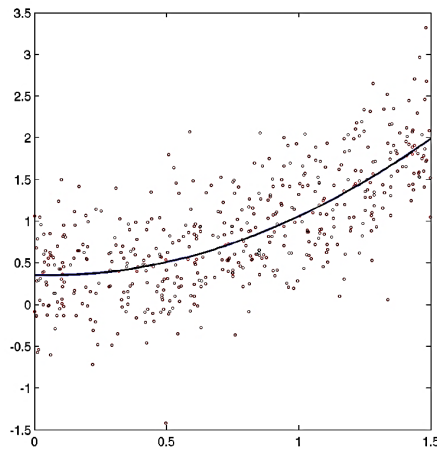
kde $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ a $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$, přičemž předpokládáme, že rušivá složka ϵ má pro všechna pozorování rozdělení s nulovou střední hodnotou a konstantním rozptylem.

Pokud naměřenými daty proložíme křivku (viz obr. x), získáme znázornění podmíněné střední hodnoty $E[Y|\mathbf{X} = \mathbf{x}]$. Nechceme-li však modelovat pouze střední hodnotu, můžeme při použití kvantilové regrese a vykreslení několika kvantilových křivek (viz obr. 6.5) získat přehled o chování jednotlivých kvantilů rozdělení náhodné veličiny Y .

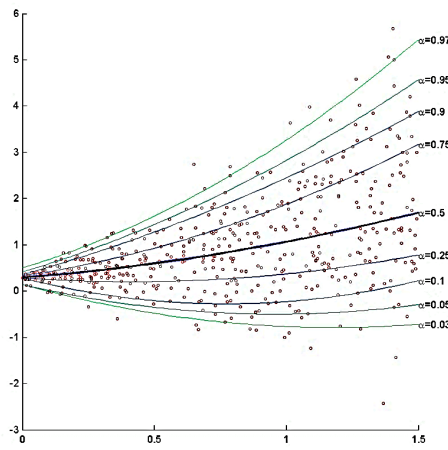
6.2.3 Definice kvantilových křivek

V klasickém regresním modelu se zabýváme odhadem podmíněné střední hodnoty $E[Y|\mathbf{X} = \mathbf{x}]$, který odpovídá hodnotě θ minimalizující výraz:

$$E[(Y - \theta)^2 | \mathbf{X} = \mathbf{x}] = E[\rho(Y - \theta) | \mathbf{X} = \mathbf{x}], \quad (6.15)$$



(a)



(b)

Obrázek 6.5: Ukázka dat vhodných pro klasickou regresi, plná čára znázorňuje podmíněnou střední hodnotu (a). Ukázka dat vhodných pro kvantilovou regresi spolu s kvantilovými křivkami (b).

kde funkce $\rho(u) = u^2$. Tento odhad obvykle získáváme *metodou nejmenších čtverců*, tj. minimalizováním výrazu:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \mathbf{x} \cdot \beta)^2 \quad (6.16)$$

vzhledem k vektoru parametrů β , přičemž n je počet jednotlivých pozorování.

Obdobně můžeme definovat podmíněný medián náhodné veličiny Y při daných hodnotách $\mathbf{X} = \mathbf{x}$ jako řešení úlohy minimalizovat výraz:

$$E[\rho(Y - \theta) | \mathbf{X} = \mathbf{x}] = E[|Y - \theta| | \mathbf{X} = \mathbf{x}] \quad (6.17)$$

vzhledem k parametru θ , přičemž funkce ρ zde má tvar $\rho(u) = |u|$. Vhodnější je však brát funkci $\rho_{0,5}(u) = 0,5|u|$, odhad podmíněného mediánu potom získáme minimalizováním

$$\sum_{i=1}^n \rho_{0,5}(y_i - \mathbf{x} \cdot \beta) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |y_i - \mathbf{x} \cdot \beta| \quad (6.18)$$

vzhledem k vektoru parametrů β .

Předchozí vzorce můžeme zobecnit, nahradíme-li hodnotu 0,5 proměnnou α . Funkci $\rho_\alpha(u)$ můžeme pak vyjádřit pomocí indikátorové funkce

$$I_A(u) = \begin{cases} 1 & u \in A \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \quad (6.19)$$

jako

$$\rho_{\alpha}(u) = \alpha I_{[0,\infty)}(u) - (1 - \alpha) u I_{(-\infty,0)}(u) = \quad (6.20)$$

$$= u (1 - I_{(-\infty,0)}(u)) \quad (6.21)$$

$$= \begin{cases} \alpha u & u \geq 0 \\ (\alpha - 1) u & u < 0 \end{cases} \quad (6.22)$$

Odhady podmíněných α -kvantilů pro dané hodnoty veličiny $\mathbf{X}$ získáme při volbě příslušných hodnot proměnné α jako hodnotu parametru *theta*, která minimalizuje

$$E[\rho_{\alpha}(Y - \theta) | \mathbf{X} = \mathbf{x}]. \quad (6.23)$$

Odpovídající minimalizační úlohu

$$\min_{\beta \in \mathbb{R}^k} \sum_{i=1}^n \rho_{\alpha}(y_i - \mathbf{x} \cdot \beta) \quad (6.24)$$

lze účinně řešit například pomocí metod lineárního programování.

6.3 Shrnutí

V kapitole byly představeny metody a nástroje disciplín, které zajišťují vstupy pro ekonomické hodnocení zdravotních rizik. Za klíčové lze v tomto ohledu považovat matematicko-statistické nástroje v epidemiologii. V rámci těchto disciplín i v návaznosti na ekonomické vědy jsou vzhledem k interdisciplinární integraci dat vhodné tzv. robustní statistické metody.

7. Ekonomické hodnocení zdravotního poškození způsobené ionizujícím zářením

V následující kapitole je prezentována ukázková případová studie ekonomického hodnocení zdravotních rizik vyplývajících z působení ionizujícího záření na které se autorka této práce podílela. Úvodní epidemiologická část byla zpracována výhradně spolupracovníky Ladislavem Tomáškem, Vladislavem Klenerem, Pavlem Praksem s příspěvky Pavla Danihelky jako vstup pro následné matematické modelování ekonomických dopadů. Výsledky této studie byly publikovány v rámci opoňované Závěrečné zprávy a průběžná řešení úlohy byla veřejně diskutována v rámci přednášky vedené autorkou na Dnech radiační ochrany v Koutech nad Desnou (2007). Na základě zde uvedené případové studie byla následně revidována hodnota peněžního ekvivalentu jednoho Sv uvedených pro alternativní expoziční situace taxativně v odst. 3 §17 vyhlášky Státního ústavu jaderné bezpečnosti o radiační ochraně č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.

7.1 Úvod a motivace

V rámci spolupráce na studii “Společenská a ekonomická hlediska významná pro řízení radiační ochrany” byl prakticky realizován postup popsáný v obecném modelu. Rozsáhlý dlouhodobý a metodologicky propracovaný výzkum vlivu ionizujícího záření na lidské zdraví představuje ideální příklad pro předvedení obecného algoritmu řešení úlohy a praktickou ukázkou jeho využití. Speciální vlastnosti vlivu ionizujícího záření na lidský organismus umožňují na rozdíl od chemických látek relativně omezit míru nejistot v klíčovém úvodním kroku při stanovení expozičního scénáře a následné kvantifikaci dávky a účinku. Tato počáteční výhoda pak umožňuje soustředit se na následující kroky hodnotícího postupu při zachování relativně nízké míry nejistot.

Cílem studie je znovu prakticky zhodnotit oprávněnost kvantitativních hodnot peněžního ekvivalentu jednoho Sv uvedených pro alternativní expoziční situace taxativně v odst. 3 §17 vyhlášky Státního ústavu jaderné bezpečnosti o radiační ochraně č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně a to podle aktuálních postupů a trendů v oblasti ekonomického hodnocení zdravotních rizik. Tento monetární ekvivalent, který se přímo pro potřeby v bezpečnosti v radiační ochraně označuje jako m [Kč/Sv], je pak dále přímo aplikovatelný v cost/benefit analýze směřující ke stanovení optimalizované úrovně ochrany před zářením vyjádřené veličinou [Sv]. Monetární ekvivalent m

[Kč/Sv], se obecně stanovuje ze “statistické ceny života” [Kč] násobením převodním vztahem mezi ozářením a zdravotním poškozením [1/Sv]:

$$\begin{aligned} & \text{”statistická cena života” [Kč]} \times (\text{převodní vztah zdravotní poškození/ekvivalentní dávka}) [1/\text{Sv}] \\ &= \text{”cena manSv” [Kč/Sv]}. \end{aligned} \quad (7.1)$$

Převodní vztah zdravotní poškození /ekvivalentní dávka (koeficient rizika) je důležitý nejen pro výpočet monetárního ekvivalentu m a analýzu cost/benefit, ale i pro stanovení rizik spojených s uplatňováním optimalizačních mezí či jiných postupů při řízení ochrany před zářením. Odvození kvantitativních hodnot těchto koeficientů rizika je velmi citlivou (a často kritickou) složkou návrhů řešení v radiační ochraně.

7.2 Pravděpodobnost zdravotního poškození jako funkce dávky záření

Stanovení pravděpodobnost zdravotního poškození je výsledkem formalizovaných postupů vycházejících z primárních dat získaných epidemiologickými studiemi a bi-ofyzikálními experimenty. Vzhledem k tomu, že při řízení radiační ochrany přicházejí do úvahy zejména dávky malé (do úrovně 100 mSv ročně, jak vymezuje například přehled soustavy optimalizačních mezí v Doporučeních (ICRP, 2007)) je třeba rozumět pod pojmem zdravotní poškození především *důsledky onemocnění zhoubnými nádory*.

Výchozím evidovaným ukazatelem zdravotních důsledků onkologických onemocnění orgánu či tkáně T je incidence nádorů $R_{I,T}$. Z tohoto ukazatele lze při znalosti letální frakce (podílu nevyléčitelných stadií nádoru) k vypočítat pravděpodobnost výskytu k smrti vedoucích (fatálních) zhoubných nádorů

$$R_{F,T} = R_{I,T}k. \quad (7.2)$$

Pravděpodobnost výskytu nefatálních nádorů (vyléčených) je pak

$$R_{NF,T} = R_{I,T} - R_{I,T}k \quad (7.3)$$

Je zřejmé, že kriteria k zařazení do té či druhé skupiny jsou stanovena na základě statistických údajů podle dohodnuté konvence, za vyléčené jsou zpravidla pokládány nádory vedoucí alespoň k pětiletému přežití.

Celková zdravotní újma je dána pravděpodobnostmi smrtí na fatální nádor R_F a pravděpodobnostmi “virtuálních smrtí”, tj. počtu nefatálních nádorů $R_{NF,T}$ násobených faktorem závažnosti utrpení q , vztaženým podle další konvence k frakci letality k . Vychází se přitom z modelu, ve kterém se utrpení z vyléčeného nádoru vyjadřuje frakcí “virtuální smrti” (je tedy ekvivalentní určitému zlomku smrti).

Tabulka 7.1: Průměrné hodnoty nominálního rizika a detrimentu pro celou populaci a obě pohlaví

Tkáň T	Nominální koeficient rizika-počet případů rakoviny na 104 osob ozářených po 1 Sv $R_{I,T}$	Frakce letality k	Nominální riziko zohledňující letalitu kvalitu života $R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$	Relativní ztráta a délky života vlivem nádoru I_T	Újma (Detri-ment) D_T	Relativní újma
Plíce	114	0,89	112,9	0,80	90,3	0,157
Jícen	15	0,93	15,1	0,87	13,1	0,023
	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
Celkem	1715		564,9		574	1,000

Dohodou je dále stanoveno, že utrpení je větší při postižení nádory s vysokou fatalitou (snad pro spojení s vyšší mírou obav o další osud a s větším traumatizujícím vlivem léčebných postupů), než s nádory s malou fatalitou. Hodnota q_T se skládá ze složky paušální q_{min} , která zřejmě zajišťuje, aby kterémukoliv nefatálnímu nádoru byla přiřazena určitá míra “strádání”. Konvenčně je stanovena na hodnotu $q_{min} = 0,1$. Druhá složka se dopočítává podle velikosti letální frakce k_T podle vzorce:

$$q_T = q_{min} + k_T(1 - q_{min}). \quad (7.4)$$

Při požití konvenční hodnoty $q_{min} = 0,1$ lze dospět k zjednodušení: $q_T = 0,1 + 0,9k_T$. Pro kůži se bere $q_{min} = 0$, pro štítnou žlázu $q_{min} = 0,2$.

Do úplného vzorce pro stanovení újmy je ještě zahrnuto vážení na zkrácení života, tedy na počet let, o který nádor zkracuje očekávané dožití. Je zřejmé, že více zkracuje život nádor s vyšší mírou fatality a také nádor, jehož výskyt je typický pro nižší věk (např. leukémie, tj. zhoubné bujení vycházející z kostní dřeně). Pro zjednodušení výpočtu se toto zkrácení nevyjadřuje přímo počtem let, nýbrž relativním číslem I_T vztaheným k průměrnému zkrácení života pro nádor, které činí 15 let. Ztrátě života 15 let potom odpovídá $I_T = 1$, ztrátě života 20 let odpovídá $I_T = 1,33$ a ztrátě života 10 let je $I_T = 0,66$.

Celková zdravotní újma D_T (detriment) způsobená zhoubným nádorem tkáně či orgánu T je tedy vyjádřena vztahem:

$$D_T = (R_{F,T} + q_T R_{NF,T}) I_T. \quad (7.5)$$

Výše v rovnici (7.1) byla použita neurčitá formulace “převodní vztah zdravotní poškození/ekvivalentní dávka”, která nyní může být nahrazena přesněji definovaným vztahem “zdravotní újma/ekvivalentní dávka”.

Pro dobré porozumění tabulkám, které jsou v dalším textu uvedeny a které budou zřejmě dále používány k výpočtům v této studii, je třeba na příkladu jedné z tabulek, která uvádí průměrné hodnoty újmy souhrnně pro obě pohlaví, ukázat formální postup výpočtu zdravotní újmy (detrimentu). Uvedený příklad je uveden v tabulce 7.1, která je převzata z dokumentu (ICRP, 2007), tvořícího annex A k nově vydaným Doporučením ICRP 2007.

Nominální koeficient rizika nádoru tkáně T na 10 000 osob ozářených (per caput) 1 Sv vychází ze stanovení incidence $R_{I,T}$. Násobením frakcí letality k a získá se počet fatálních nádorů $R_{F,T}$. K nim se připočítá počet “virtuálních smrtí” vypočítaný jako počet nefatálních nádorů násobených faktorem kvality $q_T R_{NF,T}$. Násobením dvojčleny (čtvrtý sloupec) relativní hodnotou I_T (pátý sloupec) se dospěje k hodnotě D_T (šestý sloupec).

V posledním sloupci je uvedeno jakou frakci celkové újmy představuje újma z nádoru, postihujícího tu kterou tkáň nebo orgán (tento údaj je využit také v jiné oblasti, tj. při odvození tkáňových váhových faktorů w_T významných pro stanovení efektivní dávky).

Lze tedy rekapitulovat, že jde o aplikaci těchto vztahů:

$$R_{I,T} = R_{F,T} + R_{NF,T}, \quad (7.6)$$

$$D_T = (R_{F,T} + q_T R_{NF,T}) R_{F,T} + q_T R_{NF,T}, \quad (7.7)$$

$$q_T = q_{min} + k_T(1 - q_{min}), \quad (7.8)$$

kde k_T je frakce letality $0 < k_T < 1$.

Předložený rozbor zdravotního poškození ve vztahu k malým dávkám záření byl zaměřen zatím na posouzení újmy D , to znamená ztrát, strádání a útrap vyplývajících jako důsledek z onemocnění zhoubnými nádory vyvolanými ozářením.

K pozdním účinkům záření po ozáření malými dávkami, na které se také vztahuje hypotéza o lineárním a bezprahovém vztahu mezi dávkou a účinkem (které se tedy počítají spolu s nádory mezi účinky stochastické) patří i *účinky genetické (hereditární)*. Pro ně je charakteristické, že nezpůsobují zdravotní následky u ozářených osob rodičovské generace, ale postihují potomky jak v první, tak i v dalších generacích. Pokládá se za legitimní, zahrnovat do veličiny detriment D také tyto nepříznivé zdravotní projevy ozáření.

I když neexistují dosud žádná přímá pozorování dokládající zvýšený výskyt geneticky podmíněných poruch u potomstva nadměrně ozářených osob, je dostatek důvodů předpokládat, že takové účinky u lidí nastávají, jak lze soudit z pokusů na zvířatech a z radiobiologických studií.

Vědecký výbor Spojených národů pro účinky atomového záření (United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiations - UNSCEAR), vydal v r. 2001 zprávu “Hereditary Effects of Radiation” (viz ?), shrnující a hodnotící data obsažená v několika stovkách původních vědeckých prací. Závěry tohoto dokumentu, které vedly k podstatně nižšímu odhadu genetického rizika ozáření než tomu bylo v dřívějších letech, byly plně respektovány v Doporučeních (ICRP, 2007) a jejich annexu A. Formalismus odvození újmy D z těchto dat byl přitom poněkud modifikován.

Zatímco v ICRP 60 z roku 1991 se riziko vztahovalo k teoreticky rovnovážné populaci, tedy k sumě účinků ve všech příštích generacích, je nyní kritériem postižení potomků jen v prvních dvou generacích. Současný přístup má pevnější základ než

Tabulka 7.2: Nominální koeficienty rizika pro rakovinu a dědičné choroby vyjádřené jako zdravotní újma D (v jednotce 10^{-2} Sv^{-1})

Exponovaná populace	Rakovina	Dědičné účinky	Celková újma D
	ICRP 2007 - ICRP 1991	ICRP 2007 - ICRP 1991	ICRP 2007 - ICRP 1991
Obecná populace	5,5 - 6,0	0,2 - 1,3	5,7 - 7,3
Pracovníci - dospělí	4,1 - 4,8	0,1 - 0,8	4,2 - 5,6

aplikace na teoretický model, přitom rozdíl kvantitativních hodnot parametrů odvozených pro oba modely není podstatný.

Souhrnný přehled kvantitativních hodnot ukazatelů zdravotního poškození ionizujícím zářením je podán v Tab. 7.2. Jak je patrné také z Tab. 7.2, činil dřívější odhad újmy z dědičných účinků na obecnou populaci $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ a na populaci pracovníků (věk 18-64 let) $0,8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$. Současné hodnoty činí $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ pro obecnou populaci a $0,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ pro pracovníky. Je patrný výrazný pokles odhadu genetického rizika, které nyní činí asi jen 4% z celkové újmy. Pokud jde o formalismus výpočtu byl převzat údaj o zkrácení života vlivem geneticky podmíněných onemocnění o 20 let, tj. zůstává tedy nezměněno relativní zkrácení života $I_T = 1,33$. Naproti tomu byla nově uplatněna frakce letality $k = 0,8$, která v roce 1991 nebyla stanovena a vlastně se předpokládala v úrovni $k = 1$.

K výpočtu peněžního ekvivalentu jednoho Sievertu m [Kč/Sv], popřípadě dalších socioekonomických ukazatelů použitelných v procesu ekonomického hodnocení je poskytnut v příloze B v anglickém jazyce dokument annex A k Doporučením (ICRP, 2007) (označovaný také jako C1 Foundation Document).

Tabulka A1 v příloze B ukazuje nové (2007) a dřívější (ICRP 60/1991) hodnoty frakce letality k , faktoru kvality q a relativního zkrácení života I_T pro 12 jednotlivých orgánů a tkání, pro položku “jiné nádory orgánů” - “other solids” dříve označovanou jako “zbytek” (rozumí se ostatních nespecifikovaných lokalizací nádorů) a dále pro gonády (ve smyslu újmy z dědičného postižení potomků). V tabulce A.1 v příloze B je uveden ve stejném členění výpočet újmy a relativní újmy vyjádřený jako průměr hodnot v mužské a ženské obecné populaci a populaci pracovníků. V tabulkách A.2 v příloze B a, b je totéž zpracováno odděleně pro muže a ženy. Z uvedeného rozboru vyplývá, že použití veličiny zdravotní újma (detriment) podle specifikace annexu A Doporučení (ICRP, 2007) představuje vhodný zdroj údajů pro výpočet zdravotních následků ozáření v řešeném problému ekonomického hodnocení.

Formalizace použitá v tomto dokumentu pro výpočet detrimentu respektuje nové vědecké poznatky posledních let. Pokud jde o nádory vychází ze statistiky incidence, což je přesnější než statistika mortality. Důsledky ozáření jsou váženy smrtností nádoru a genetických poškození ($0 < k > 1$), relativní ztrátou let života I_T a kvalitou let reziduálního života q_T . Početné tabulky annexu A umožňují posoudit průhlednost použitých metodických postupů.

Přímé použití uvedených koeficientů je namístě pro expoziční situace, které jsou spojeny s celotělovým nebo kvasi-celotělovým ozářením osob (týká se většiny osob hodnocených podle výsledků osobní dozimetrie). Pro expozici radonu je možné bud'

použít z tabulek jen položky vztahující se k rakovině plic nebo vycházet z původních dat epidemiologických studií RNDr. Ladislava Tomáška, CSc. Přístup s použitím institutu újmy má výhodu v tom, že je v souladu s koncepcí základního dokumentu Doporučení ICRP - 2007.

7.3 Odhad újmy v závislosti na chronické expozici a věku při expozici

Základem hodnocení újmy v závislosti na expozici jsou koeficienty rizika (nominální koeficienty rizika) odvozené z epidemiologických studií populací vystavených účinkům ionizujícího záření, zejména osob přeživších bombardování v Hirošimě a Nagasaki označované LSS (Life Span Study). Míra újmy na jednotku dávky závisí do značné míry na riziku rakoviny indukované zářením. Toto riziko se obvykle vyjadřuje pomocí modelů relativního a absolutního rizika. V modelu relativního rizika je zvýšení rizika ER (excess risk) úměrné spontánnímu výskytu v populaci R_0 a velikosti dávky D :

$$ER = (ERR/Sv)R_0D \quad (7.9)$$

V modelu absolutního rizika je zvýšení rizika ER úměrné jen dávce D .

$$ER = (EAR/Sv)D \quad (7.10)$$

V multiplikativní projekci (model relativního rizika) se předpokládá, že všechny faktory, které modifikují spontánní riziko mají stejný vliv na indukované riziko. Naproti tomu v aditivní projekci (model absolutního rizika) se předpokládá, že ionizující záření působí nezávisle jako jeden z mnoha faktorů. Oba modely jsou jen idealizací skutečného stavu a vyžadují korekce v závislosti na věku při expozici, době od expozice a dosaženém věku. Vzhledem k tomu, že

$$\text{dosažený věk} = \text{věk při expozici} + \text{doba od expozice}, \quad (7.11)$$

stačí k modifikaci rizika jen dvě z uvedených veličin. Odhady parametrů v modelech absolutního a relativního rizika s modifikujícím vlivem věku při expozici a věku při expozici byly odvozeny v kohortě osob přeživších bombardování v Hirošimě a Nagasaki s modifikujícím vlivem věku při expozici E a dosaženého věku A , a to formálně ve stejném tvaru:

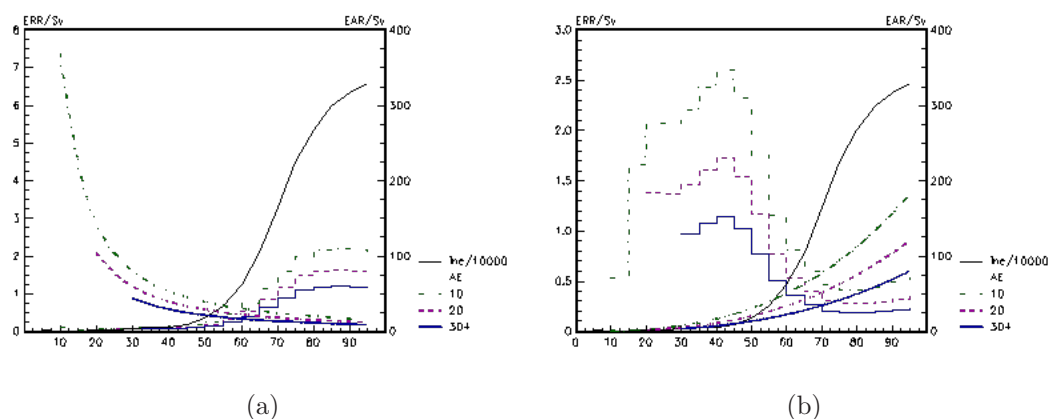
$$ERR/Sv = b_S \exp(cE^* + a \log(A/60)), \quad (7.12)$$

$$EAR/Sv = b_S \exp(cE^* + a \log(A/60)) \quad \text{na 10 000 osob-roků.} \quad (7.13)$$

V těchto modelech označuje index S u parametru b příslušné koeficienty rizika pro muže (M) a ženy (F), a dále E^* označuje hodnotu $(E - 30)/10$ pro věk při expozici $E < 30$ a $E^* = 0$ pro $E > 30$. Závislost na věku při expozici a dosaženém věku se předpokládá stejná pro obě pohlaví. Oba modely byly odvozeny jak pro incidenci, tak

Tabulka 7.3: Parametry modelů relativního (ERR) a absolutního (EAR) rizika odvozených z incidence a mortality pro skupinu všech zhoubných novotvarů s výjimkou rakovin krvinek, kůže a štítné žlázy

	b_M	b_F	c	a
ERR				
incidence	0,33	0,57	-0,30	-1,4
mortalita	0,23	0,47	-0,56	-0,67
EAR				
incidence	22	28	-0,41	2,8
mortalita	11	13	-0,37	3,5



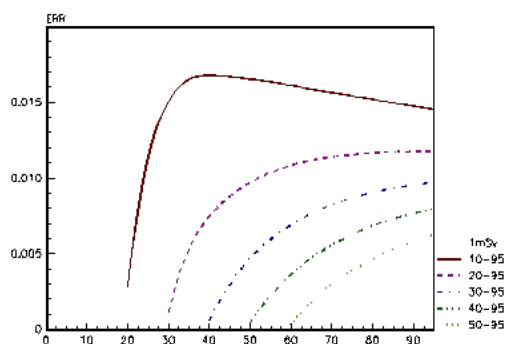
Obrázek 7.1: Odhady převýšení relativního rizika podle modelu ERR a jeho přepočtení na absolutní riziko podle incidence v euro-americké populaci (stupňovité čáry, pravá osa) (a). Odhady převýšení absolutního rizika podle modelu ERR a jeho přepočtení na relativní riziko podle incidence v euro-americké populaci (stupňovité čáry, levá osa). (b).

pro mortalitu ve studii LSS. Konečný odhad újmy v posledních dokumentech ICRP je kombinací obou přístupů relativního a absolutního rizika. Pro většinu lokalizací se uvažuje poměr ERR:EAR=1:1, u leukémií a rakoviny prsu ERR:EAR=0:1, u rakovin štítné žlázy a kůže ERR:EAR=1:0, u rakovin plic ERR:EAR=3:7. V Tabulce 7.3 jsou pak shrnuty parametry modelů relativního a absolutního rizika odvozených z incidence a mortality pro skupinu všech zhoubných novotvarů s výjimkou rakovin krvinek, kůže a štítné žlázy.

Závislosti koeficientů relativního (ERR/Sv) a absolutního (EAR/Sv) rizika na věku pro 3 různé hodnoty věku při expozici (10, 20 a 30 let) pro populaci mužů jsou ilustrovány na Obr. 7.1(a) a 7.1(b). Tyto závislosti se vztahují k modelům odvozeným z incidence. Levá osa v každém grafu se vztahuje k ERR/Sv, pravá k EAR/Sv. Plná esovitá čára v pravé části grafu představuje incidence solidních nádorů v euro-americké populaci na 10 000. Stupňovité čáry představují přepočtení EAR/Sv na ERR/Sv za použití této incidence. Z těchto grafů vyplývá relativně dobrá shoda obou modelů. Poněkud větší rozdíly v mladším věku vyplývají z větší

Tabulka 7.4: Parametry modelů relativního rizika (ERR) odvozených z incidence zhoubných novotvarů pro jednotlivé lokalizace

	b_M	b_F	c	a
žaludek	0,25	0,54	-0,13	-1,9
tlusté střevo	0,72	0,54	-0,16	-3,1
játra	0,40	0,36	-0,15	-1,5
plíce	0,39	1,68	+0,05	-1,1
plíce (mortalita)	0,36	0,80	-0,36	+0,34
prs		1,19	-0,04	-2,0
prostata	0,12		-0,30	-1,4
děloha		0,027	-2,0	+5,6
vaječník		0,47	-0,13	-1,6
močový měchýř	0,51	1,62	-0,04	0,28
ostatní	0,27	0,45	-0,29	-2,8



Obrázek 7.2: Převýšení relativního rizika solidních nádorů (ERR) v důsledku chronické expozice 1mSv ročně v různých věkových intervalech.

nejistoty dané malými počty.

Při posuzování vhodnosti podkladů z incidence nebo mortality je nutno uvažovat i skutečnost, že v japonské studii data o mortalitě jsou k dispozici od roku 1950, zatímco data o incidenci jsou k dispozici až od roku 1958, které tudíž nezachycují zvýšené riziko v prvních 12 letech od expozice. Nejnovější doporučení ICRP vychází z incidence a odhady celkové újmy způsobené ionizujícím zářením jsou korigovány na letalitu zhoubných novotvarů.

Oba modely rizika byly odvozeny ve skupinách následujících lokalizací: žaludek, tlusté střevo, játra, plíce, prs, prostata, děloha, vaječník, močový měchýř a ostatní rakoviny s výjimkou rakovin krve tvorné tkáně, kůže a štítné žlázy. Pro leukémie byl odvozen lineárně kvadratický model absolutního rizika. Numerické hodnoty parametrů modelů obsahují Tab. 7.4 a 7.5.

Odhady újmy způsobené ionizujícím zářením jsou pro potřeby řízení radiační

Tabulka 7.5: Parametry modelů absolutního rizika (EAR) odvozených z incidence zhoubných novotvarů pro jednotlivé lokalizace

	b_M	b_F	c	a
žaludek	7,0	7,1	+0,002	1,8
tlusté střevo	2,2	0,84	-1,0	5,7
játra	1,8	0,81	-0,64	4,8
pľíce	3,1	4,6	-0,3	4,4
pľíce (mortalita)	2,1	1,8	-0,36	6,1
prs		5,6	-0,51	1,5
prostata	0,11		4,1	2,8
děloha		0,28	-1,6	6,3
vaječník		0,50	-0,66	2,7
močový měchýř	1,3	0,88	-0,23	5,6
ostatní	5,1	4,2	-0,39	1,9

ochrany uváděny v celkových počtech úmrtí na všechny zhoubné novotvary včetně tzv. virtuálních smrtí a přepočtených hereditárních účinků. Výše uvedené modely rizika umožňují odhadnout indukované počty zhoubných novotvarů i v závislosti na věku při expozici a také vzhledem ke chronické expozici.

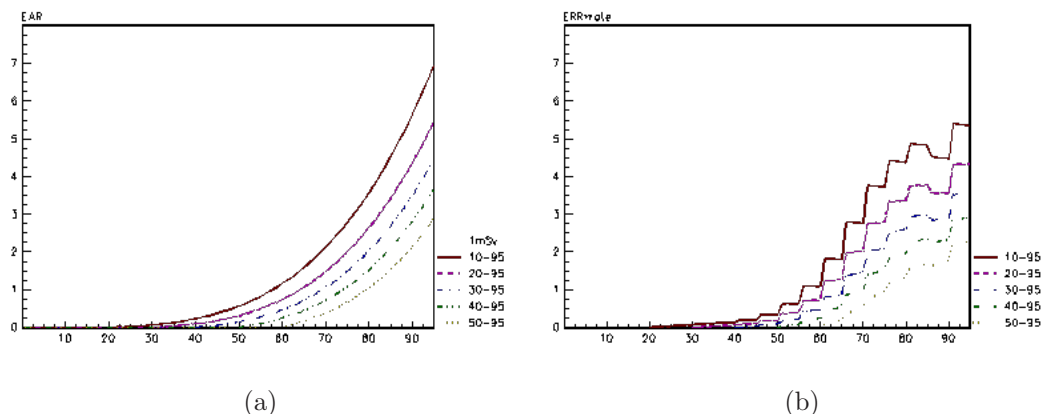
Graf na obr. 7.2 uvádí velikost převýšení relativního rizika (excess relative risk) v závislosti na expozici, která působila v různých obdobích života. Na obr. 7.4 jsou znázorněna zvýšení relativního, resp. absolutního rizika solidních nádorů (tj. rakovin s výjimkou rakovin krvetvorné tkáně) v důsledku ročních expozic 1 mSv ve věku 10-95, 20-95, 30-95, 40-95 a 50-95 let odvozené v modelu relativního rizika (ERR).

Celkovou újmu ve smyslu indukovaných rakovin v populaci lze určit na základě věkové struktury úmrtí a věkově specifické incidence zhoubných novotvarů. Tento přístup vychází z principu celoživotního rizika v důsledku expozice (lifetime risk), tj. hodnocení zvýšeného rizika indukovaných zhoubných novotvarů do konce života, které zahrnují projekci rizika v čase. Jedním z takových ukazatelů je celoživotní riziko onemocnění (LR - lifetime risk), které je založeno na metodě životních a úmrtnostních tabulek. Z těchto ukazatelů stanovených pro exponovanou (LRE) a neexponovanou (LRN) populaci je pak odvozen rozdíl celoživotních rizik (LER - lifetime excess risk):

$$LER = LRE - LRN, \quad (7.14)$$

který představuje podíl indukovaných onemocnění vzhledem ke všem příčinám. Kromě ukazatele celoživotního rizika, lze odvodit střední dobu života (LE - life expectancy), a její specifické zkrácení mezi případy indukovanými expozicí (YLL/EID - years of life lost among exposure induced deaths). Tento ukazatel se stanoví podle vztahu:

$$\frac{YLL}{EID} = \frac{LEE - LEN}{LRE - LRN}. \quad (7.15)$$



Obrázek 7.3: Převýšení absolutního rizika solidních nádorů (EAR) v důsledku chronické expozice 1mSv ročně v různých věkových intervalech (a), a přepočet získaný z modelu ERR (b).

Odhady uvedených ukazatelů rizika pro různé scénáře chronické expozice lze dále rozpracovat, nicméně na základě annexu A Doporučení ICRP 2007 (?).

7.4 Pravděpodobnostní posouzení zdravotního stavu lidského organismu

Cílem následující části je navrhnout metodiku pro určení spolehlivosti systémů (lidských organismů), jejichž parametry jsou náhodné veličiny (např. intenzita ozáření, délka pobytu v nepříznivém prostředí,...). Spolehlivost těchto systémů (tj. jedinců) závisí na událostech, které nastávají s velmi malou pravděpodobností. Jedná se např. o takové kombinace náhodných parametrů, které způsobí (vrcholovou) událost, kterou chceme sledovat (např. propuknutí určitého onemocnění vedoucí k trvalé pracovní neschopnosti). Efektivní počítačová simulace těchto málo pravděpodobných událostí hraje klíčovou roli při pravděpodobnostním posuzování zdravotního stavu těchto jedinců.

Předpokládejme, že chování systému (lidského organismu) můžeme popsat pomocí deterministické funkce “safety function” SF , která reprezentuje vzájemné působení síly (odolnosti) lidského organismu R (resistance) a síly nepříznivých účinků na organismus Q :

$$SF = R - Q. \quad (7.16)$$

Situace indikují propuknutí nemoci v organismu, neboť odolnost organismu R je v tomto případě menší než síla nepříznivých účinků Q . Naproti tomu situace $SF > 0$ jsou bezpečné. Definice termínu “porucha” závisí na definici funkce SF odborníkem a nemusí znamenat totální ztrátu lidského života. V praxi pod termínem “porucha” můžeme např. uvažovat případ, ve kterém se již začínají projevovat účinky nevratných změn v organismu způsobující např. trvalou pracovní neschopnost. Vzhledem k tomu, že funkce R a Q obecně závisejí na mnoha náhodných faktorech (např.

intenzita ozáření, délka pobytu v nepříznivém prostředí, ...), není přímý výpočet rozložení funkce SF možný. Z tohoto důvodu se provádí odhad rozložení hodnot funkce SF pomocí simulací Monte-Carlo (Praks and Konečný, 2003).

7.4.1 Pravděpodobnostní posudek zdravotního stavu

Řekneme, že lidský organismus je spolehlivý (zdravý) (na dané referenční úrovni), pokud pravděpodobnost vzniku poruchy (tj. např. nemoci) p_f je nižší než referenční pravděpodobnost poruchy p_d (target probability), tj. pokud je splněna podmínka

$$p_f < p_d. \quad (7.17)$$

Je přirozené požadovat, aby lidský organismus měl co největší vnitřní rezervu, tzn. aby pravděpodobnost vzniku poruchy (nemoci) bylo číslo blízké nule. Referenční pravděpodobnost p_d může být odhadnuta např. z dlouhodobého sledování výskytu dané nemoci v populaci, případně z tabulek dobrovolných a vnucených rizik. Tyto tabulky lze nalézt např. v (Heřmanský, 2007).

7.4.2 Přímá metoda Monte-Carlo

Nechť X je náhodná proměnná s distribuční funkcí F a nechť A je (neznámá) “aktivní” oblast z domény X , která definuje hledanou událost (poruchu). Naším cílem je odhadnout pravděpodobnost poruchy

$$p_f = P(X \in A). \quad (7.18)$$

Tuto pravděpodobnost odhadneme pomocí N náhodných výběrů $X_1, \dots, X_N$ z X . Vyčíslením funkce SF získáme hodnoty

$$Y_i = SF(X_i), \quad i = 1, \dots, N. \quad (7.19)$$

Nechť funkce $g(Y)$ vrací hodnotu 1 v případě, že nastala událost (porucha), tj. v případě, že; v opačném případě nechť funkce $g(Y)$ vrací hodnotu 0. Pak pravděpodobnost poruchy můžeme odhadnout výběrovým průměrem [2, 3]

$$p_f \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(Y_i). \quad (7.20)$$

7.4.3 Numerické aspekty přímé metody Monte-Carlo

Nechť symbol “1” označuje případ, ve kterém došlo k poruše (tj. situaci, kdy $SF \leq 0$). Nechť symbol “0” označuje případ, ve kterém nedošlo k poruše (tj. situaci, kdy $SF > 0$). Uvažujme např. následující sekvenci deseti kroků metody Monte-Carlo:

$$0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0. \quad (7.21)$$

Na tuto sekvenci se můžeme dívat jako na sekvenci deseti Bernoulliho pokusů (Fishman, 1997; Virirus, M, 1998). Pravděpodobnost poruchy v tomto případě odhadneme relativní četností

$$p_f = N_f/N, \quad (7.22)$$

kde N_f označuje počet simulací, při kterých došlo k poruše, a N je celkový počet simulací, tj.

$$p_f \approx 2/10 = 0.2. \quad (7.23)$$

Pokud chceme přímou metodu Monte-Carlo použít k odhadu pravděpodobnosti vzniku “poruchy” (např. vznik trvalé pracovní neschopnosti jedince), která je obvykle velmi malá, musíme provádět velké množství simulací. Tento fakt představuje obtížný problém zvláště v případě nutnosti analyzovat chování složitých systémů, kde analytické vyjádření funkce SF nemusí existovat, neboť odolnost (resistance) lidského organismu R i nepříznivé účinky Q lze vyčíslit pouze numerickými metodami, např. metodou konečných prvků.

Vyčíslení funkce SF v tomto případě zahrnuje sestavení a následné řešení rozsáhlé soustavy lineárních rovnic, což může i v současné době představovat velmi náročnou operaci. Nicméně velký rozvoj vědy i výpočetní techniky zahrnující možnosti efektivních simulačních výpočtů i rozvoj matematických metod (metody redukce rozptylu, např. metoda Importace Sampling) nám umožňuje uspokojivě řešit i určitou třídu obtížných úloh.

Na závěr si shrňme vlastnosti přímé metody Monte-Carlo pro simulování událostí, které se vyskytují s velmi malou pravděpodobností:

- Pro určení spolehlivosti velmi spolehlivých systémů musíme volit velký počet kroků metody Monte-Carlo, což může představovat časově náročnou operaci i při současných možnostech výpočetní techniky.
- Pouze nepatrná část Monte-Carlo kroků přinese uživateli výsledků informací o poruše a její příčině.
- Pokud neprovedeme “dostatečně velký” počet kroků metody Monte-Carlo, může se stát, že nenastane žádná událost indikující poruchu.

Simulační techniky představují obecný účinný nástroj pro modelování neurčitosti. Je zřejmé, že přibližné empirické vzorce mohou jen obtížně vystihnout složité kombinace účinků náhodných faktorů, které lze přirozeně modelovat simulacemi.

7.5 Matematický model ekonomické ztráty způsobené úmrtím vlivem expozici ionizujícímu záření – modifikace úmrtnostních tabulek (Model 1)

V této části bude popsán návrh a implementace původního modelu (dále Model 1), který odvozuje ekonomickou ztrátu způsobenou úmrtím na základě modifikace

úmrtnostních tabulek. Využití Monte Carlo modelu umožňuje modelovat realističtější hypotetickou populaci. Distribuce vstupních modelovaných vlastností souvisejících se změnou zdravotního stavu nesplňují předpoklad normality a tak lze docílit realističtějších výpočtů než při standardním použití agregovaných dat (průměrů). Tím následně umožňuje získat rozložení hodnot hledaných veličin uvnitř zkoumaného souboru jedinců. Tento přístup je velmi náročný na vstupní data, která je nezbytné získat v co nejdetailnější podobě. Tato část úlohy se ukázala být náročná, přestože jsou v současné době generována velká množství zdravotnických i zdravotně-ekonomických dat. Samotná analýza dat se stala rozsáhlou částí celé práce. Ačkoliv se podařilo v průběhu řešení úlohy získat většinu potřebných dat, nebylo možné veškeré vstupy spolehlivě ověřit a byly realizovány pouze výpočty s omezeným množstvím modelovaných parametrů. Provedené výpočty však ukázaly funkčnost a použitelnost modelu a přinesly první výsledky zaměřené hlavně na ekonomickou část modelu. Další podkapitoly představují provedené práce a jejich výsledky.

Cílem vstupní části modelu bylo stanovit, jak se zvětší hodnota vyhnutí se smrti (finanční ekvivalent), pokud se změní úmrtnost. Uvažujeme efekt náhodné i profesionální expozice, efekty obou expozic jsou popsány statistickým modelem (modifikací úmrtnostních tabulek). Při hodnocení ekonomických aspektů uvažujeme aktivní statisticky podchytitelnou ekonomickou aktivitu, ale i příspěvek vyplývající z tzv. nepozorované produkce (non observed economy.)

V následující části jsou prezentované studie:

Studie 1: Cena zachráněného statistického života za předpokladu, že se uvažuje pouze náhodná expozice. Vliv expozice se v modelu projevuje statisticky, pomocí vypočtených úmrtnostních tabulek. Předpokládá se, že tato náhodná expozice se projeví úmrtností během jednoho roku života s pravděpodobností $p = 5,649\%/1000$, tedy $5,649 \cdot 10^{-5}$. Tato hodnota odpovídá celkové pravděpodobnosti úmrtí na rakovinu způsobenou ozářením o velikosti 1 mSv u celé populace (muži i ženy) ve věku 0-85 let podle (ICRP, 2007). Pro zjednodušení se předpokládá, že tato náhodná expozice se projevuje se stejnou intenzitou po celou dobu života (jinými slovy, pravděpodobnost úmrtí se nemění s časem).

Studie 2: Cena zachráněného života za předpokladu, že se uvažuje náhodná i profesionální expozice. Profesionální expozice se v modelu projevuje opět statisticky, opět pomocí vypočtených úmrtnostních tabulek, nicméně až od 35 roku života jedince. (To znamená, že do věku 35 let jedince se projevuje pouze úmrtí vlivem náhodné expozice. Od 35 let života přichází v úvahu úmrtí vlivem jak náhodné, tak profesionální expozice.)

Studie 3: Efekt rozdílu Studie 1 a Studie 2, tedy vliv pouze profesionální expozice.

7.5.1 Matematický model hodnoty života vztažený na ztrátu produkce

Přístup lidského kapitálu využívá k výpočtu VSL metodu ztracené produkce. Tradice tohoto přístupu sahá až do 18. století (Landefeld and Seskin, 1982) a sama

o sobě již není ve své původní podobě používána. Na jedince je původně nahlíženo z národohospodářské perspektivy: jako na agenta, který produkcí pozitivních ekonomických hodnot přispívá do hospodářství jako celku. Vzhledem k faktu, že v Cost-benefit analýze je na stranu nákladů postaveno opáření financované z minulých příspěvků tohoto statistického jedince národnímu hospodářství, tak pro stranu přínosů propočítáváme potencionální hodnotu budoucího příspěvku na základě jeho příjmu. V tomto kontextu je hodnota vyhnutí se předčasnému úmrtí, (the value of preventing a fatality) neboli VSL, v určitém čase rovna ztrátě budoucí produktivity, která je oceněna diskontovanou sumou příjmů z práce, které by jedinec během svého života získal, čímž by potencionálně vytvářel další zdroje. Takto vypočítaná ztráta tvoří pouze jednu ze složek ztrát spojených s expozicí ionizujícími záření. Nelze také z modelu usuzovat ztrátu individuální pro náhodně generovaného jedince, ale z principu algoritmu hledíme na ztrátu z pohledu celé populace.

Hodnota vyhnutí se smrti statistického jedince ve věku t proto představuje diskontovanou současnou hodnotu výdělků jedince během zbývajících očekávaného života. V tomto smyslu můžeme hodnotu vyhnutí se smrti (neboli hodnotu statistického života) vypočítat jako (Freeman, 2003; Ščasný et al., 2005):

$$VSL_{HC} = \sum_{i=1}^{T-t} \frac{\pi_{t+i} E_{t+i}}{(1+r)^i}, \quad (7.24)$$

kde π_{t+i} je pravděpodobnost, že se jedinec dožije věku $t+i$, jestliže je stár t let, E_{t+i} jsou v původní interpretaci očekávané výdělky (příjem z práce) jedince ve věku $t+i$, r je diskontní míra a T je věk odchodu do důchodu a z trhu práce.

V Modelu 1 je využito vzorce (7.24) pouze jako principu pro vytvoření tzv. “statistického jedince”. Model je lineární vzhledem ke vstupní hodnotě E_{t+i} , tzn. že za hodnotu E_{t+i} může být dosazován jakýkoliv peněžní ekvivalent, který je spojený se společenským oceňováním působnosti jedince po dobu jednoho měsíce. Vstupní hodnota E_{t+i} může být i vícesložková, kde jednotlivé složky mohou být substituovány nebo sčítány.

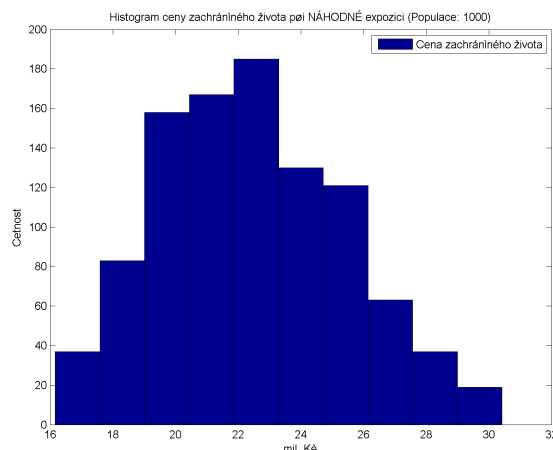
Tabulky dožití byly využity při vyhodnocování vzorce (7.24). Jedná se o výpočet pravděpodobnosti, že se jedinec dožije věku $t+i$, jestliže je stár t let. Obě tyto pravděpodobnosti byly vypočítány jako poměr populace lidí žijících ve věku $t+i$ let a populace lidí žijících ve věku t let. Počty lidí žijících v těchto letech byly získány na základě matematického modelu, popsáního v příloze C.

7.5.2 Předpoklady a numerické parametry modelu

Při numerické implementaci Modelu 1 byly použity následující předpoklady a numerické hodnoty parametrů modelu:

- Předpokládá se, že nástup do práce je rovnoměrně rozprostřen mezi 20. a 30. rokem života jedince.

	relativní četnost	$VSL_{hc,30}$ v mil. Kč/cap.
1	0,037	16,8762
2	0,083	18,3019
3	0,158	19,7275
4	0,167	21,1532
5	0,185	22,5789
6	0,13	24,0045
7	0,121	25,4302
8	0,063	26,8559
9	0,037	28,2815
10	0,019	29,7072
SUMA	1	



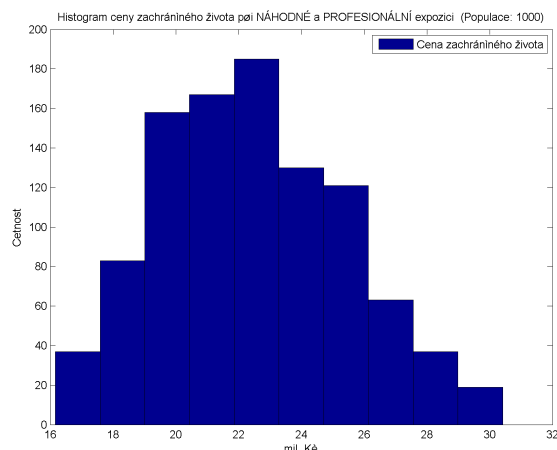
Obrázek 7.4: Výsledky simulace Studie 1 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ioizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).

- Předpokládá se reálný růst produktivity práce ve výši 3.5% ročně (myšleno na vývoj jedince během jeho pracovní kariéry).
- Předpokládá se konec výdělečné pracovní činnosti, tj. hodnota T odchodu z trhu práce, je rovnoměrně rozložena mezi 60. a 70. rokem života jedince.
- Hodnota diskontní míry je $R = 0.03$.
- Hodnota pravděpodobnosti π_{t+i} , že se jedinec dožije věku $t+i$, jestliže je starý t let, byla určena na základě úmrtnostních tabulek (muži 2005) z podkladů ČSÚ tak, jak je metodicky popsáno v příloze C (použitou databázi lze v modelu snadno nahradit jinou databází, viz kapitola 4).
- Předpokládá se hodnota nástupního platu 20 000 Kč/měsíc, linearita modelu vzhledem k hodnotě nástupního platu, tj. při zdvojnásobení nástupního platu se zdvojnásobí také výsledná hodnota uchráněné produkce. Je proto velmi snadné modelovat i jiné nástupní platy (při změně nástupního platu se tedy nemusí počítat nové simulace.)
- Uvažujeme vliv šedé ekonomiky: 31400 Kč pro lidi starší 15-ti let (a mladší 101 let).
- Rozlišujeme ekonomickou smrt (odchod z trhu práce) a fyzickou smrt.
- Výsledné rozložení je propočteno pro populaci všech 30-letých mužů.

7.5.3 Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné expozici

Na obrázku 7.4 jsou zobrazeny výsledky simulace *Studie 1* statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ioizujícímu záření na populaci

	rel.četnost	$VSL_{hc,30}$ v mil. Kč/cap.
1	0,037	16,8748
2	0,083	18,3003
3	0,158	19,7258
4	0,167	21,1514
5	0,185	22,5769
6	0,13	24,0024
7	0,121	25,428
8	0,063	26,8535
9	0,037	28,279
10	0,019	29,7046
SUMA	1	



Obrázek 7.5: Výsledky simulace Studie 2 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou a profesionální expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).

1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky obr. 7.4 (vlevo) a graficky ve formě histogramu obr. 7.4 (vpravo). Interpretace výsledků numerického výpočtu může být snadno demonstrována na následujícím příkladu: Pro 3,7% populace je hodnota uchráněné produkce 16,876 mil. Kč/jedince. Hodnoty odpovídají hodnotám VSL vypočtené přístupem lidského kapitálu.

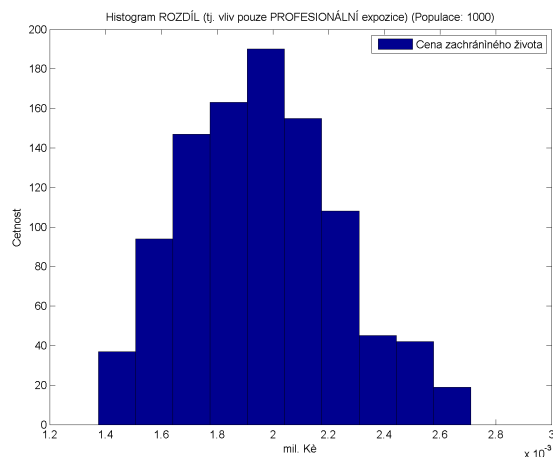
7.5.4 Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné a profesionální expozici

Na obrázku 7.5 jsou zobrazeny výsledky simulace Studie 2 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou a profesionální expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky obr. 7.5 (vlevo) a graficky ve formě histogramu obr. 7.5 (vpravo).

7.5.5 Rozdělení hodnoty zachráněného života při profesionální expozici

Hodnoty uchráněné produkce prezentované ve Studii 3 jsou vypočítány odečtením hodnoty uchráněné produkce ze Studie 1 od hodnoty uchráněné produkce ze Studie 2. Na obrázku 7.6 jsou zobrazeny výsledky simulace Studie 3 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro profesionální expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky obr. 7.6 (vlevo) a graficky ve formě histogramu obr. 7.6 (vpravo). Interpretace výsledků numerického výpočtu může být snadno demonstrována na následujícím příkladu: Pro 4,2% populace představuje průměrná ztráta příjmu vlivem profesionální expozice 2500 Kč/jedince. Celková ztráta příjmu způsobená profesní expozicí 1000 mužů je 2 mil. Kč.

	rel. četnost	Ztráta v mil. Kč/cap.	Ztráta dílní
1	0,037	0,0014	0,0518
2	0,0940	0,0015	0,141
3	0,1470	0,0017	0,2499
4	0,1630	0,0018	0,2934
5	0,1900	0,0019	0,361
6	0,1550	0,0021	0,3255
7	0,1030	0,0022	0,2266
8	0,0500	0,0023	0,115
9	0,0420	0,0025	0,105
10	0,0190	0,0026	0,0494
SUMA			1,9186



Obrázek 7.6: Výsledky simulace studie 3 statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro profesionální expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 30 let Modelem 1.

Efekt redukce úmrtnosti hraje u populace 30-tiletých poměrně nízkou roli. Je to způsobeno skutečností, že úmrtnost v době pracovní aktivity je poměrně nízká. Případné snížení počtu úmrtí se proto výsledně týká malého počtu jedinců, kteří jsou v pracovní aktivitě. Snížení již takto nízké úmrtnosti se v celkovém pohledu na ekonomický dopad na populaci 30-tiletých příliš neprojeví.

7.6 Návrh algoritmu “mechanistického” modelu Monte Carlo (Model 2)

Data, která jsou připravena pro Model 1, lze zároveň využít pro tzv. “mechanistický” přístup (dále označován jako Model 2), který je popsán v následující části. Návrh model byl sestaven, diskutován a konzultován v užším kruhu spolupracovníků s odborným zázemím v epidemiologii, hodnocení rizik a matematickém modelování. Z časových důvodů se však nepodařilo jej realizovat a srovnat výsledky s výsledky předchozího modelu. Pro srovnání přístupů je zde uveden navržený algoritmus modelování.

Východiska a předpoklady modelu:

- Cílem modelování je vytvoření virtuální společnosti tvořené virtuálními jedinci tak, aby chování modelu bylo reprezentativní vůči skutečné společnosti v ČR z hlediska zkoumaných demografického složení a ekonomických parametrů a reprezentativní vůči modelu vzniku rakoviny popsáném v Doporučeních (ICRP, 2007); model zůstane otevřený pro doplnění dalších vlastností a jejich distribucí popřípadě pro provedení detailnějšího modelu vzniku a průběhu onemocnění
- V modelu se předpokládá jednotné ozáření 1 Sv pro populaci 10 000 obyvatel. Model vychází z dostupných statistických dat rozložení určitých

vlastností souboru jedinců v ČR; nejsou-li data o rozdělení konkrétní vlastnosti, je použita průměrná hodnota (příklad: průměrná hodnota výkonu jedince v “šedé” ekonomice) nebo normalizovaná hodnota (konstanta) s tím, že výpočetní algoritmus umožňuje dodatečné vložení distribuce této vlastnosti ve formě distribuční funkce nebo tabulky v budoucnosti.

- Jestliže se jedná o rozložení vlastnosti v určitém intervalu, je tato v případě nedostupnosti statistických dat rozložena rovnoměrně nebo je použita průměrná hodnota jako konstanta (příklad: ztráta délky života vlivem nádoru vycházející z koeficientů I_T použitých při výpočtu detrimentů).
- Jestliže není dostupná statistická hodnota u ojedinělých jevů (například v budoucí fázi modelu doba indukční periody u málo frekventovaných typů rakoviny), je použita průměrná hodnota stejné vlastnosti u jevů častějších (průměrná doba nástupu rakoviny obecně); protože je modelovaný jev málo pravděpodobný, je jeho příspěvek k chování celého souboru malý a odchylka je pak zanedbatelná. Jinými slovy, málo frekventované jevy se statisticky málo projevují.
- Virtuální jedinec je volen náhodnou volbou parametrů jako je věk, pravděpodobnost dožití, doba nástupu do práce, příjmová skupina atd., avšak tyto parametry se později během výpočtu nemění. Znamená to například, že je-li někdo zařazen do určité příjmové skupiny, zůstává v ní virtuální jedinec stále a předpokládá se, že během svého života se nemění jeho pozice z “chudé” skupiny do “bohaté” nebo opačně. I když v reálném životě tento jev není vždy pravidlem, z hlediska statistického zpracování je jednodušší a reprezentativnost modelu zůstává zachována.
- Pro zjednodušení a z nedostatku relevantních dat je doba ekonomické aktivity v oficiálně vykazované ekonomice (ekonomickými výkazy přímo sledovatelné příjmy) limitována 18-28 rokem pro nástup do zaměstnání a 60-65 rokem věku pro odchod do důchodu.
- Aktivita v “šedé” ekonomice je rozložena rovnoměrně mezi 18 rokem věku a smrtí a je stejná a konstantní u všech virtuálních jedinců.
- Je učiněn předpoklad, že doba zkrácení ekonomických aktivit v rocích je identická s dobou zkrácení délky života; tato doba je odvozená z doporučení (ICRP, 2007) a odpovídá pro každý typ rakoviny násobku relativní ztráty délky života vlivem nádoru I_T patnácti letům.
- Výpočet ekonomické ztráty je prováděn následovně: U virtuálního jedince jsou mezi náhodně zvolenými parametry věk virtuálního jedince a věk, ve kterém by zemřel bez zvýšené expozice ionizujícímu záření. Jestliže je exponovanému jedinci náhodnou funkcí přiřazen určitý typ rakoviny ve smrtelné podobě, je věk dožití zkrácen o $I_T * 15$ (toto číslo je zaokrouhleno na dvě platné cifry) let a ekonomická ztráta je vypočtena jako snížení produkce takto způsobeným předčasným odchodem z trhu práce.

Tabulka 7.6: Data pro pravděpodobnost úmrtí a ztrátu let života pro pracující populaci (18-64 let), viz Příloha ICRP 2007 Annex A). Symbol $R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$ představuje nominální riziko zohledňující letalitu a kvalitu života, symbol $15 I_T$ označuje typickou ztrátu let života, která se určí jako součin relativní ztráta délky života vlivem nádoru I_T pro danou tkáň T násobenou 15-lety.

Tkáň	$R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$	$15 I_T$	Tkáň	$R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$	$15 I_T$
Oesophagus	0,0016	14	Ovary	0,0006	17
Stomach	0,0058	13	Bladder	0,0023	13
Colon	0,0038	17	Thyroid	0,0003	18
Liver	0,0021	14	Bone Marrow	0,002	18
Lung	0,0126	14	Other Solid	0,0067	15
Bone	0,0003	15	Gonads (Hereditary)	0,0012	20
Skin	0,0003	15	Žádná rakovina	0,9577	0
Breast	0,0027	18			

- Jestliže nelze při modelování ztrátu v letech plně uplatnit u konkrétního virtuálního jedince například kvůli tomu, že jeho původní zvolená doba dožití od byla kratší než doba zkrácení života, tak se neuplatněné zkrácení přenesse na dalšího virtuálního jedince a jeho ekonomické aktivity.
- V této fázi není studie gender sensitivní, tedy brány jsou průměrné hodnoty pro muže a ženy dohromady. Nicméně nastavení modelu umožňuje toto rozšíření provést.
- U expozičních situace kdy není jednoznačně určen okamžik expozice, není počítáno s indukční periodou (lag fází) nástupu nemoci.
- U expoziční situace, kdy je jednoznačně určen okamžik expozice vzhledem ke věku virtuálního jedince (radiační nehoda, jednorázový léčebný zákrok), je počítáno s indukční periodou vzniku nemoci, tj. věk smrti musí být roven nebo větší než věk virtuálního jedince plus indukční perioda.
- U profesionálních expozic jsou brána data ICRP (ICRP, 2007) z tabulky 7.6 pro pracující populaci (18-64 let), u ostatních data z tabulky 7.7 pro celou populaci (0-85 let).

Vzhledem k tomu, že sledování zdravotních rizik vyplývajících z expozice ionizujícímu záření nelze v současnosti experimentálně ověřit na reálné populaci, je nutné přistoupit ke generování populace hypotetické. Následující mechanistický algoritmus navrhuje model, který umožňuje v současné době dostupných dat o populaci (tj. demografických, socio-ekonomických příp. zdravotnických) nasimulovat efekty ekonomických dopadů expozice ionizujícímu záření. Virtuální populaci vytvoříme postupným generováním virtuálních jedinců, kterým jsou přiřazeny vlastnosti na základě statistických rozložení vybraných charakteristik reálné populace.

Matematický model *virtuálního jedince* je charakterizován následujícími numerickými parametry:

Tabulka 7.7: Data pro pravděpodobnost úmrtí a ztrátu let života pro celou populaci (0-85 let), viz. Příloha B ICRP 2007 Annex A). Symbol $R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$ představuje nominální riziko zohledňující letalitu a kvalitu života, symbol $15 I_T$ označuje typickou ztrátu let života, která se určí jako součin relativní ztráta délky života vlivem nádoru I_T pro danou tkáň T násobenou 15-li lety.

Tkáň	$R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$	$15 I_T$	Tkáň	$R_{F,T} + q_T R_{NF,T}$	$15 I_T$
Oesophagus	0,00151	13	Ovary	0,00088	17
Stomach	0,0077	13	Bladder	0,00235	11
Colon	0,00494	15	Thyroid	0,00098	19
Liver	0,00302	13	Bone Marrow	0,00377	24
Lung	0,01129	12	Other Solid	0,01102	15
Bone	0,00051	15	Gonads (Hereditary)	0,00193	20
Skin	0,0004	15	Žádná rakovina	0,94351	0
Breast	0,00619	19			

Věk V udává věk v rocích a je náhodně zvolen podle rozložení věku obyvatel v ČR;

Dožití D je číselná veličina, která je náhodně zvolená podle tabulek dožití v ČR a platí, že $D > V$;

Dožití s rakovinou D_R je věk úmrtí virtuálního individua v případě, že rakovinu dostal;

Příjmová kategorie PK její číselná hodnota je stanovena z dat inforamčního systému o průměrném výdělku (ISPV), přičemž je zohledněna detailnost dat a následná distribuce do příslušných kvantilů modelu.;

Věk nástupu do zaměstnání NA je roven 18 až 28 nebo 20 až 30, dle dohody;

Věk odchodu do důchodu DU je roven 60 až 65 let;

Ekonomická aktivita bez rakoviny EA_0 odpovídá součtu příjmů a zahrnuje vliv nepodchycené produkce (podílu na NOE) během zbytku života bez postižení rakovinou z ozáření;

Ekonomická aktivita s rakovinou EA_R odpovídá součtu příjmů a zahrnuje vliv na podílu na NOE během zbytku života s onemocněním rakovinou z ozáření.

Zásobník ztracených let Z využíváme, jestliže nebylo možné uplatnit všechny ztracené roky u předchozího virtuálního jedince. Neuplatněné roky uložíme do zásobníku a bude-li to možné, uplatníme u příštího virtuálního jedince. Je to tedy jediný případ, kdy přenášíme informace do dalších výpočtů;

konstanta NOE SE je odhad, kolik činí průměrný podíl celkové NOE na osobu a rok v ČR pro aktuální rok;

ztráta ekonomiky způsobená vznikem rakoviny z ozáření $ZTRATA$.

7.6.1 Algoritmus pro expoziční situaci “přírodní zdroje”

Pro případ expozice z přírodních zdrojů lze sledovat logiku a postup výpočtu pomocí níže popsaného algoritmu:

1. Zvol věk V z intervalu $(0; 85)$ dle demografického složení ČR
2. dožití D bez vlivu radiace dle tabulek dožití ČR
3. Když $D < V$, zopakuj 2.
4. Zvol věk nástupu do práce NA z intervalu $(18; 28)$
5. Zvol odchod do důchodu DU z intervalu $(60; 65)$
6. Zvol příjmovou kategorii PK z celostátních statistik
7. Zvol úmrtí nebo neúmrtí na rakovinu podle tabulky 7.7 a zaznamenej typickou ztrátu let života ZL pro zvolený typ rakoviny (poslední sloupec tabulky). Může být zvolena jen jedna možnost, aby součet pravděpodobností byl 1.
8. Vypočti ekonomickou aktivitu do konce života EA_0 (součet mzdy od V do DU nebo D (co je menší) a $SE(D - V)$ za předpokladu, že se rakovina neobjevila (bez ohledu na to, zda jsme ji zvolili nebo ne)
9. Jestliže $ZL = 0$, pak $EA_0 = EA_R$ a $ZTRATA = 0$
10. Vypočti věk dožití s rakovinou $DR = D - ZL$
11. Jestliže $DR > V$ a v zásobníku zůstala nevyužitá léta ($ZA > 0$), pak buď zásobník je snížen o $DR - V$ a $DR = V$ (když je v zásobníku hodně let) nebo $DR = DR - ZA$ a zásobník je vynulován.
12. Jestliže $DR < V$, pak $DR = V$ a $ZA = A + (ZL - D + V)$
13. Vypočti ekonomickou aktivitu v případě onemocnění rakovinou AE_R (součet mzdy od V do DU nebo DR (co je menší) a $SE * (DR - V)$)
14. Vypočti $ZTRATA = EA_0 - EA_R$
15. Ulož data o tomto virtuálním jedinci a opakuj výpočet pro dalšího

7.6.2 Algoritmus pro expoziční situaci “profesionální expozice”

Profesionální expozice představuje speciální případ expozice a jsou jí vystaveny specifické skupiny obyvatel. Pro profesionální expozici existují i detailnější vstupní údaje, které v sobě zahrnují méně nejistot než je tomu v případě expozice z přírodních zdrojů. Pro ekonomické modelování lze pak přesněji specifikovat konkrétní příjmy této skupiny na základě ISPV. Následuje detailnější popis algoritmu v bodech:

1. Zvol věk V z intervalu (18; 65) dle demografického složení ČR
2. Zvol dožití D bez vlivu radiace dle tabulek dožití ČR
3. Když $D < V$, zopakuj 2.
4. Zvol věk nástupu do práce NA z intervalu (18;28)
5. Zvol odchod do důchodu DU z intervalu (60;65)
6. Zvol příjmovou kategorii PK ze statistik pro příslušnou profesi
7. Zvol úmrtí nebo neúmrtí na rakovinu podle tabulky 7.6 a zaznamenej typickou ztrátu let života ZL pro zvolený typ rakoviny (poslední sloupec tabulky). Může být zvolena jen jedna možnost, aby součet pravděpodobností byl 1.
8. Vypočti ekonomickou aktivitu do konce života EA_0 (součet mzdy od V do DU nebo D (co je menší) a $SE * (D - V)$ za předpokladu, že se rakovina neobjevila (bez ohledu na to, zda jsme ji zvolili nebo ne)
9. Jestliže $ZL = 0$, pak $EA_0 = EA_R$ a $ZTRATA = 0$
10. Vypočti věk dožití s rakovinou $DR = D - ZL$
11. Jestliže $DR > V$ a v zásobníku zůstala nevyužitá léta ($ZA > 0$), pak buď zásobník je snížen o $DR - V$ a $DR = V$ (když je v zásobníku hodně let) nebo $DR = DR - ZA$ a zásobník je vynulován.
12. Jestliže $DR < V$, pak $DR = V$ a $ZA = ZA + (ZL - D + V)$
13. Vypočti ekonomickou aktivitu v případě onemocnění rakovinou EA_R (součet mzdy od V do DU nebo DR (co je menší) a $SE * (DR - V)$
14. Vypočti $ZTRATA = EA_0 - EA_R$
15. Ulož data o tomto virtuálním jedinci a opakuj výpočet pro dalšího

Poznámka: Postup pro profesionální expozici se od postupu pro náhodnou expozici liší pouze tím, je voleno pouze z věkové kategorie pracujících, jsou použita data ICRP pro tuto věkovou skupinu (viz Tabulka 4.7) a jsou voleny ekonomické situace (příjmové kategorie) lidí v příslušné profesi, například zdravotnictví. Často je známá i četnost pro konkrétní typ povolání.

7.6.3 Shrnutí ekonomických hledisek vstupujících do modelu

Do modelu jsou v této verzi implementovány základní ekonomické aspekty meziročního růstu produktivity práce a diskontování budoucích příjmů formou diskontní míry ve členu odůročitele. Fluktující vstup na trh práce pracuje i s fluktující vstupní výší počáteční individuální produkce. Individuální produkce je v této fázi navýšena konstantním podílem nepozorované produkce (NOE). Tento odhad

rozložení nepodchycené produkce v populaci lze pro ČR dočasně přijmout, protože na základě ukazatelů příjmové nerovnosti patří ČR prozatím k zemím s relativně nivelizovanými příjmy. Pro dlouhodobé projekce bude již určitá korekce nezbytná. Při stanovování diskontní míry bylo využito doporučení EC, která na základě dlouhodobého pozorování ekonomického vývoje vymezila pro projekce zaměřené na celospolečenské ekonomické dopady hodnoty v rozmezí 3,5-5,5%. Dolní hranice (3,5%) je vhodnější pro členy původní EU15 a horní (5,5%) pro nové členy (EC DGRP, 2008). Testování citlivosti předpovědí na různé diskontní míry patří k základním postupům citlivostní analýzy těchto modelů a často bývá terčem kritiky způsobené chybnou interpretací důvodu diskontování a nejistotami s tímto testem spojenými.

7.6.4 Výhody modelu Monte Carlo 1 (modifikace úmrtnostních tabulek)

Pro přehlednost budou nyní shrnuty výhody Modelu 1, jehož výstupy budou v práci dále prezentovány.

- Linearita modelu vzhledem k parametru “vstupní plat” umožňuje jednoduchou úpravu výsledných hodnot VSL pomocí indexu $VSL_{new} = VSL_{old} * (E_{new}/E_{old})$
- Kde E představuje v ekonomii obecné označení pro periodický vstup související s jedincem.
- Rozdíl peněžních hodnot namodelovaných pro různé expozice od hodnot původních získáme hodnotu uchráněné produkce (pozor, jde pouze o marginální hodnotu VSL pro změnu expozice)
- Modelované hodnoty vstupující do rozdílu představují de facto referenční hodnoty pro tradiční výpočet VSL přístupem “Lidského kapitálu”.

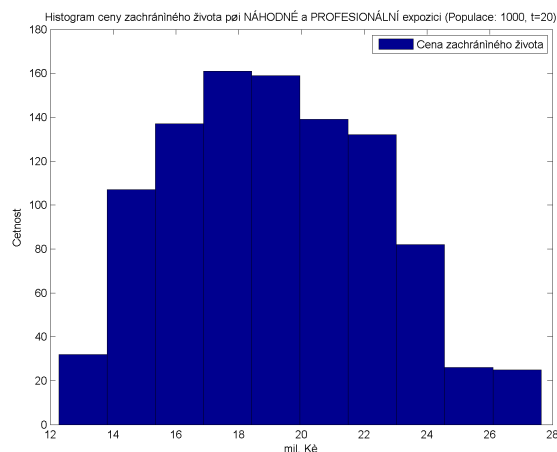
7.6.5 Výhody modelu Monte Carlo 2 (algoritmus “mechanického” modelu)

Důvodem pro navržení alternativního přístupu Modelem 2 byla omezená možnost modifikace úmrtnostních tabulek pro onemocnění, která mají více příčin vzniku a nelze tak jednoznačně přisoudit jejich podíl z úmrtnostních tabulek změně expozice jednoho z rizikových faktorů.

Hlavní přínos modelu:

- Nepracuje s průměrnými hodnotami (slabé místo tradičních ekonomických přístupů).
- Umožňuje relativně snadné doplnění nebo výměnu sledovaných proměnných v závislosti na rozdílné perspektivě dané skupiny aktérů.

Relativní četnost	Cena v [mil. Kč]
0.0320	13.0496
0.1070	14.5853
0.1370	16.1210
0.1610	17.6568
0.1590	19.1925
0.1390	20.7282
0.1320	22.2640
0.0820	23.7997
0.0260	25.3354
0.0250	26.8712



Obrázek 7.7: Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou a profesionální expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 20 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).

- Schopnost vyjádřit diskontované ztráty se zohledněním lag-fáze u onkologických onemocnění

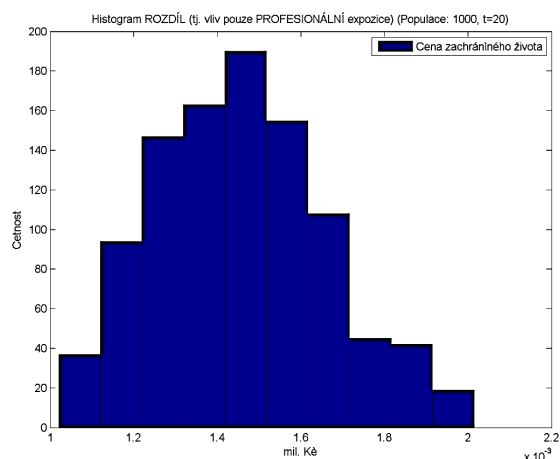
Další náhodné vstupy k modelu:

- příjmová skupina dle dat z ISPV
- riziko úmrtí, typická ztráta let dle annexu A Doporučení (ICRP, 2007)

Dále je možné model rozšiřovat o další složky, které jsou z oblasti finančních, ekonomických a netržních hodnot. Pro poslední zmiňovaný typ (hodnocení utrpení a bolesti) představuje kvalitativně natolik rozdílný vstup, že by měl být modelován pouze samostatně v souvislosti s daným rizikem. Mezi tyto potenciální přídatné moduly lze zařadit :

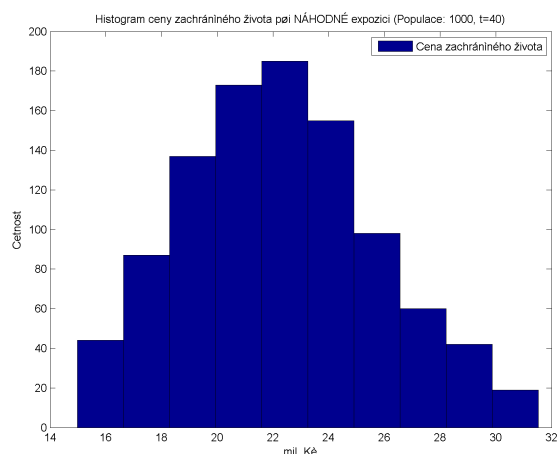
- náklady na léčbu= sledování zatížení systému zdravotní péče
- náklady ušlé mzdy/zisku= sledování dopadů na zaměstnavatele/podnikání
- vyplacené nemocenské dávky a sociální dávky=sledování dopadů na sociální systém
- ušlé mzdy a náklady blízkých osob související se zdravotním poškozením
- hodnocení utrpení a bolesti

Relativní četnost	Cena v [mil. Kč]
0.0370	0.0011
0.0940	0.0012
0.1470	0.0013
0.1630	0.0014
0.1900	0.0015
0.1550	0.0016
0.1080	0.0017
0.0450	0.0018
0.0420	0.0019
0.0190	0.0020



Obrázek 7.8: Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pouze pro profesionální expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 20 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).

Relativní četnost	Cena v [mil. Kč]
0.0440	15.8070
0.0870	17.4619
0.1370	19.1169
0.1730	20.7718
0.1850	22.4267
0.1550	24.0817
0.0980	25.7366
0.0600	27.3915
0.0420	29.0465
0.0190	30.7014

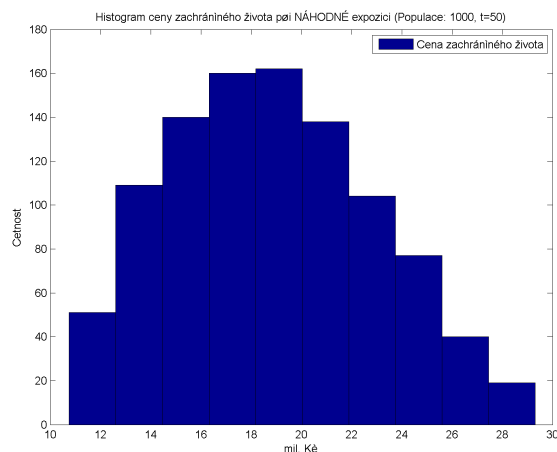


Obrázek 7.9: Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 40 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo).

7.7 Závěr a možnosti budoucího výzkumu

Výstup simulací na základě Modelu 1 odpovídají odhadům základní složky statistické hodnoty života (VSL) z pohledu ekonomické produkce. Takto připravená data slouží k porovnání s dalšími složkami VSL, získanými pomocí alternativních přístupů (např. WTP). výstupy socioekonomické modelování, predikce chování modelu v budoucnosti užitím Weibullova modelu. Tvorba modelu popisující ekonomickou aktivitu populace ČR, studium citlivosti tohoto modelu na změnu vyvolanou úmrtím a nebo změněnou pracovní schopností/aktivitou jedince. V tomto ohledu se nabízí studium a implementace Weibullových modelů, které umožňují statisticky popsat procesy jako jsou stárnutí, degradace, úmrtnost a také predikovat chování modelu v budoucnosti. Vstupem Weibullova modelu jsou empirická data a epidemiologického charakteru (např. doby do vypuknutí nemoci). Metodou maximální věrohodnosti by

Relativní četnost	Cena v [mil. Kč]
0.0510	11.6850
0.1090	13.5404
0.1400	15.3958
0.1600	17.2512
0.1620	19.1066
0.1380	20.9620
0.1040	22.8174
0.0770	24.6728
0.0400	26.5282
0.0190	28.3836

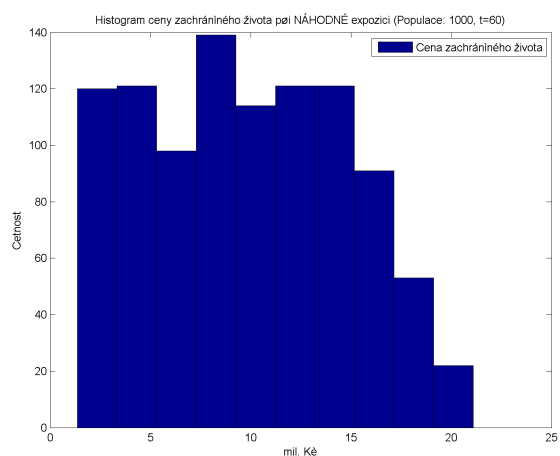


Obrázek 7.10: Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícímu záření na populaci 1000 mužů ve věku 50 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo). Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné a profesionální expozici jsou opět statisticky shodné s rozdělením hodnoty zachráněného života při náhodné expozici.

byly odhadnuty parametry Weibullova modelu. Následně by ke každému úseku populace byly pravděpodobnostně přisouzeny socioekonomické charakteristiky a na základě parametrizovaných modelů výdajů na léčbu pro konkrétní věkovou skupinu a konkrétní onemocnění doplněny i náklady na hypotetickou léčbu.

Takto by bylo možné rozšířit charakteristiky modelované populace a přímo podchytit citlivé momenty ve vývoji zátěže veřejného zdraví až do ekonomických souvislostí způsobené daným faktorem. Nutné upozornit, že jde stále pouze o modelování prvků (nikoliv vyčerpávající) z oblasti ekonomiky veřejného sektoru a není zde zahrnuta rovina subjektivního vnímání jednotlivce politicky požadovaným přístupem WTP.

Relativní četnost	Cena v [mil. Kč]
0.1200	2.3543
0.1210	4.3271
0.0980	6.2999
0.1390	8.2726
0.1140	10.2454
0.1210	12.2182
0.1210	14.1909
0.0910	16.1637
0.0530	18.1364
0.0220	20.1092



Obrázek 7.11: Výsledky simulace statistického rozdělení hodnoty uchráněné produkce pro náhodnou expozici ionizujícím záření na populaci 1000 mužů ve věku 60 let Modelem 1. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulky (vlevo) a graficky ve formě histogramu (vpravo). Rozdělení hodnoty zachráněného života při náhodné a profesionální expozici jsou opět statisticky shodné s rozdělením hodnoty zachráněného života při náhodné expozici.

8. Hodnocení zdravotních rizik poletavého prachu PM₁₀ v Liberci a jeho ekonomické dopady

Druhá studie probíhá v rámci rámcové spolupráce Technické univerzity s Krajskou hygienickou stanicí. Data o zdravotních rizicích předzpracovává a dodává Ing. Jana Kučerová, Ph.D. a zaměření studie sleduje současné požadavky zdravotní politiky Libereckého kraje, která tímto díky osobě současného Hlavního hygienika ČR MUDr. Vladimíra Valenty, Ph.D. aktivně reaguje na evropské trendy vyplývající z rámcového doporučení WHO Health 2020 ([World Health Organization, 2013](#)).

8.1 Úvod a motivace

Cílem této případové studie je zhodnotit vliv imisí PM₁₀ na zdraví obyvatel v Liberci. Důvodem je zvýšená expozice touto škodlivinou v dané lokalitě a také bezprahovost účinků na lidské zdraví. Cílem případové studie je i ekonomické zhodnocení.

Standardní postup hodnocení zdravotních rizik zahrnuje čtyři základní kroky:

1. Prvním krokem je *identifikace nebezpečnosti*, zahrnující výběr škodlivin, které mají být hodnoceny a sumarizaci informací o tom, jakým způsobem a za jakých podmínek mohou nepříznivě ovlivnit lidské zdraví.
2. Druhým krokem je *charakterizace nebezpečnosti*, která má objasnit kvantitativní vztah mezi dávkou dané škodliviny a mírou jejího účinku, což je nezbytným předpokladem pro možnost odhadu míry rizika.
3. Třetí etapou standardního postupu je *hodnocení expozice*. Ve většině případů se na základě znalosti dané situace a výsledků měření či modelování koncentrací hodnocených látek v prostředí sestavuje expoziční scénář, tedy představa, jakými cestami a v jaké intenzitě a množství je konkrétní populace exponována dané škodlivině.
4. Čtvrtým konečným krokem v hodnocení rizika, který shrnuje všechny podstatné informace získané v předchozích etapách, je *charakterizace rizika*, kdy se snažíme dospět k popisu podstaty reálného konkrétního zdravotního rizika za dané situace a je-li to možné, i ke kvantitativnímu vyjádření míry tohoto rizika pro exponovanou populaci.

U některých klasických škodlivin v ovzduší (NO_2 , PM_{10} , SO_2) současné znalosti neumožňují odvodit prahovou dávku či expozici a k vyjádření míry rizika se používá předpověď výskytu zdravotních účinků u exponovaných lidí s použitím vztahů závislosti účinku na expozici z epidemiologických studií (Ministertvo zdravotnictví ČR, 2005).

8.2 Identifikace nebezpečnosti

Suspendované částice představují různorodou směs organických a anorganických částic kapalného a pevného skupenství, různé velikosti, složení a původu.

Suspendované částice dělíme na primární a sekundární. Primární částice jsou emitované přímo ze zdrojů a můžeme je dále dělit na ty, které pochází z antropogenních zdrojů (spalování fosilních paliv, doprava, technologické procesy, antropogenní aktivity) a z přírodních zdrojů - mořský aerosol, sopečná činnost, kosmický spad).

Sekundární částice jsou ty, které vznikají v ovzduší na základě probíhajících chemických (chemické reakce) a fyzikálních (nukleace, kondenzace) procesů a dále ty, které se do ovzduší dostávají resuspenzí (zvířením) v důsledku lidské činnosti (doprava....) nebo meteorologických faktorů (vítr).

Malé částice podléhají koagulaci a kondenzaci, zvětšují se, ale jejich konečná velikost zpravidla nepřesáhne $2\text{ }\mu\text{m}$. Tyto částice setrvávají v ovzduší relativně dlouho, udává se cca 7 až 30 dnů. Částice vzniklé mechanickým dispergováním jsou naopak obvykle větší než $2\text{ }\mu\text{m}$ a jejich životnost v ovzduší je kratší (Kotlík et al., 2007)

Účinek prachových částic na organismus závisí na složení, tvaru a velikosti částic, které ho tvoří. Větší částice (nad $100\text{ }\mu\text{m}$) sedimentují velmi rychle a do dýchacích cest se prakticky nedostanou. Částice jejichž velikost je mezi 100 a $10\text{ }\mu\text{m}$ jsou většinou zachyceny v horních cestách dýchacích, částice menší než $10\text{ }\mu\text{m}$ pronikají do dolních partií dýchacích cest a bývají proto také nazývány thorakálními částicemi. Částečně jsou odstraňovány aktivitou ciliárního epitelu, částečně fagocytovány a ukládány v intersticiu a lymfatické tkáni. Prach tak zatěžuje samočisticí mechanismy plic. Částice menší než $2,5\text{ }\mu\text{m}$ se dostávají až do plicních alveol a jsou někdy nazývány respirabilními částicemi. Částice submikronické jsou z velké části opět strhávány vydechaným vzduchem a dostávají se ven z organismu. Účinek prachu je závislý na složení částic, na rozpustnosti v tělních tekutinách a na biologické aktivitě. Význam mají prachové částice také jako nosiče plynných znečištěnin, které jsou takto lépe transportovány do dolních partií dýchacích cest (Provazník and Státní zdravotní ústav, 2004).

Suspendované částice dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu morfologie i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovému selháváním. Tento vývoj je současně podmíněn a ovlivněn mnoha dalšími faktory

jako je stav imunitního systému, alergická dispozice, expozice v pracovním prostředí, kouření apod. (Státní zdravotní ústav, 2008a).

Prokázanými účinky krátkodobé expozice výkyvům imisních koncentrací je tedy přechodné zvýšení respiračních a kardiovaskulárních potíží, vyšší počet akutních hospitalizací, vyšší spotřeba léků a zvýšení úmrtnosti. Postižena je především citlivá část populace, tedy především lidé s vážnými nemocemi srdečně-cévního systému a plic, starší lidé a kojenci. Účinky jsou pozorovány během a několik dní po epizodě výrazného zvýšení denní imisní koncentrace (Hurley et al., 2005).

Jako kvantitativní vztah akutní expozice a účinku uvádí WHO v roce 2005 v aktualizovaných doporučeních pro kvalitu ovzduší zvýšení celkové úmrtnosti zhruba o 0,5% při nárůstu denní průměrné koncentrace PM_{10} o $10 \mu g/m^3$ nad $50 \mu g/m^3$. Hodnotu $50 \mu g/m^3$ WHO doporučuje jako limit průměrné denní koncentrace, která by měla sloužit k prevenci výskytu imisních výkyvů, vedoucích k podstatnému zvýšení nemocnosti a úmrtnosti. Nepředstavuje ovšem plnou ochranu pro celou populaci

Zvýšení průměrné roční koncentrace jemné frakce suspendovaných částic $PM_{2,5}$ o $10 \mu g/m^3$ zvyšuje podle vztahu doporučeného WHO celkovou úmrtnost exponované populace o 6% (World Health Organization, 2005b).

Pro hodnocení dlouhodobých účinků na základě ročních průměrných koncentrací existuje podstatně méně podkladů. Pozorované účinky se většinou týkají snížení plicních funkcí při spirometrickém vyšetření u dětí i dospělých, výskytu symptom chronické bronchitidy a spotřeby léků pro rozšíření průdušek při dýchacích obtížích a zkrácení očekávané délky života.

Epidemiologické studie z USA naznačují, že očekávaná délka života v oblastech s vysokou imisní zátěží může být o více než rok kratší ve srovnání s oblastmi se zátěží nízkou. Tato redukce očekávané délky života se přitom začíná projevovat již od průměrných ročních koncentrací jemných částic $10 \mu g/m^3$ (Státní zdravotní ústav, 2008a).

Poslední zpráva WHO uvádí odhad, že současná úroveň znečištění ovzduší suspendovanými částicemi v Evropě zkracuje délku života obyvatel 25 zemí EU v průměru o 8,6 měsíce. Konkrétně pro ČR bylo vypočteno průměrné zkrácení délky života v roce 2000 o 10,1 měsíce s odhadem poklesu tohoto vlivu na 7,2 měsíce v roce 2010 .

Pracovní skupina expertů WHO stanovila v roce 2005 v aktualizovaných doporučeních pro kvalitu ovzduší roční průměrnou koncentraci PM_{10} $20 \mu g/m^3$. Jedná se o nejnižší úroveň expozice, při které se s více než 95% mírou spolehlivosti zvyšuje úmrtnost v závislosti na imisní zátěži suspendovanými částicemi v ovzduší (WHO zde vychází ze studie sledující imise $PM_{2,5}$ a k přepočtu je použit poměr $PM_{2,5}/PM_{10}$ 0,5) (World Health Organization, 2006).

Koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{10} ve venkovním ovzduší se v roce 2007 dle závěrečné zprávy Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí ČR pohybovaly ve většině sídel v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovala v rozsahu od $23 \mu g/m^3$ v dopravou nezatížených

Tabulka 8.1: Měsíční koncentrace PM₁₀ v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na monitorovací stanici Liberec město. Zdroj: (Státní zdravotní ústav, 2008b)

Měsíc	Průměrná koncentrace	Maximální denní koncentrace	Počet měření
1	14,3	31,5	31
2	26,9	70,4	28
3	42,2	132,4	31
4	34,4	76,8	30
5	24,1	45,8	31
6	21,7	36,0	30
7	18,8	36,3	31
8	24,3	43,5	31
9	23,5	48,7	30
10	36,4	65,9	31
11	23,7	47,7	30
12	33,6	76,5	31
Rok 2007	26,99	132,4	-

lokalitách přes $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně středně zatížených, $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru v dopravně extrémně exponovaných místech až po téměř $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru v průmyslem silně exponovaných lokalitách. Alespoň jednou byla hodnota 24-hodinového imisního limitu překročena na všech do zahrnutých stanicích. Hodnota ročního aritmetického průměru na pozadové stanici ČHMÚ Košetice byla $18,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Státní zdravotní ústav, 2008a).

Suspendované částice frakce PM₁₀ patří mezi základní škodliviny i ve vnitřním prostředí budov, kde je významným zdrojem kouření. Průměrné koncentrace z tříhodinových měření v 90 náhodně vybraných bytech v pěti městech ČR v období 2003–2004 prokázaly průměrnou koncentraci PM₁₀ $43,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, byly však naměřeny i hodnoty výrazně vyšší (Státní zdravotní ústav, 2005, 2006).

V české legislativě jsou imisní hodnoty PM₁₀ zakotveny v nařízení vlády č. 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší. Pro kalendářní rok $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a pro 24 hodin $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, při možnosti hodnotu překročit 35x za rok (Ministerstvo životního prostředí, 2006)

8.3 Hodnocení expozice

Podkladem jsou data z monitorovací stanice Liberec město provozovaného Českou hydrometeorologickou stanicí a z monitorovací stanice Liberec – Vratislavice provozované Zdravotním ústavem se sídlem v Liberci. Data jsou z roku 2007. V tabulkách 8.1 a 8.2 jsou uvedeny měsíční koncentrace PM₁₀ v roce 2007 naměřené na monitorovací stanici Liberec město a průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ v roce 2007 naměřené na monitorovací stanici Liberec Vratislavice. Na obrázcích 8.1 jsou

Tabulka 8.2: Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na monitorovací stanici Liberec Vratislavice. Zdroj: (Státní zdravotní ústav, 2008b)

Měsíc	Průměrná koncentrace	Maximální denní koncentrace	Počet měření
1	10,1	20	28
2	15,0	36	24
3	22,6	36	30
4	19,1	31	30
5	14,0	27	28
6	14,9	26	28
7	7,9	18	30
8	0	33	16
9	0	25	21
10	11,5	18	30
11	16,4	29	30
12	15,7	25	30
Za rok 2007	12,27	36	-

Tabulka 8.3: Počet obyvatel v lokalitách, kde je umístěna monitorovací stanice. Zdroj: (Český statistický úřad, 2001)

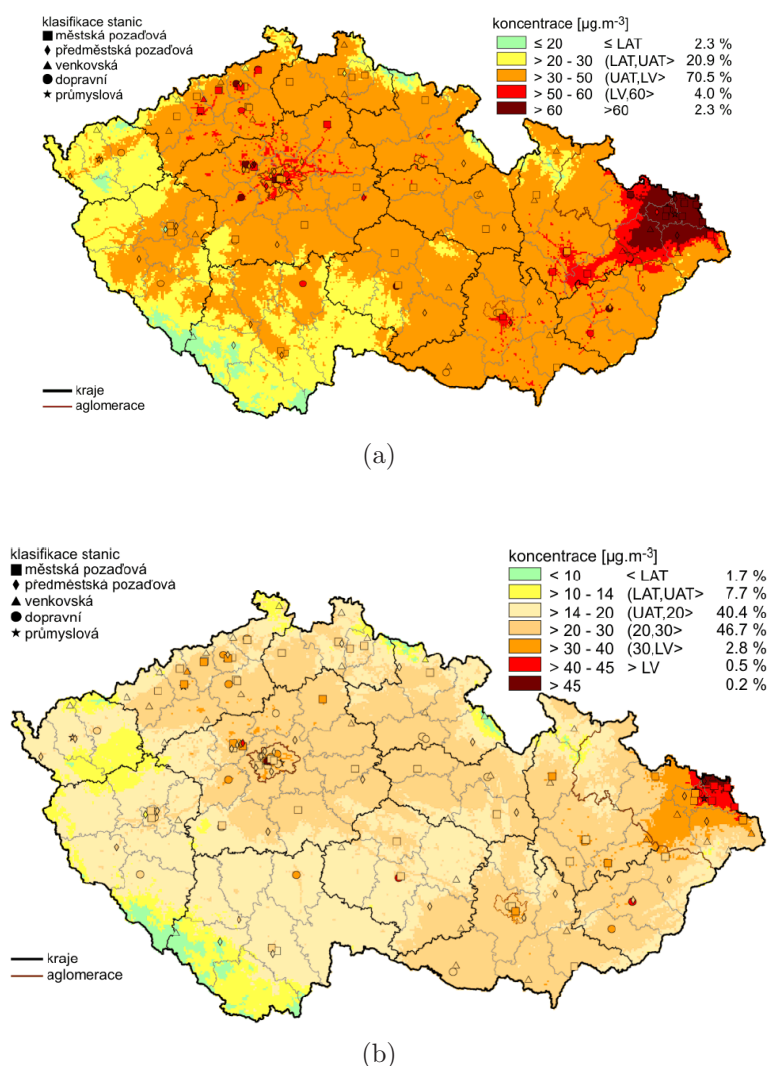
Místo měření	Liberec – střed	Vratislavice
Celkem obyvatel	4147	3953

uvedeny nejvyšší 24 hodinové koncentrace a roční průměrná koncentrace PM_{10} v roce 2007 v Liberci. Tabulka 8.3 udává počty obyvatel v lokalitách, kde jsou umístěny monitorovací stanice (Český statistický úřad, 2001). Na obrázcích 8.2(a) a 8.2(b) jsou prezentovány standardizované úmrtnosti podle příčin smrti pro muže a ženy.

8.4 Charakterizace rizika

U suspendovaných částic PM_{10} referenční inhalační dávky nebo referenční koncentrace nejsou stanoveny, neboť u nich nelze na základě současných poznatků prahovou úroveň expozice spolehlivě zjistit. Důvodem je velký rozsah individuálních rozdílů v citlivosti vůči účinkům těchto škodlivin u běžné populace, projevující se ve výsledcích epidemiologických studií, prokazujících účinek i při nízkých expozicích. V experimentech u dobrovolníků je naopak exponován malý počet relativně zdravých jedinců, takže jejich výsledky nelze zobecnit na běžnou populaci. Dalším úskalím je skutečnost, že tyto látky ve vnějším ovzduší nepůsobí izolovaně, nýbrž vždy v komplexní směsi s mnoha dalšími i sekundárně vznikajícími škodlivinami.

Z hlediska akutních účinků prашného aerosolu v ovzduší uvádí poslední meta-analýza evropských epidemiologických studií zvýšení celkové úmrtnosti o 0,6% při nárůstu denní průměrné koncentrace PM_{10} o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Z dalších vyhodnocených



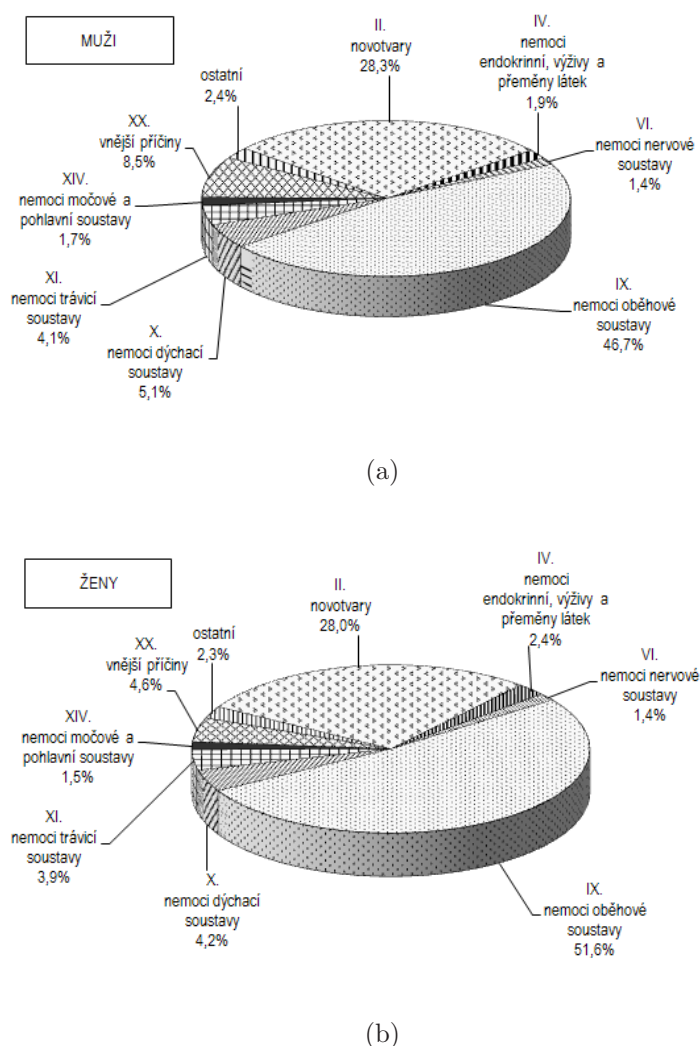
Obrázek 8.1: Nejvyšší 24 hodinové koncentrace PM_{10} v roce 2007 (Zdroj: Státní zdravotní ústav 2008b) (a). Roční průměrná koncentrace PM_{10} v roce 2007 (b).

ukazatelů je tento nárůst denní průměrné koncentrace PM_{10} spojen se zvýšením počtu hospitalizací z důvodu respiračních onemocnění u osob starších 65 let o 0,7% a zvýšenou spotřebu léků u dětí s chronickým respiračním onemocněním o 0,5% (World Health Organization, 2004, 2005a).

Tyto účinky se projevují neprodleně nebo se zpožděním 1-3 dny po imisním výkyvu a postihují především citlivou část populace, jako jsou osoby s chronickým onemocněním respiračního nebo kardiovaskulárního systému a starší lidé. Výchozí průměrná denní 24hodinová koncentrace, nad kterou se tento efekt s vysokou mírou spolehlivosti projevuje, je podle WHO $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Státní zdravotní ústav, 2005,?).

Při kvantitativní charakterizaci rizika nepříznivých zdravotních účinků suspendovaných částic v ovzduší je možné použít metodiku hodnocení vlivu na zdraví (HIA) vypracovanou v rámci programu CAFE (Clean Air for Europe) v roce 2005 (World Health Organization, 2005b; Státní zdravotní ústav, 2008b).

Standardizovaná úmrtnost podle příčin smrti



Obrázek 8.2: Standardizované úmrtnosti podle příčin smrti pro muže (a) a ženy (b) (Zdroj: Valenta et al. 2008) .

Při hodnocení vlivu ovzduší na zdraví se proto vychází ze vztahů expozice a účinků odvozených pro dlouhodobou chronickou expozici vyjádřenou průměrnou roční koncentrací suspendovaných částic, přičemž se předpokládá že tak je zohledněna i větší část účinků krátkodobých výkyvů imisních koncentrací.

V rámci zmíněné metodiky byly odvozeny vztahy expozice a účinku zohledňující průměrný výskyt hodnocených zdravotních ukazatelů u populace zemí EU a umožňující vyjádřit v závislosti na průměrné roční koncentraci PM_{10} přímo počet atributivních případů za rok.

Nezbytná k tomu je znalost počtu exponovaných obyvatel.

Tyto lineární vztahy byly odvozeny pro celkovou úmrtnost a některé ukazatele nemocnosti. U úmrtnosti se vychází ze vztahu odvozeného z největší kohortové studie z USA, zahrnující 1,2 milionu dospělých obyvatel, který udává zvýšení celkové

Tabulka 8.4: Přehled nově vzniklých zdravotních poškození a omezení odpovídající expozici při průměrné roční koncentraci $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} (příp. $\text{PM}_{2,5}$) pro danou populaci. Zdroj: [12]

konstanta	populace
26,5 nových případů chronické bronchitis	na 100 000 dospělých ≥ 27 let
4,34 akutních hospitalizací pro srdeční příhody	na 100 000 obyvatel
7,03 akutních hospitalizací pro respirační potíže	na 100 000 obyvatel
902 dní s omezenou aktivitou	na 1000 obyvatel věku 16-64 let
180 dní s léčbou (bronchodilatans)	u dětí s astma (asi 15% dětí) na 1000 dětí věku 5-14 let
912 dní s léčbou (bronchodilatans)	u dospělých s astma (asi 4,5 % dospělých) na 1000 osob ≥ 20 let
1,86 dní s respiračními příznaky dolních cest dýchacích včetně kašle	na 1 dítě 5-14 let
1,30 dní s respiračními příznaky dolních cest dýchacích včetně kašle u dospělých s chronickým respiračním onemocněním	na 1 dospělého člověka

úmrtnosti u dospělé populace nad 30 let o 6% spojené se změnou dlouhodobé koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Platnost tohoto vztahu se předpokládá pro změny imisní zátěže z antropogenních emisních zdrojů.

Vztahy pro ukazatele nemocnosti jsou méně přesné, nežli vztah pro úmrtnost. Je to dáno méně rozsáhlou databází podkladových studií i rozdíly v definici jednotlivých ukazatelů, avšak jsou používány, neboť demonstrují možný rozsah účinků znečištěného ovzduší na zdraví obyvatel. V tabulce 8.4 jsou souhrnně prezentovány jednotlivé ukazatele, které vyjadřují přímo počet nových případů, událostí nebo dnů v jednom roce na určitý počet obyvatel dané věkové skupiny odpovídající $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ průměrné roční koncentrace PM_{10} (příp. $\text{PM}_{2,5}$).

Český statistický úřad uvádí za rok 2007 pro Liberec úmrtnost pro 1000 obyvatel 10 případů úmrtí na 1000 osob za 1 rok (Český statistický úřad, 2013).

Výpočet dle metodiky CAFE pak v tabulkách 8.5 až 8.12 udává pro uvedený počet exponovaných obyvatel a jednotlivé kategorie zdravotních ukazatelů přímo míru vlivu znečištěného ovzduší, tedy absolutní počet zdravotních ukazatelů, který je možné přisoudit vlivu znečištěného ovzduší.

Vliv znečištěného ovzduší na úmrtnost je přitom třeba chápat tak, že není jedinou příčinou a uplatňuje se především u predisponovaných skupin populace, tedy hlavně u starších osob a lidí s vážným kardiovaskulárním nebo respiračním onemocněním, u kterých zhoršuje průběh onemocnění a výskyt komplikací a zkracuje délku života. Atributivní riziko je tedy nejvyšší právě u skupiny těchto tzv. citlivých skupin obyvatelstva.

Tabulka 8.5: Celková úmrtnost díky imisím PM₁₀ u obyvatel nad 30 let.

počet úmrtí u populace	koncentrace	Liberec - střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	3,76	1,63
atributivní riziko	nejvyšší/rok	18,4	4,78

Tabulka 8.6: Hospitalizace pro srdeční onemocnění díky imisím PM₁₀ u obyvatel za rok.

hospitalizace na srdeční onemocnění	koncentrace	Liberec - střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	0,486	0,211
atributivní riziko	nejvyšší/rok	2,38	0,618

Shrnutí

Zhodnocení průměrné hodnoty v tabulkách 8.5 až 8.12 ukazuje, že tu nepříznivý vliv na zdraví obyvatel existuje (především pro citlivé skupiny obyvatel), ale vzhledem k výši koncentrací která se v případě Liberec město pohybuje lehce a v případě Vratislavic pod hodnotu požadovou pro Českou republiku (28,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nelze je považovat za alarmující, avšak je třeba usilovat o snížení těchto hodnot vzhledem k neprahovým účinkům poletavého prachu. U maximální hodnoty je třeba konstatovat, že se jedná o hodnotu, která se vyskytla za nejhorších rozptylových podmínek jen jeden den.

8.5 Analýza nejistot

Provádění hodnocení zdravotních rizik je spojeno s nejistotami. V tomto hodnocení se jedná o následující nejistoty. Ve výpočtu byl použit koeficient 0,5 k přepočtu PM_{2,5} na PM₁₀, který je prezentovaný Světovou zdravotnickou organizací pro velká města, ovšem v Liberci může tento koeficient být i jiný: interval se pohybuje od 0,5 do 0,8. V rámci hodnocení zdravotních rizik byl uvažován nejhorší expoziční scénář, kdy se předpokládá expozice obyvatel pod dobu 24 hodin. Reálnou expozici ve venkovním prostoru je možné odhadnout na cca 2 hodiny denně. Vztahy použité v hodnocení jsou odvozeny z výsledků epidemiologických studií, které probíhaly v odlišných podmínkách než je tomu v Liberci.

Odhad rizika byl proveden při neznalosti bližších údajů o exponované populaci jako jsou citlivé podskupiny populace, doba trávená v místě bydliště, rekreační a jiné aktivity probíhající v zájmovém území apod.

Data struktury populace byl převzata ze sčítání lidu provedeném v roce 2001. Struktura obyvatel v roce 2007 může být zcela jiná.

I když bylo hodnocení zdravotního rizika zpracováno standardními postupy na základě současných znalostí a dat nejvýznamnějších institucí, zabývajících se zdravotními účinky různých složek prostředí, jde stále ještě pouze o dílčí pohled na složitý

Tabulka 8.7: Hospitalizace pro respirační onemocnění díky imisím PM₁₀ u obyvatel za rok.

hospitalizace pro respirační onemocnění	koncentrace	Liberec - střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	0,79	0,341
atributivní riziko	nejvyšší/rok	3,86	1,00

Tabulka 8.8: Počet dní s omezenou aktivitou u dospělých díky imisím PM₁₀ za rok.

dny s omezenou aktivitou	koncentrace	Liberec – střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	5048	2187
atributivní riziko	nejvyšší/rok	24763	6418

komplexní děj působení znečištěného ovzduší s mnoha dalšími látkami a proměnnými faktory na lidské zdraví.

8.6 Doporučení pro ekonomické hodnocení dopadů na zdraví obyvatelstva vlivem působení polétavého prachu

V úvodní části budou krátce představeny možné zdroje dat v rámci České republiky pro řešení úlohy se zaměřením na ekonomické dopady zdravotní újmy na lokální úrovni způsobené polétavým prachem. Pro sledování dopadů změn v expozici budou stručně představeny vybrané metodické poznámky pro sestavování dlouhodobých a střednědobých projekčních modelů. Pro vybrané ukazatele zdravotního poškození budou představeny aktuální odhady hodnot pro Českou republiku a následně přímo pro okres Liberec. Na těchto příkladech budou komentovány a diskutovány současné možnosti ekonomického hodnocení zdravotních rizik ze znečištěného ovzduší.

Zdroje dat pro Českou republiku lze dělit na demografická, zdravotnická a ekonomická (data o produkci). Oficiální veřejně dostupné tradiční statistiky jsou často podřízené mezinárodním požadavkům a poskytují pouze data agregovaná. Databáze jsou často přizpůsobeny jiným hlavním tradičním účelům a jejich pružnost na nová témata je omezená. Pro sestavení ekonomické újmy jsou k dispozici pouze dílčí informace. Seznam státních institucí, které dlouhodobě shromažďují data z těchto oblastí pro sestavení referenčních hodnot je uveden níže společně s návrhy konkrétních typů pravidelných šetření.

- Český statistický úřad (ČSÚ)
 - Národní zdravotnické účty
 - Rodinné účty

Tabulka 8.9: Počet prostonaných dní u dospělých díky imisím PM₁₀ za rok.

prostonané dny	koncentrace	Liberec – střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	985	427
atributivní riziko	nejvyšší/rok	4830	1252

Tabulka 8.10: Počet dní s příznaky u chronicky nemocných u dospělých díky imisím PM₁₀ za rok.

dny s chronickou bronchitidou	koncentrace	Liberec – střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	2,57	1,11
atributivní riziko	nejvyšší/rok	12,6	3,27

- Demografické projekce
- Sčítání lidí, domů a bytů
- Ústav zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS)
- Výdaje pojišťoven
- Hospitalizovaní podle klasifikace DRG
- Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL)
 - Data o spotřebě léků
 - Spotřeba léčiv v DDD
- Ministerstvo zdravotnictví
 - Hodnocení vývoje hospodaření zdravotních pojišťoven
 - Úhradové vyhlášky
- Ministerstvo práce a sociálních věcí
 - Struktura ošetrovatelské péče (V1-01)
 - Další sociální údaje (ESSPROS)
- Ministerstvo financí
 - Makroekonomické predikce
- Zdravotní pojišťovny
- Národní referenční centrum.

Do modelu jsou postupně zanášeny přímé a nepřímé náklady. Zdroje dat pro nasimulování finančních toků v rámci celé populace pomocí simulace na základě statistických distribucí socioekonomických a zdravotnických charakteristik viz. schéma algoritmu.

Tabulka 8.11: Počet dní s léčbou (bronchodilatans) u dětí a dospělých s astma díky imisím PM₁₀ za rok.

počet dní s léky	koncentrace	skupina populace	Liberec – střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	děti	302	131
atributivní riziko	průměrná/rok	dospělí	459	199
atributivní riziko	nejvyšší/rok	děti	1482	384
atributivní riziko	nejvyšší/rok	dospělí	2253	584

Tabulka 8.12: Počet dní s respiračními příznaky dolních cest dýchacích včetně kašle u dospělých a u dětí u populace díky imisím PM₁₀ za rok.

počet dní s respiračními příznaky	koncentrace	skupina populace	Liberec – střed	Vratislavice
atributivní riziko	průměrná/rok	děti	3122	1353
atributivní riziko	průměrná /rok	dospělí	3710	1617
atributivní riziko	nejvyšší /rok	děti	15318	3970
atributivní riziko	nejvyšší/rok	dospělí	18201	4717

Demografické vstupní údaje

Při sledování újmy na lokální úrovni sledujeme maximální možnost podrobnosti ve věkové struktuře obyvatelstva v rámci jednotlivých krajů (vhodný je věkový interval 5 let) a podrobné úmrtnostní tabulky ČSÚ. Při užší spolupráci se zdravotními pojišťovnami a dalšími aktéry systému zdravotnictví lze sledovat geografické souvislosti na základě centrálního registru a nemocničních informačních systémů. Podrobnější geografická lokace s daty na celostátní úrovni je teoreticky možná pouze na základě spolupráce s VZP (přiřazení diagnózy a její nákladové náročnosti z centrálního registru až na úroveň PSČ). Prozatím je možné přiřazovat případy hospitalizace pouze na úroveň okresu při zprostředkované spolupráci s Národním referenčním centrem na základě smluvně vymezených podmínek.

Vstupní údaje o produkce

Do poměrně detailních hodnot lze dohledat mzdy a platy pro soukromou i veřejnou sféru v rámci regionálních přehledů ISPV (Informační systém o průměrném výděлку) ČSÚ, MPSV. Pro stanovení újmy z pohledu domácností při péči o nemocné nezaopatřené děti a seniory lze využít detailních analýz příjmů a výdajů domácností zveřejňovaných MPSV a ČSÚ. Sledování újmy přes celé domácnosti řeší následující slabá místa prostého užití mzdy:

1. ženy a jejich nepodchycená produkce,
2. ženy a disproporce v příjmech,

3. senioři.

Menšiny nepředstavují statisticky významnou skupinu, spadají metodicky pod bod 1 a 2. Nepodchycenou produkci domácností lze sledovat pouze nepřímou. Lze vycházet z odhadů ČSÚ v rámci dílčích zpráv pro projekty pro Eurostat.

Parametry pro dlouhodobé projekční modely:

Parametry získané z demografických prognóz poskytují informace o možných trendech v rozložení obyvatelstva a tím i vstupy pro variantní expoziční scénáře. Dalšími zdroji jsou dlouhodobé přehledy a revidované ukazatele z publikací ČSÚ a ÚZIS. Dlouhodobé projekce sestavené zdravotními pojišťovnami představují další cenný vstup s ohledem na nutné změny ve financování veřejného systému zdravotnictví. Pro sledování stabilnějších parametrů změny úrovně zdraví lze využít vedle přístupu WTP i přístupu QALY a DALY. Následné oceňování QALY lze pak přizpůsobit aktuálním terapeutickým postupům. Jako referenční horní mez hranici udržitelnosti sloužila hodnota financování jednoho roku dialýzy, tak byla stanovena i cena QALY na 800 000 tis. Kč (Janovská et al., 2013). Nicméně v rámci různých onemocnění cena QALY kolísá a v současnosti je již SÚKLEM při sledování nákladové efektivity nových léčiv sledována jednotná doporučující horní mez v hodnotě trojnásobku HD-P/per capita. Pro ekonomické projekce je vhodné využít dlouhodobých sektorových prognóz v rámci analytických projektů zdravotní politiky v kombinaci prognózami ČSÚ pro oblast ekonomiky kvůli stanovení diskontní míry (budoucí příjmy i výdaje přepočítáváme na současnou hodnotu).

Parametry pro střednědobé projekční modely

Pro střednědobé projekční modely je v tomto okamžiku pro ČR hodný incidenční přístup metodou Cost-of-Illness. Metodicky tak lze sledovat změny všech požadovaných veličin v závislosti na změně expozice a tím i změně rizika. Právě změna rizika je předmětem oceňování i v případě netržních aspektů nemoci a při existenci kvalitních zdrojových studií přístupem WTP lze zvažovat i odvození benefit transferu z ekonometrických modelů podchycující klíčové indikátorové proměnné, pro přenos do podmínek ČR a stanovení WTP za změnu konkrétního zdravotního poškození.

Variantou pro odvození WTP hodnotu je stanovení podílu šedé ekonomiky a její dynamiky v relaci k oficiálně vykazované produkci a tím odvození část nepodchycených ztrát domácností. Tento koncept nezohledňuje subjektivní pohled jednotlivce, ale stále je zahrnut menšími nejistotami než přístup WTP z pohledu střednědobých odhadů (tj. hrozí významnější odchýlení od původně pozorovaného subjektivního vnímání ekonomické hodnoty rizika).

Dále na mezinárodní úrovni působí úřad IPPC v Seville (Integrated Pollution Prevention and Control), který sleduje technologický pokrok v oblasti průmyslové praxe (BAT “best available technology” a na mezinárodní úrovni hlídá největší

znečišťovatele. Pro odhady ekonomických dopadů pro nadregionální úroveň lze využít i např. SW nástroj Ecosense a další nástroje odvozené pro tento účel v rámci Evropy. Konkrétně Ecosense např. modeluje na gridu 50x50km vliv znečištění ovzduší ze statického zdroje na zdraví, zemědělství a poškození budov.

8.6.1 Složka WTP pro zdravotní poškození způsobené znečištěným venkovním ovzduším

Na základě dlouhodobého výzkumu ekonomických dopadů zdravotních poškození způsobeného znečištěním životního prostředí vznikla v rámci Evropy celá řada studií odvozující externí náklady pro zdravotní poškození vyplývající zejména ze znečištěného ovzduší. Chronické působení škodlivin z ovzduší je na rozdíl od dalších složek a faktorů je nejhůře regulovatelné ve smyslu vylučitelnosti z expozice, tzn. jeho působení se lze obtížně vyhnout. Proto je dlouhodobě monitorováno a podrobně epidemiologicky zpracováváno a celkovému vyčíslení jeho vlivu je věnováno tolik úsilí. Níže uvedený seznam hodnot je pro účely mezinárodního srovnávání a vychází z rešerše v rámci projektu HEIMTSA. Jde o seznam nejnovějších studií zabývajících se oceňováním konkrétních zdravotních poškození netržními metodami (přístupem ochoty platit za vyhnutí se konkrétnímu zdravotnímu poškození). Každá zařazená studie byla vybrána pro požadovaná zdravotní poškození a hodnocena na základě 3 kritérií:

- kvality,
- kvantity a
- přenositelnosti.

Kvalita je dána stářím studie a tím i omezenou možností přenositelnosti výsledků kvůli rychle zastarávající metodice.

Kvantita je chápána ve smyslu množství studií k danému poškození a záběr studií ve smyslu množství sledovaných proměnných.

Přenositelnost je dána primárně geografickým místem vzniku studie, kde kvůli specifikům přístupu WTP je vhodné zařazovat hodnoty získané přímo v rámci Evropy.

Veškeré studie jsou vedeny přístupem ochoty platit za vyhnutí se definovanému zdravotnímu poškození (willingness to pay, WTP) a výsledné odhady peněžního vyjádření konkrétních zdravotních poškození jsou z původních studií aktualizovány na ceny roku 2010 s výjimkou studií, které probíhaly přímo v rámci projektu HEIMTSA.

Pro každé poškození byly stanoveny dolní, střední a horní odhady a celkové rozpětí je stanoveno nejen s ohledem na nejistoty spojené s přístupem WTP, ale

Tabulka 8.13: Odhady intervalů pro peněžní vyjádření zdravotního poškození způsobené znečištěným ovzduším přístupem WTP sestavené na základě (Hunt et al., 2011)

zdravotní poškození	dolní mez	střední odhad	horní mez	referenční studie
Akutní infarkt myokardu	94 585 Kč	1 743 998 Kč	8 825 198 Kč	(Moise and Jacobzone, 2003; Yasunaga et al., 2006)
Zvýšené riziko úmrtí (děti < 1rok)	22 659 840 Kč	50 074 200 Kč	226 598 400 Kč	(Holland, 2005)
Chronická bronchitida	869 976 Kč	1 213 920 Kč	2 023 200 Kč	(Krupnick and Cropper, 1992)
Závažná CHOPN	1 416 240 Kč	2 427 840 Kč	5 260 320 Kč	(Máca and et al, 2011)
Zvýšená akutní úmrtnost VOLY(akutní)	1 230 510 Kč	1 815 114 Kč	4 451 040 Kč	(Alberini et al., 2006)
Zvýšená akutní úmrtnost VPF	24 278 400 Kč	33 382 800 Kč	113 299 200 Kč	(Alberini et al., 2006)
Snížení věku dožití VOLY(chronické)	758 700 Kč	1 213 920 Kč	4 349 880 Kč	(Alberini et al., 2006; Desaignes et al., 2011)
Hospitalizace s respiračními potížemi	60 494 Kč	60 494 Kč	163 353 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Hospitalizace se srdečními potížemi	60 494 Kč	60 494 Kč	163 353 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Ztráta pracovních dnů	8 922 Kč	8 922 Kč	8 922 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Dny s omezenou aktivitou	3 925 Kč	3 925 Kč	3 925 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Dny s mírně omezenou aktivitou	1 153 Kč	1 153 Kč	1 153 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Symptomy dolních cest dýchacích	1 153 Kč	1 153 Kč	1 153 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Symptomy dolních cest dýchacích bez kašle	1 153 Kč	1 153 Kč	1 153 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Dny s kašlem	1 153 Kč	1 153 Kč	1 153 Kč	(Navrud, 2001; Holland, 2005)
Užívání medikace, bronchodilatátoru	1 497 Kč	1 619 Kč	1 942 Kč	(Máca and et al, 2011)
Rakovina plic	1 416 240 Kč	14 567 040 Kč	84 974 400 Kč	(Weissflog et al., 2001; Serup-Hansen et al., 2004; Jeanrenaud and Priez, 2000; Aimola, 1998); Scasny (2008)

i s přihlédnutím k celkové variabilitě všech odhadů. Vzhledem k tomu, že na datech ze studií nebyly provedené žádné formální statistické analýzy, lze tento seznam interpretovat jako předstupeň meta-analýzy sestavený na základě expertního posouzení. Všechna zdravotní poškození, která byla identifikována v souvislosti s expozicí znečištěnému ovzduší jsou včetně odhadů uvedena v tabulce 8.13. Hodnoty pro poškození uvedené tučnou kurzívou jsou k dispozici ve verzi z roku 2011 přímo z rozsáhlé studie vedené v rámci ČR, jejíž výsledky jsou prezentovány dále v textu.

Nejistoty, které jsou součástí samotné metodiky přístupu WTP jsou navíc ještě rozšířeny o specifika spojená z hodnocením zdravotních dopadů venkovního znečištěného ovzduší. Blíže se problematikou zabývá Stale Navrud (Navrud, 2001). Mezi výše zmíněné nejistoty patří:

1. Obecná spolehlivost netržních oceňovacích technik různými přístupy.
2. nelinearita hodnoty dopadů (závislosti dalších indikátorových proměnných jako je věk, stávající zdravotní stav respondenta, kontextové vnímání rizika)
3. U chronických zdravotních poškození je zde otázka volby diskontní míry pro

Tabulka 8.14: Všeobecná střední hodnota WTP za vyhnutí se vybraným respiračním zdravotním potížím pro EU27. Zdroj: (Máca and et al, 2011)

den s kašlem	chronická bronchitida	mírná CHOPN	těžká CHOPN	diskomfort u astmatu
617,08 Kč	655 711,81 Kč	1 000 383,04 Kč	1 128 580,58 Kč	1 062,74 Kč

budoucí hodnoty a rozdíly mezi individuální a celospolečenskou hodnotou časového rozlišení hodnoty peněz.

4. nejistoty spojené s agregací dat v rámci Evropy při zachování spravedlnosti v rozložení hodnoty mezi obyvatelstvo v geografické, časové dimenzi a příjmové dimenzi. Specifika hodnocení rizika v případě rodičů s dětmi.
5. nejistoty v oblasti vnímání rizika, především schopnost vnímat malé změny rizika. Koeficient PPP České republiky vůči hodnotám EU27 v eurech byl v rámci studie stanoven na $PPP_{CZK}/euro = 17,141$ pro hodnoty roku 2010.

Revidované hodnoty přístupu WTP zjišťované metodou podmíněného hodnocení nově v rámci studie HEIMTSA pro poškození typu byly:

- jeden den s obtížným kašlem,
- jeden astmatický záchvat,
- jeden měsíc onemocnění mírnou nebo
- jeden měsíc onemocnění těžkou CHOPN
- jeden měsíc onemocnění chronickou bronchitidou.

Na základě dvou parametrických a jednoho neparametrického modelu byla odvozena všeobecní střední hodnota WTP za vyhnutí se výše zmíněným onemocněním. Dotazníkové šetření pro sestavení modelů probíhalo v letech 2007-2011. Všeobecná střední hodnota WTP za vyhnutí se vybraným respiračním zdravotním potížím pro EU27 je zdokumentována v tabulce 8.14.

Pro Českou republiku byly pomocí benefit transferu ze všech 3 modelů odvozeny hodnoty pro 3 různé důchodové elasticity. Sledování citlivosti výsledné hodnoty na změnu důchodové elasticity vychází z předpokladu, že při výše příjmů má jistý vliv na stanovení WTP. Vzhledem k tomu, že dotazníkové šetření probíhalo pouze v 6 zemích EU, bylo nutné tento fakt zohlednit při odhadu WTP pro zbylých 21 zemí EU.

Česká republika byla jednou ze zemí, kde bylo přímo realizováno dotazníkové šetření, proto lze modelované hodnoty porovnat s neparametrickými odhady přímo z primárních dat. Bylo dotazováno v rámci ČR 188 respondentů v pilotní části a 1822 respondentů v hlavní části studie. 83% návratnost v rámci ČR zajistila téměř polovinu zpracovávaných údajů celé studie. Věk se pohyboval v rozmezí 18-74 let.

Tabulka 8.15: Výsledky neparametrických odhadů WTP pro vyhnutí se vybraným respiračním onemocněním. Zdroj: (Máca and et al, 2011)

den s kašlem	Kč/případ	medián	0 Kč
		99% I.S. (pro střední hodnotu)	223 až 287 Kč
		střední hodnota	3 137 Kč
chronická bronchitida	Kč/měsíc	medián	857 Kč
		99% I.S. (pro střední hodnotu)	2 779 až 3 817 Kč
		střední hodnota	5 022 Kč
mírná CHOPN	Kč/měsíc	medián	1 543 Kč
		99% I.S. (pro střední hodnotu)	4 344 až 5 679 Kč
		střední hodnota	7 868 Kč
těžká CHOPN	Kč/měsíc	medián	2 571 Kč
		99% I.S. (pro střední hodnotu)	6 946 až 8 774 Kč
		střední hodnota	835 Kč
Astma-diskomfort spojený se záchvatem a užíváním medikace	Kč/případ	medián	360 Kč
		99% I.S. (pro střední hodnotu)	642 až 1 032 Kč

Výsledky neparametrických odhadů WTP pro vyhnutí se vybraným respiračním onemocněním jsou prezentovány v tabulce 8.15.

Výsledky zpětného benefit transferu na základě 3 modelů jsou uvedeny v tabulce 8.16, kde: *Model 1* představuje benefit transfer s využitím střední hodnoty WTP z neparametrického modelu na intervalových datech (Turnbull). *Model 2* představuje benefit transfer s využitím střední hodnoty WTP z parametrického modelu na intervalových datech. *Model 3* představuje benefit transfer s využitím střední hodnoty WTP z parametrického modelu na otevřených datech

Výsledky prezentované formou peněžního vyjádření nelze chápat jako reálně vynaložené náklady na konkrétní zdravotní poškození. Jde pouze o jednu z hodnocených složek založených na přístupu ochoty platit za vyhnutí se konkrétnímu zdravotnímu poškození, resp. utrpení a diskomfortu s nemocí spojenému. Výsledné hodnoty studií přístupem WTP se liší metodou, kterou byla data a odhady získány nebo případně modelována. V principu se jedná o zahrnutí subjektivního vnímání hodnot, které nejsou běžně na trhu směnitelné do politicky orientovaných rozhodnutí a srozumitelně kvantifikovat celospolečenské preference. Metodická úskalí tohoto přístupu již byla popsána v analytické části práce. Takto vyjádřené hodnoty nelze porovnávat se skutečně vynaloženými náklady na léčbu, nebo dalšími přímými a nepřímými náklady spojenými ochranou a péčí o zdraví obyvatelstva. Přístup WTP vstupuje do hodnocení ve své samostatné dimenzi se specifickými nejistotami vyplývající z hypotetických cen a tento fakt je nutné při procesu hodnocení náležitě zohlednit.

Tabulka 8.16: Výsledky zpětného modelování benefit transferu na pomoci 3 variant modelů sestavených na základě (Máca and et al, 2011) a odvozených z rozsáhlého dotazníkového šetření v rámci HEIMTSA.

Zdravotní poškození	jednotky	důchodová elasticita	Model 1	Model 2	Model 3
Den s kašlem	Kč/případ	0.5	367 Kč	501 Kč	411 Kč
		0.7	341 Kč	465 Kč	382 Kč
		1	305 Kč	417 Kč	343 Kč
Chronická bronchitida	Kč/měsíc	0.5	4 546 Kč	4 460 Kč	2 508 Kč
		0.7	4 229 Kč	4 148 Kč	2 331 Kč
		1	3 792 Kč	3 720 Kč	2 091 Kč
mírná CHOPN	Kč/měsíc	0.5	6 862 Kč	6 805 Kč	4 045 Kč
		0.7	6 382 Kč	6 328 Kč	3 762 Kč
		1	5 723 Kč	5 679 Kč	3 375 Kč
Těžká CHOPN	Kč/měsíc	0.5	10 494 Kč	7 677 Kč	6 334 Kč
		0.7	9 758 Kč	7 139 Kč	5 941 Kč
		1	8 752 Kč	6 402 Kč	5 231 Kč
Astma-diskomfort spojený se záchvatem a užíváním medikace	Kč/případ	0.5	759 Kč	872 Kč	1 104 Kč
		0.7	706 Kč	811 Kč	1 027 Kč
		1	633 Kč	727 Kč	920 Kč

Akutní mortalita Výsledky empirického epidemiologického výzkumu udávají typickou latenci pro případ chronické mortality vyvolané znečištěním ovzduší (konkrétně PM_{2,5}) na 5 až 7 let (Holland, 2005). Dle původních odhadu zpracovaných pro metodiku CAFE CBA dále vychází z předpokladu, že hodnota VOLY (Value of Life Year, hodnota ztraceného statistického roku života) ve výši 50 000 € je pro účely mezinárodního srovnávání ekvivalentem VOLY odvozené z analýzy úmrtnostních tabulek (dle Miller and Hurley 2003) diskontovaných 3%. Pak ekvivalent nediskontované VSL činí 74 627 € (Holland et al, damages, 2005), zaokrouhlené na 75 000 € pro účely dalších výpočtů externích nákladů. Tato hodnota může být interpretována jako hodnota akutní mortality, za předpokladu, že žádné další faktory, jakými je například zdravotní stav jedince v čase smrti, neovlivňují ochotu platit pro tento oceňovaný symptom.

Dle revizí v rámci projektu HEIMTSA (2011) je stanovena hodnota ze studie Alberini et al (2006) pomocí přístupu WTP pro zvýšenou akutní VOLY v rozmezí 1,2-4,45 mil. Kč se středním odhadem 1,8 mil. Kč a hodnota odvráceného úmrtí (value of prevented fatality, VPF) pro zvýšenou akutní úmrtnost v rozmezí 24,3-133,3 mil se středním odhadem 33,4 mil. Kč v českých korunách roku 2010. Je nutné upozornit na celoevropský kontext studie, kde jsou sledovány dopady v kontextu mezinárodní ekvity.

Tabulka 8.17: Náklady a užítky na jednotlivé stavy z perspektivy zdravotní pojišťovny.

Druh péče	období	výše nákladů v Kč	Utilita($U_{max}=1$)
Standardní medikace pro obtížně léčitelné astma (OLA)	2 týdny	1742	0.669
Středně těžká exacerpace nevyžadující hospitalizaci	jednorázově	3037	0.572
Těžká exacerpace vyžadující hospitalizaci	jednorázově	25129	0.326

8.6.2 Přímé náklady na léčbu akutních exacerbací v České republice

Sledování přímých nákladů zdravotního systému na léčbu onemocnění, která lze přímo vztáhnout ke konkrétní změně stavu kvality životního prostředí je základním kamenem komplexního ekonomického hodnocení zdravotních rizik.

Náklady na léčbu exacerbací (akutních astmatických záchvatů) představují významnou položku při hodnocení ekonomických dopadů zdravotních rizik ze znečištěného ovzduší (CAFE).

Náklady na medikaci

Pro stanovení hodnoty farmakoterapeutické léčby astmatiků, kteří patří k citlivým skupinám obyvatelstva na změny kvality ovzduší lze v zásadě využít několika přístupů. Na základě reálné spotřeby léčiv z vybraných ATC skupin R03. Pro případy akutních stavů ATC skupiny R03AC02-04, které reprezentují tzv. úlevovou léčbu. V případě, že je lék hrazen nebo je na něj přispíváno z veřejného zdravotního pojištění, lze ve spolupráci s regionálním pracovištěm získat konkrétní údaje pro vymezené období. Do nejistot je pak potřeba zahrnout odhad podílu nákladů na dlouhodobou farmakoterapii astmatu a nutnou stabilizaci onemocnění pomocí dalších léčiv z dlouhodobého hlediska.

Dalším přístupem je možnost za pomoci předem stanovené pravděpodobnosti odezvy organismu sestavit scénáře a přiřadit jim kvalitativní a nákladové ohodnocení. Pro standardní léčbu astmatického záchvatu lze pak výsledky z pohledu zdravotních pojišťoven shrnout v tabulce 8.17, která byla prezentována v rámci semináře věnovanému praktickým dopadům nové metodiky SÚKLu (Klimeš, 2013). Pro studie tohoto typu existují nástroje, které v sobě již sdružují více typů metod pro hodnocení nákladové i klinické hodnocení efektivity jednotlivých variant léčby. V rámci legislativních změn a nové role SÚKLu od roku 2008 je využíván obdobný komerční nástroj kvůli hodnocení efektivity nových léčiv. Blížší seznámení s nastavením vstupních parametrů tohoto nástroje pro ČR není předmětem veřejně dostupných informací.

Přístup přejímání farmakoterapeutických postupů z konkrétních studií je další variantou stanovení odhadu. Např. nedávná rozsáhlá studie COAX s sebou přináší

Tabulka 8.18: Náklady na léčbu exacerbací v rámci primární péče v České republice v roce 2005. Zdroj: (Lane et al., 2006)

Hlavní medikace ¹	Náklady na jednotku v Kč (€) Střední hodnota na osobu	% pacientů spotřebovávající výkon
Anticholinergika	84.9 (2.4)	10
Antibiotika	397.3 (11.4)	24
Inhalační steroidy (glukokortikoidy)	219.0 (6.3)	48
LABA	309.0 (8.9)	20
Perorální kortikosteroidy	91.0 (2.6)	49
SABA	35.5 (1.0)	36
Teofylin	60.4 (1.7)	22
Hlavní testy	Střední hodnota za test	
PEF	108 (3.11)	36
Spirometrie	540 (15.55)	94
Hlavní péče odborníků	Střední hodnota za péči odborníka	
Sestra	196.0 (5.64)	3
Lékař	170/85 (4.89/2.45)	72
Střední hodnota nákladů na medikaci a přístroje	510.6 (14.7)	
95% interval spolehlivosti, v Kč (€)	362.5, 684.1 (10.4, 19.7)	
Střední hodnota nákladů na testy a péči odborníků	915.0 (26.3)	
95% interval spolehlivosti, v Kč (€)	822.1, 1006.3 (23.7, 29.0)	
Střední hodnota celkových přímých nákladů	1425.6 (41.0)	
95% interval spolehlivosti, Kč (€)	1224.3, 1638.9 (35.2, 47.2)	

strukturu sledovaných položek přímých nákladů léčby (Lane et al., 2006) pro akutní exacerbace (astmatické záchvaty), které jsou jinak vzhledem k povaze onemocnění obtížně sledovatelné.

Data přímo pro Českou republiku jsou shrnuta v tabulce 8.18. V předchozím textu byla hodnocena expozice obyvatelstva Liberce a Vratislavic znečištěnému ovzduší a na základě mezinárodních metodik a doporučení bylo v hodnocení expozice stanoveno atributivní riziko pro populaci astmatiků. Pro stanovení přímých nákladů na léčbu dospělých v tabulce 8.11 (počet dní s léčbou (bronchodilatans) u dětí a dospělých s astma díky imisím PM₁₀ za rok) jsou tedy určeny hodnoty z tabulky 8.18.

Do odhadu přímých nákladů pro atributivní riziko na základě bodu 7 vstupuje střední hodnota celkových přímých nákladů, což je 1 425,6 Kč na exacerbaci u dospělého. Pro dětskou populaci je nutné zahrnout koeficient pro rozdílnou

spotřebu léků. V původní studii bylo hodnoceno 93 pacientů, do ekonomické analýzy bylo zahrnuto 87 pacientů, kde střední délka exacerpace byla 12,5dní (směrodatná odchylka 7,4 dne) a střední věk pacienta 44,5let (směrodatná odchylka 15.3 let). Podíl mužů zahrnutých do studie byl 29%. Podíl zastoupení jednotlivých typů astmatu dle závažnosti bylo následující: lehké astma bylo zastoupeno 34% a střední/těžké 66% a podíl zastoupení exacerbací dle závažnosti bylo lehké 38%, střední 56 %, těžké 6%. U 66% pacientů byly exacerbace úspěšně stabilizovány v rámci primární péče. Náklady v rámci sekundární péče nebyly v rámci studie COAX sledovány.

Tento přístup obecně s sebou nese nejistoty spojené s nereprezentativností vzorku, zastaralosti léčby a lokálním zvyklostem léčby. Další nejistoty s sebou nesou pro úlohu sledování souvislostí se znečištěním specifika nejcitlivějších skupin (děti a senioři), kteří jsou zároveň hlavními nositeli nákladů a diskomfortu. Právě tyto skupiny jsou označovány za citlivé, protože jsou nejčastěji omezeny dalšími zdravotními problémy a farmakoterapie je zde často individuálně přizpůsobována. To následně vede k daleko vyšší variabilitě nákladů a zároveň k výkyvům v utilitě léčby kvůli nestandardním odezvám organismu na léčbu.

Náklady na hospitalizaci

Náklady na hospitalizace lze sledovat z dat UZIS a Národního referenčního centra (NRC) na základě vykazovaných hodnot v rámci systému DRG. Podrobné statistiky pro jednotlivé kraje a zdravotnická zařízení jsou přístupné členům a partnerům NRC v rámci aplikace BRIX dostupné z <http://brix.nrc.cz/BRIX/faces/pages/login.jsp> Z hlediska zdravotních dopadů jde o skupiny MDC 04 a 05, detailněji lze sledovat i konkrétní diagnózy do pětimístných kódů, kde poslední číslo již pouze indikuje pouze míru komplikace a komorbidit. (xxxx1=bez komplikací a komorbidit, xxxx3 závažné komplikace a komorbidit)

DRG systém a jeho využití pro ekonomické hodnocení zdravotních rizik

Pro stanovení nejpravděpodobnějších nákladů na hospitalizaci způsobenou akutní odezvou organismu na změněné podmínky životního prostředí představují vhodný zdroj informací nashromážděná data zdravotních pojišťoven pomocí systému DRG a dále předzpracovaná Národním referenčním centrem. V těchto lze sledovat výskyt případů hospitalizace na základě několika demografických a geografických kritérií. Díky bodovému vyjádření nákladnosti každé hospitalizace lze vzájemně mezi sebou porovnávat i jednotlivé kraje v různém období. Bodové vyjádření očišťuje data od jedné z významných nejistot spojené s neustále se měnícími změnami úhradových mechanismů pro akutní lůžkovou péči a individuálními smluvními podmínkami mezi jednotlivými zdravotnickými zařízeními a pojišťovnami. Data obsahují i časovou identifikaci, ze které lze sledovat na celorepublikových datech vývoj četnosti v hospitalizacích v čase, což dává možnost dále vysledovat korelace s dalšími ukazateli a monitorovanými veličinami kvality životního prostředí.

Na základě analýzy dat o hospitalizačních případech poskytnutých Národním referenčním centrem Krajské hygienické stanici v Liberci byly pomocí DRG kódu

pro celou ČR vyčleněny data o hospitalizacích vybraných diagnóz souvisejících se znečištěným ovzduším od ledna 2006 do prosince 2009 včetně bodových hodnot určených pro úhradu poskytnuté péče. Celkem byly sledovány 3 diagnózy:

437X Chronická obstruktivní plicní nemoc (CHOPN).

438X Astma a bronchitida.

441X Příznaky, symptomy a jiné diagnózy dýchacího systému.

(kde X =1; 2, kde 1 značí případ bez komplikací, 2 značí případ s komplikacemi a komorbiditami).

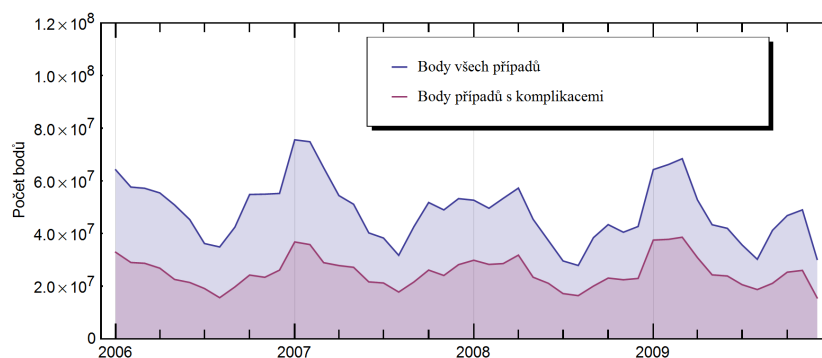
Finanční hodnota bodu je výsledkem každoročního jednání Dohadovacího řízení k výši bodu pro jednotlivé lékařské odbornosti. Pro relativní posouzení klinické a finanční náročnosti tak slouží pouze toto základní bodové ocenění, aby bylo možné meziroční srovnávání. Ke každému hospitalizačnímu případu náleží také korunová položka ZUM a ZULP (zvláště účtovaný materiál a zvláště účtované léčivé přípravky), jejíž pravidla pro vykazování byla opakovaně ve sledovaném období pozměňována. Z tohoto důvodu není dále tato položka započtena k bodovým hodnotám spojených s danou DRG skupinou a je tento fakt nutné zohlednit v rámci uvažovaných nejistot a v další diskuzi výsledků.

Pro celkový vývoj čerpání akutní lůžkové péče ve sledovaném období (2006-2009) lze na grafech 8.3(a) a 8.3(b) porovnat bodovou náročnost a podíl závažných případů hospitalizace v závislosti na ročním období. Na obou grafech pro ČR i Liberec lze sledovat relativně rovnoměrné rozložení případů v průběhu roku pro hospitalizace bez komplikací a jistou citlivost na sezónní výkyvy u případů s komplikacemi. Podrobněji lze po týdnech sledovat i vývoj četnosti hospitalizací dle závažnosti a pohlaví na grafech 8.4(a) a 8.4(b). Tyto řady lze dále korelovat s hodnotami pravidelného dlouhodobého monitoringu kvality ovzduší a se sledováním rozptylových podmínek. Je nutné brát v úvahu, že do těchto řad jsou promítnuty i další faktory vedoucí k hospitalizaci s těmito diagnózami (např. pylové sezóny a chřipkové epidemie.)

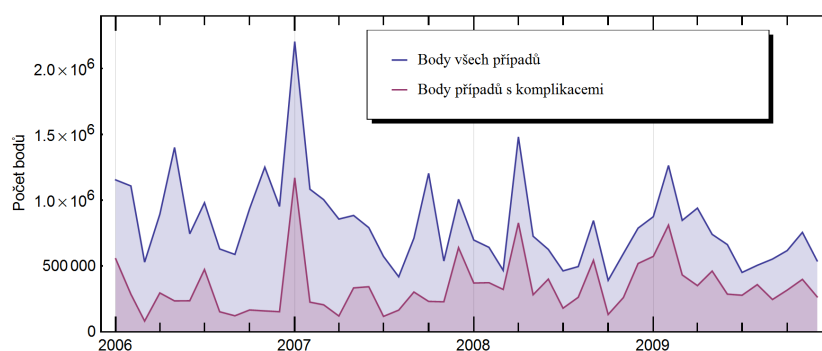
Celkové srovnání počtu hospitalizací pro celou ČR v průběhu jednoho roku od ledna do prosince vykazuje zajímavý trend v 3.kvartálu na grafu 8.5. Bližší analýza je nad rámec této práce, nicméně nabízí se hypotézy související s meteorologickými podmínkami a nebo také se zvýšenou mobilitou obyvatelstva v průběhu letních měsíců vedoucí k dočasné změně stereotypu podpořená celkovou změnou prostředí. Tento trend je pro malý rozsah dat obtížně sledovatelný v rámci okresu Liberec.

Prostorový histogram četností všech diagnóz zobrazující zatížení jednotlivých věkových skupin populace ve vztahu k bodové náročnosti jednotlivých případů hospitalizace je zobrazen na grafu 8.6 pro celou ČR a na grafu 8.7 pro Liberec.

Toto prostorové zobrazení histogramu četností hospitalizací a k nim příslušný počet bodů na jeden případ v závislosti na věku pacienta tvoří výchozí vizualizaci, která slouží k identifikaci tzv. citlivých skupin. Z grafu 8.6 a 8.7 je dále patrné, že pro bližší sledování četnosti a bodové náročnosti hospitalizačních případů bude



(a)



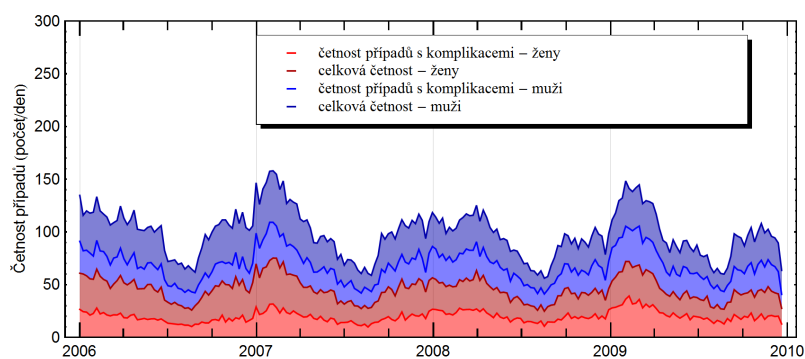
(b)

Obrázek 8.3: Kumulativní hodnota všech vykázaných bodů po měsících s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) rozdělené dle závažnosti pro ČR (a) a pro okres Liberec (b).

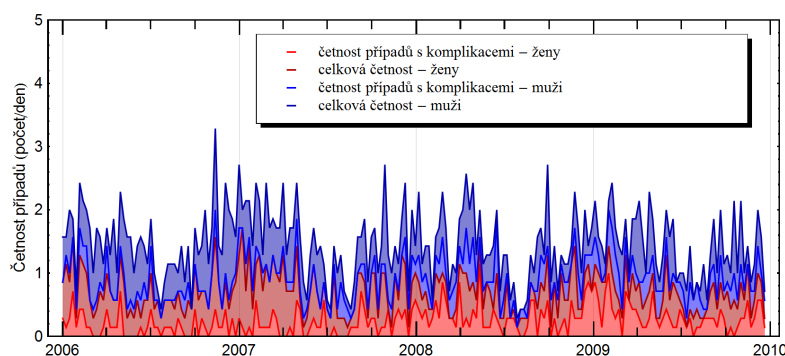
vhodné populaci rozčlenit na základě citlivosti na 3 skupiny: 0-15 let, 16-49 let a 50+.

Při detailnějším pohledu na histogram četnosti hospitalizací 8.8 pro vybrané tří skupiny obyvatel je ve skupině seniorů a dětí patrná zejména na datech pro celou ČR výrazná pravostranná asymetrie statistického rozdělení s výrazným pravým chvostem. Pro praktickou analýzu to znamená, že nejčtenější a proto i nejpravděpodobnější bodová hodnota hospitalizace bude nižší než průměrná a mediánová hodnota. Tento fakt je nutné zohlednit při stanovování nejpravděpodobnější bodové hodnoty hospitalizace v souvislosti s atributivním rizikem vyplývajícím z expozice znečištěnému ovzduší. Z předešlých grafů lze vysledovat, že citlivěji reaguje na sezónní výkyvy skupina s komplikacemi a komorbiditami.

Z grafů 8.6, 8.7, 8.8 a 8.9 vyplývá, že nejčtenější, a tím i nejvíce zatížená je skupina seniorů. Ve statistickém rozložení bodových hodnot jednotlivých případů hospitalizace v této věkové skupině také dochází k významnému posunu v objemu péče. K bližšímu sledování objemu čerpané péče a vizualizaci rizikových věkových kategorií z pohledu četnosti a bodové náročnosti hospitalizačního případu využijeme kvantilovou regresi.



(a)

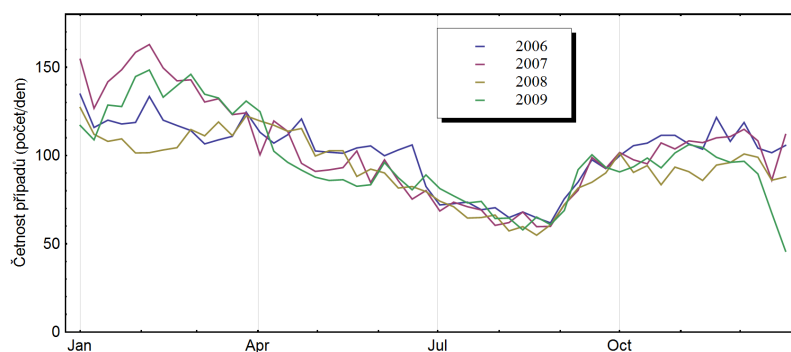


(b)

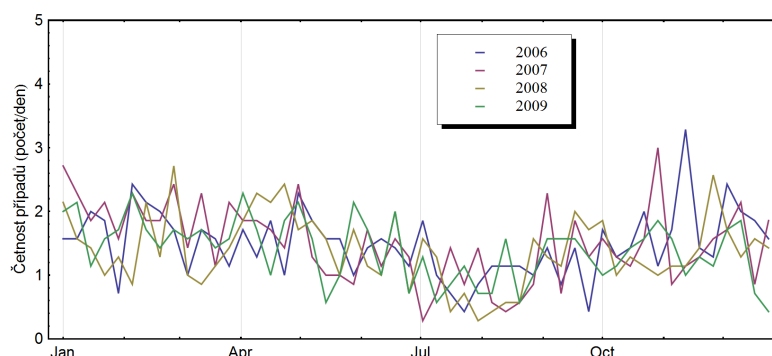
Obrázek 8.4: kumulativní hodnota všech vykázaných bodů po týdnech s diagnózou dle DRG 437X(astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) rozdělené dle závažnosti pro ČR (a) a pro okres Liberec (b).

Na obrázku 8.10 jsou v letech 2006-2010 vykázané dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) naznačené trendy v četnosti hospitalizací zvlášť pro celkovou populaci 15-49 let (a), a dále pak zvlášť pro populaci mužů ve věku 15-49 let (b) a populaci žen ve věku 15-49 let (c) a to v závislosti na výši bodové hodnoty za konkrétní hospitalizační případ. Osa y (body) je v tomto souhrnném pohledu v logaritmickém měřítku. Za pomoci kvantilové regrese jsou zde vymezeny trendy v nárůstu bodové hodnoty jednoho hospitalizačního případu vzhledem k věku a pohlaví hospitalizovaného. Barevné označení regresních křivek odpovídá následujícím hodnotám kvantilů: 90% tmavě modrá, 95% světle modrá, 99% fialová a 99,9% červená.

Z částí grafu 8.11 je detailněji vymezena rizikovost nejčtenější a zároveň v průměru bodově nejnáročnější skupiny obyvatel hospitalizovaných v rámci celé ČR ve dříve definovaném období 2006-2009 s vybranými diagnózami. Rozdělení populace do intervalů dle četnosti hospitalizačních případů tak identifikuje skrze průběh kvantilových regresních křivek rizikové věkové skupiny a interval bodové náročnosti jednoho hospitalizačního případu v rámci této konkrétní skupiny. V detailnějším pohledu části grafu 8.11 (b) a (c) je na základě kvantilové regrese jsou naznačeny



(a)



(b)

Obrázek 8.5: Porovnání vývoje počtu všech nástupů k hospitalizaci s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) v jednotlivých měsících pro celou ČR (a) a pro okres Liberec (b) v letech 2006-2010.

hranice intervalů bodových hodnot pro danou věkovou skupinu.

Pro potřebu stanovení nákladů veřejného zdravotního systému na hospitalizace tento přístup zároveň upozorňuje na směr rizika vyšší bodové hodnoty hospitalizace v závislosti na věkovém složení exponované populace.

Jak již bylo patrné již od grafu 8.9, tak z hlediska četnosti a proto také z hlediska celkové kumulativní hodnoty všech hospitalizací bude bodově nejnáročnější skupina ve věku 50-85 let. Tento fakt je následně potvrzen v tabulce 8.20 pro případ České republiky a v tabulce 8.21 pro okres Liberec pomocí podmíněných souhrnů bodových hodnot pro kvantilové intervaly stanovené na základě četnosti v dané věkové skupině.

Vztáhneme-li souhrnné hodnoty k četnosti v dané věkové skupině a v daném intervalu, dostaneme průměrné hodnoty jednoho hospitalizačního případu, tak jak je znázorněno v tabulkách 8.22 a 8.23. Na tomto místě lze opět ověřit bodovou náročnost skupiny 50-85 let a tentokrát nejen v absolutní souhrnné hodnotě, ale také v průměru na jeden hospitalizační případ. Na tomto místě lze srovnávat i hodnotu čerpané péče mezi jednotlivými okresy i vzhledem k celé ČR. Toto srovnání mezi ČR a Libercem v tabulkách 8.22 a 8.23 opět poukazuje na věkovou skupinu 50-85 let jako v průměru nenáročnější na jeden případ a tentokrát i vzhledem k celorepublikovému

Tabulka 8.20: Souhrnné bodové hodnoty všech hospitalizačních případů pro populaci ČR

		0 - 50 %	50 - 75 %	75 - 90 %	90 - 95 %	95 - 99 %	99 - 99,9 %	> 99,9 %
ČR celkem		557 080 144	530 484 304	481 775 185	233 338 635	286 385 638	162 313 875	111 340 006
	sev1	318 624 331	272 496 863	233 307 786	108 019 406	115 016 228	51 822 251	22 569 487
	sev2	238 455 813	257 987 441	248 467 399	125 319 229	171 369 410	110 491 624	88 770 519
0-15		119 994 532	116 285 193	111 315 222	54 110 766	63 085 856	27 937 101	38 314 826
	sev1	104 782 856	93 890 028	87 873 130	42 053 980	45 387 619	17 030 274	4 896 831
	sev2	15 211 676	22 395 165	23 442 092	12 056 786	17 698 237	10 906 827	33 417 995
16-49		44 829 967	46 662 975	44 194 496	21 799 640	27 093 017	14 460 189	7 457 708
	sev1	35 549 764	33 951 448	29 385 626	13 836 595	15 258 115	7 375 554	1 539 281
	sev2	9 280 203	12 711 527	14 808 870	7 963 045	11 834 902	7 084 635	5 918 427
50-85		362 295 960	340 124 146	302 632 754	146 400 326	183 127 011	114 259 583	63 962 645
	sev1	166 849 099	135 843 586	108 804 190	49 046 732	50 900 807	25 950 848	15 858 534
	sev2	195 446 861	204 280 560	193 828 564	97 353 594	132 226 204	88 308 735	48 104 111
86+		29 959 685	27 411 990	23 632 713	11 027 903	13 079 754	5 657 002	1 604 827
	sev1	11 442 612	8 811 801	7 244 840	3 082 099	3 469 687	1 465 575	274 841
	sev2	18 517 073	18 600 189	16 387 873	7 945 804	9 610 067	4 191 427	1 329 986

průměru. Bližší analýza tohoto pozorovaného jevu případě okresu Liberec je již nad rámec zadané úlohy. Pouze lze konstatovat, že při rozložení čerpání zdravotní péče v čase dochází k výrazné stabilizaci průměrných hodnot v této skupině směrem k celorepublikovým hodnotám a výrazné výchýlení vykazované péče je patrné pouze v počátečním období zavedení systému

Z praktického pohledu tak data DRG poskytují významný vstup pro stanovení přímých nákladů hospitalizační péče a na základě předložené analýzy lze konstatovat, že i přes nerovnoměrné rozložení případů hospitalizace dle věku pro vybrané diagnózy významně spojené se znečištěným ovzduším a i přes významný rozptyl bodových hodnot jednotlivých případů lze využívat jako referenční hodnotu průměrnou hodnotu hospitalizovaného s komplikacemi a komorbiditami v nejvíce zatížené věkové skupině 50-85 let. Vzhledem k významnému zastoupení této skupiny v evidovaných hospitalizacích jsou i celkové průměrné hodnoty v jednotlivých kvantilech pro celou sledovanou oblast (ČR i okres Liberec) taženy vnitroskupinovými průměry s téměř výhradním zastoupením v posledním centilu. V této části souboru (v posledním centilu v rámci celé ČR) lze také jasně identifikovat nejcitlivější skupiny obyvatel a tím i prostor pro významný ekonomický přínos při redukci rizikových faktorů vyplývajících pro tyto osoby ze znečištěného ovzduší.

Z tabulky 8.22 pro celou populaci ČR lze vysledovat stoupající trend v průměrné hodnotě hospitalizace v jednotlivých kvantilových intervalech a na základě kvantilové regrese pro starší populaci na grafu 8.11 lze určit i nejpravděpodobnější věk postiženého.

Budeme-li dále vycházet z předpokladu že na zhoršené ovzduší reagují nejzávažnějším způsobem tzv. citlivé skupiny (děti, senioři, chronicky nemocní), jejichž rozložení v populaci je patrné zejména na grafu 8.6 a na grafu 8.7, musíme tento fakt dále zohlednit při modelování krátkodobých a dlouhodobých ekonomických efektů preventivních opatření, nejen formou odvrácených průměrných nákladů v nejčtetnějších skupinách, ale i formou redukce extrémně nákladných případů akutní lůžkové péče reprezentované redukcí délky chvostu v ose s bodovou hodnotou hospitalizace na grafu 8.9. Právě za těmito extrémními hodnotami se nachází nejcitlivěji reagující skupina obyvatel a krátkodobá i trvalá expozice znečištěnému ovzduší ještě neúměrně zvyšuje nákladnost jejich péče.

Tabulka 8.21: Souhrnné bodové hodnoty všech hospitalizačních případů pro okres Liberec

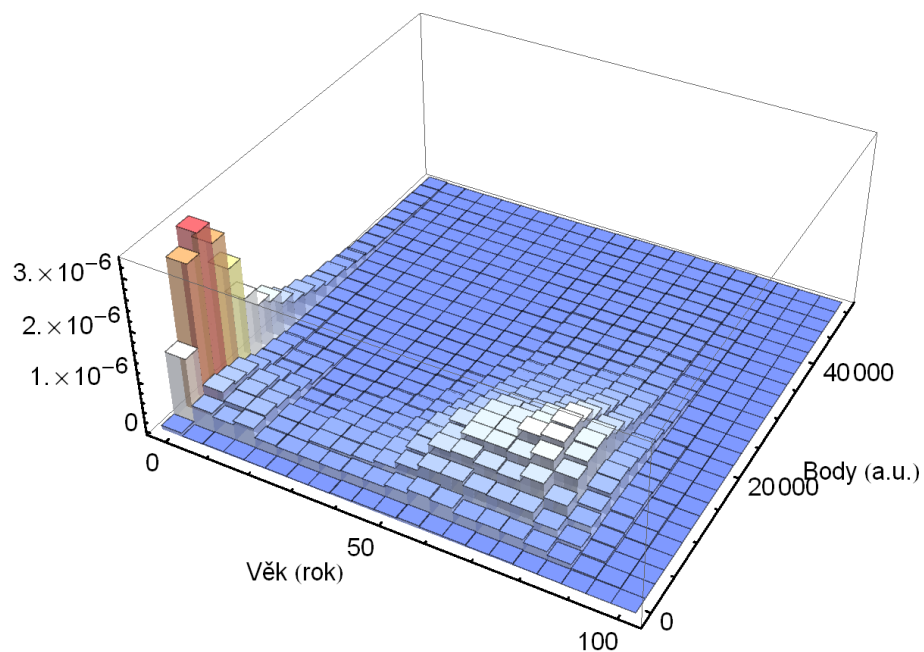
		0 - 50 %	50 - 75 %	75 - 90 %	90 - 95 %	95 - 99 %	99 - 99,9 %	> 99,9 %
Liberec celkem		9 488 468	8 673 432	8 265 819	4 101 013	5 485 233	3 026 096	1 494 167
	sev1	6 263 656	5 900 844	4 986 958	2 316 278	3 222 561	661 566	699 248
	sev2	3 224 812	2 772 588	3 278 861	1 784 735	2 262 672	2 364 530	794 919
0-15		2 295 290	2 103 902	2 183 286	1 055 567	1 146 598	444 360	98 306
	sev1	2 166 464	1 879 663	1 887 610	872 490	868 844	444 360	98 306
	sev2	128 826	224 239	295 676	183 077	277 754	0	0
16-49		510 558	534 162	541 920	261 590	360 919	68 774	84 942
	sev1	429 715	394 993	401 380	204 546	88 584	68 774	84 942
	sev2	80 843	139 169	140 540	57 044	272 335	0	0
50-85		6 142 126	5 567 881	5 165 351	2 599 534	3 775 670	2 512 962	1 251 338
	sev1	3 350 233	3 350 162	2 522 545	1 166 576	2 209 690	148 432	516 000
	sev2	2 791 893	2 217 719	2 642 806	1 432 958	1 565 980	2 364 530	735 338
86+		540 494	467 487	375 262	184 322	202 046	0	59 581
	sev1	317 244	276 026	175 423	72 666	55 443	0	0
	sev2	223 250	191 461	199 839	111 656	146 603	0	59 581

Tabulka 8.22: Průměrná bodová hodnota jednoho případu hospitalizace dané závažnosti a v daném rozmezí kvantilů pro populaci ČR.

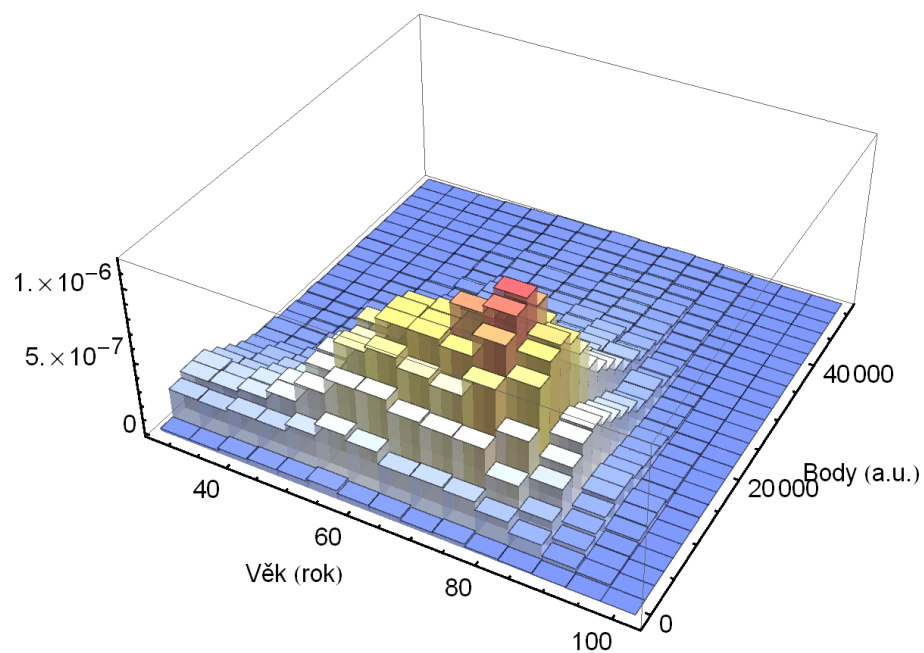
	0 - 50 %	50 - 75 %	75 - 90 %	90 - 95 %	95 - 99 %	99 - 99,9 %	> 99,9 %
ČR celkem	7 681,53	14 634,86	22 146,51	32 171,33	49 393,87	124 283,21	757 415,01
sev1	7 074,10	13 724,34	20 945,13	30 445,15	45 532,95	104 691,42	609 986,14
sev2	8 677,12	15 737,66	23 407,20	33 824,35	52 374,51	136 241,21	807 004,72
0-15	6 084,61	11 796,02	18 815,96	27 439,54	40 003,71	78 696,06	957 870,65
sev1	6 036,92	11 770,09	18 816,52	27 414,59	39 883,67	77 060,06	544 092,33
sev2	6 434,72	11 905,99	18 813,88	27 526,91	40 314,89	81 394,23	1 077 999,84
16-49	5 149,91	10 722,19	16 919,79	25 057,06	38 926,75	92 103,11	414 317,11
sev1	5 082,89	10 693,37	16 868,90	24 975,80	38 145,29	88 862,10	307 856,20
sev2	5 423,85	10 799,94	17 021,69	25 199,51	39 982,78	95 738,31	455 263,62
50-85	8 842,53	16 609,25	24 624,31	35 716,11	55 916,64	154 823,28	780 032,26
sev1	8 561,19	16 566,29	24 522,02	35 722,31	55 206,95	145 791,28	720 842,45
sev2	9 097,75	16 637,93	24 682,10	35 712,98	56 194,73	157 694,17	801 735,18
86+	9 590,17	17 571,79	25 248,63	35 345,84	52 319,02	101 017,89	229 261,00
sev1	9 527,57	17 518,49	24 982,21	35 426,43	52 571,02	112 736,54	274 841,00
sev2	9 629,26	17 597,15	25 368,22	35 314,68	52 228,63	97 475,05	221 664,33

Tabulka 8.23: Průměrná bodová hodnota jednoho případu hospitalizace dané závažnosti a v daném rozmezí kvantilů pro okres Liberec.

		0 - 50 %	50 - 75 %	75 - 90 %	90 - 95 %	95 - 99 %	99 - 99,9 %	> 99,9 %
Liberec celkem		8 793,76	16 212,02	25 590,77	38 327,22	63 048,66	178 005,65	298 833,40
	sev1	8 220,02	15 487,78	24 208,53	36 191,84	63 187,47	82 695,75	233 082,67
	sev2	10 172,91	18 003,82	28 024,45	41 505,47	62 852,00	262 725,56	397 459,50
0-15	sev1	6 557,97	12 091,39	20 793,20	30 159,06	40 949,93	74 060,00	98 306,00
	sev2	6 525,49	12 049,12	20 742,97	30 085,86	41 373,52	74 060,00	98 306,00
16-49	sev1	7 157,00	12 457,72	21 119,71	30 512,83	39 679,14	N/A	N/A
	sev2	5 374,29	11 365,15	18 686,90	29 065,56	45 114,88	68 774,00	84 942,00
50-85	sev1	5 439,43	11 285,51	18 244,55	29 220,86	44 292,00	68 774,00	84 942,00
	sev2	5 052,69	11 597,42	20 077,14	28 522,00	45 389,17	N/A	N/A
86+	sev1	10 463,59	19 133,61	29 348,59	44 819,55	80 333,40	251 296,20	625 669,00
	sev2	10 372,24	19 035,01	28 994,77	44 868,31	81 840,37	148 432,00	516 000,00
86+	sev1	10 575,35	19 284,51	29 694,45	44 779,94	78 299,00	262 725,56	735 338,00
	sev2	11 499,87	20 325,52	28 866,31	36 864,40	50 511,50	N/A	59 581,00
86+	sev1	11 330,14	19 716,14	29 237,17	36 333,00	55 443,00	N/A	N/A
	sev2	11 750,00	21 273,44	28 548,43	37 218,67	48 867,67	N/A	59 581,00

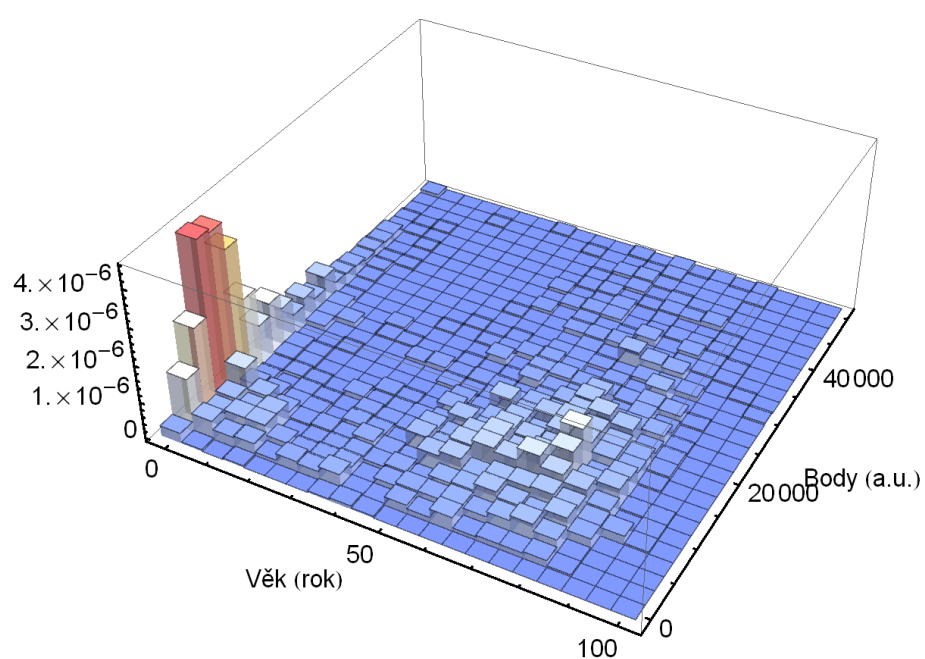


(a)

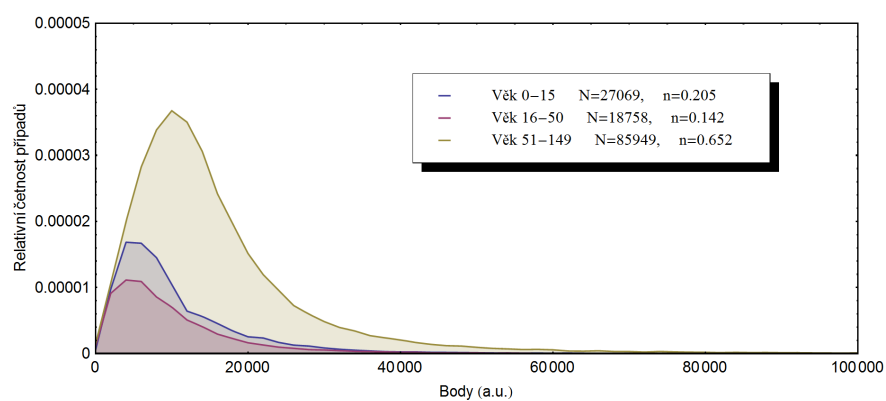


(b)

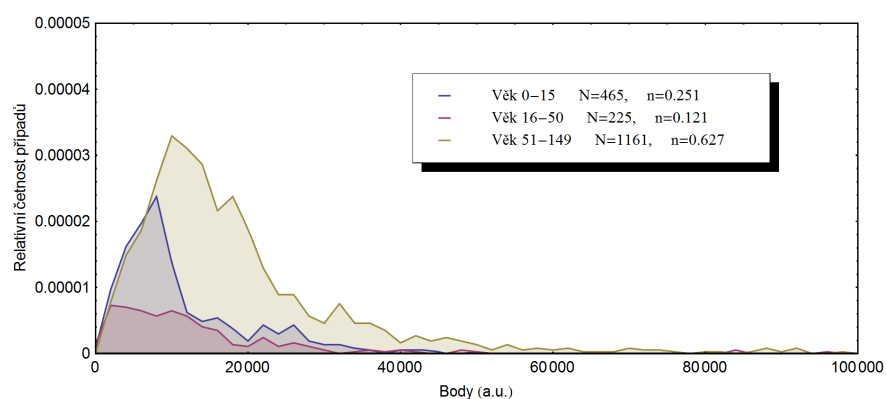
Obrázek 8.6: Histogram četností všech hospitalizací s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vizualizované na základě věku a bodové hodnoty jednotlivého hospitalizačního případu pro celou ČR (a) a v detailu pro dospělou po populaci (b) v letech 2006-2009.



Obrázek 8.7: Histogram četností všech hospitalizací s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vizualizované na základě věku a bodové hodnoty pro okres Liberec v letech 2006-2009.

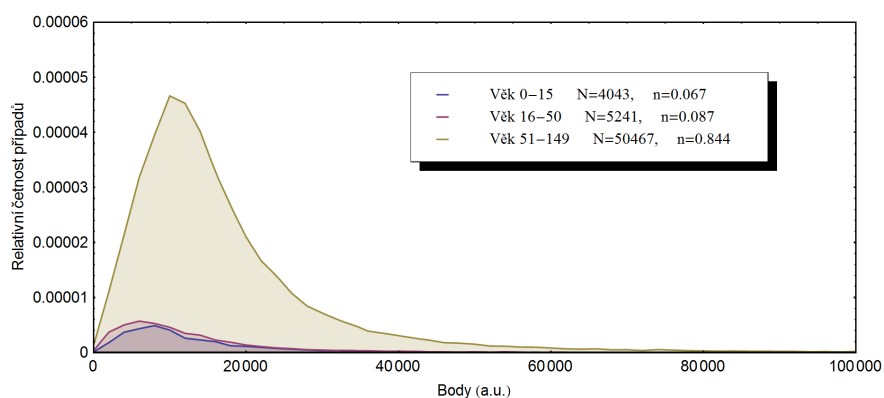


(a)

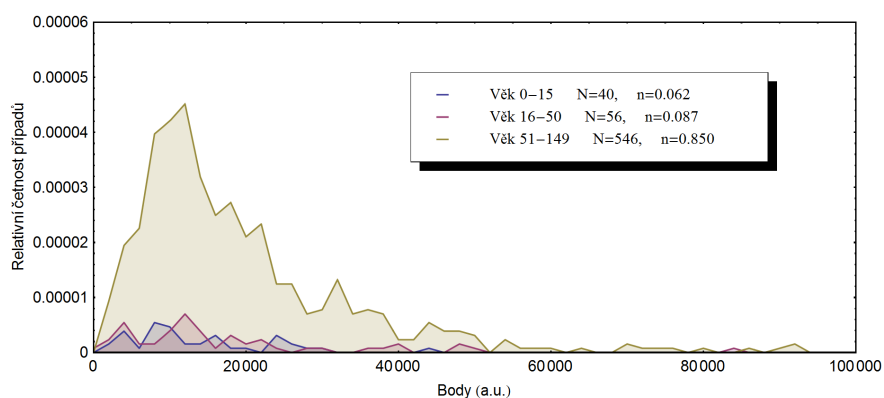


(b)

Obrázek 8.8: Histogram četností všech hospitalizací v zájmemném porovnání ve třech věkových kategoriích s diagnózou dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vzhledem k bodové hodnotě na jeden hospitalizační případ pro celou ČR (a) a pro okres Liberec s využitím jádrového odhadu (b) v letech 2006-2009.

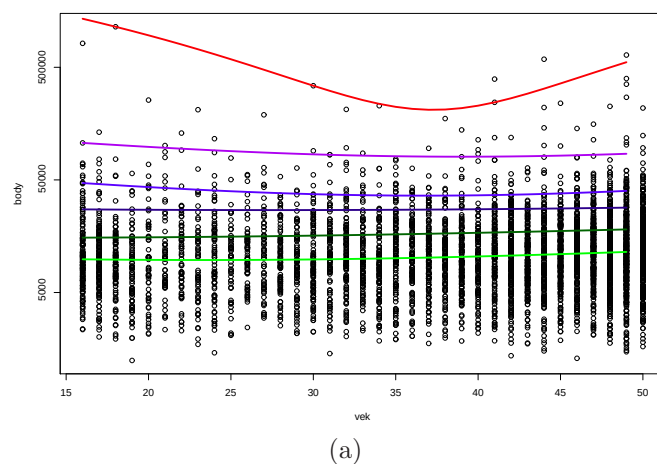


(a)

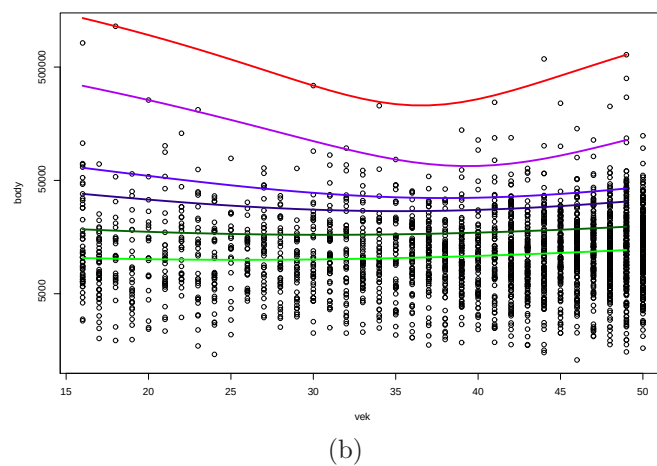


(b)

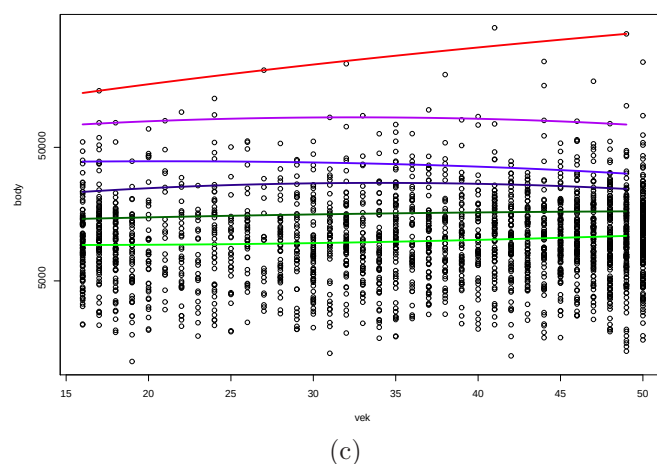
Obrázek 8.9: Histogram četností všech hospitalizací s komplikacemi a komorbiditami ve vzájemném porovnání ve třech věkových kategoriích s diagnózou dle DRG 4372 (astma), 4382 (CHOPN) a 4412 (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) vzhledem k bodové hodnotě na jeden hospitalizační případ pro celou ČR (a) a pro okres Liberec s využitím jádrového odhadu (b) v letech 2006-2009.



(a)

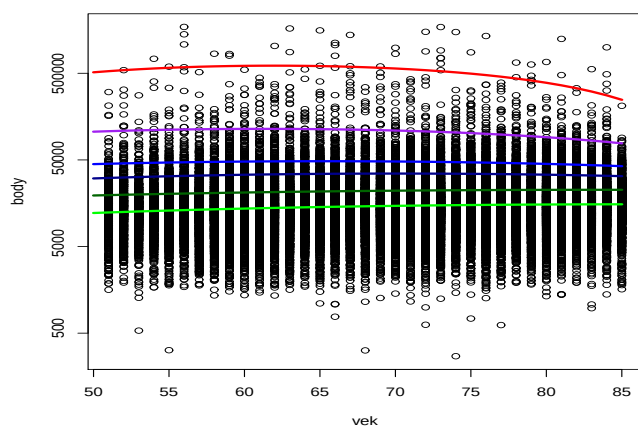


(b)

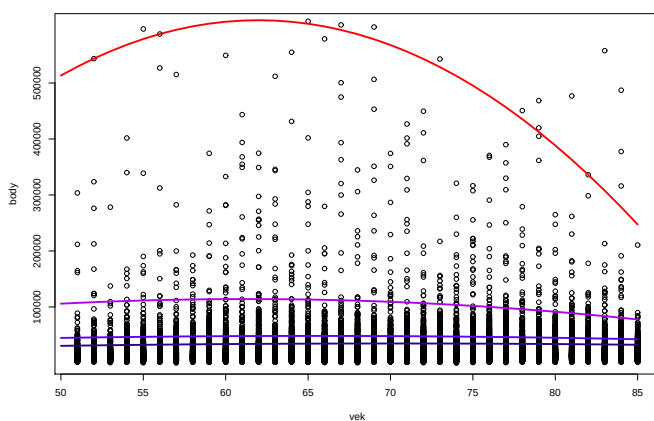


(c)

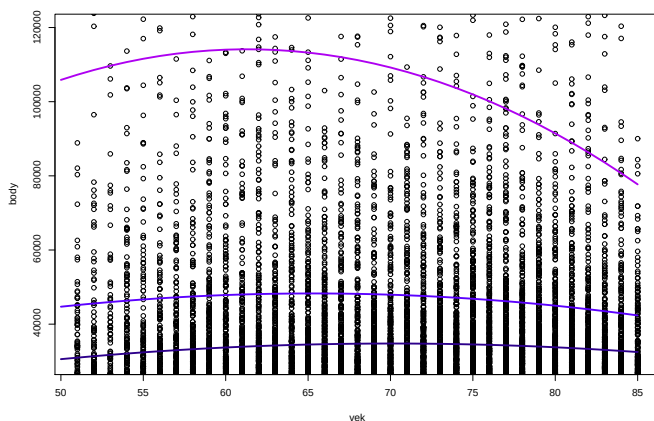
Obrázek 8.10: Hospitalizační případy pro ekonomicky aktivní obyvatelstvo ve věkové skupině 15-49let dle věku a bodové hodnoty dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) proložená kvantilovou regresí v souhrnném grafu (a) pro populaci mužů (b) a pro populaci žen (c). Barevné označení regresních křivek odpovídá následujícím hodnotám kvantilů: 50% světle zelená, 75% tmavě zelená, 90% tmavě modrá, 95% světle modrá, 99% fialová a 99,9% červená. Osa y (body) je v logaritmickém měřítku.



(a)



(b)



(c)

Obrázek 8.11: Hospitalizační případy pro populaci ve věkové skupině 50-85 let dle věku a bodové hodnoty dle DRG 437X (astma), 438X (CHOPN) a 441X (ostatní symptomy a diagnózy dýchacího systému) proložená kvantilovou regresí v souhrnném grafu v logaritmickém měřítku v ose zobrazující bodovou hodnotu jedné hospitalizace (a), v detailnějším zobrazení průběhu kvantilové regrese (b) a s bližším vymezením rizikovosti a bodové náročnosti v rámci věkové skupiny v intervalu 90-99% kvantilu (c). Barevné označení regresních křivek odpovídá následujícím hodnotám kvantilů: 50% světle zelená, 75% tmavě zelená, 90% tmavě modrá, 95% světle modrá, 99% fialová a 99,9% červená.

9. Diskuze výsledků a přínosů disertační práce

V předložené práci bylo v rámci první kapitoly představeno téma modelování následků vlivu životního prostředí na populaci v nejširším možném pojetí a to až do jeho v současnosti upřednostňované formy vyjádření v peněžních jednotkách. V kapitole byla představena vědní disciplína Ekonomie zdraví, která má s tématem úzkou souvislost, protože sleduje zdraví a jeho úroveň jako důležitý vstup pro vytváření dalších socioekonomických hodnot jak na úrovni jednotlivce, tak na úrovni celých států. Z toho vyplývá i střet soukromého a veřejného zájmu ve využití vzácných zdrojů pro péči o zdraví a značně roztržitou metodologii v pojetí peněžního vyjádření poškozeného zdraví. Základní prezentovaná fakta o této disciplíně jasně ukazují, že se jedná o rapidně se rozvíjející obor s přímým vlivem na strukturu péče o zdraví obyvatelstva. Kapitola je zakončena nástinem situace v ČR.

Stručná prezentace provázanosti tématu s dalšími navazujícími disciplínami, vstupujícími do konečného modelování následků v rámci integrovaného hodnocení zdravotních rizik ze životního prostředí je stručně představena v druhé kapitole. Téma je zasazeno do kontextu současného evropského výzkumu a dlouhodobě rozvíjené evropské metodiky ExternE. Rozvoj a aplikace této metodiky s sebou přinesla celou řadu softwarových nástrojů vhodných pro mezinárodní srovnatelnost v rámci Evropy. Dále byly shrnut současný stav integrovaného přístupu hodnocení vlivu životního prostředí na lidské zdraví v kontextu České republiky. Zde jsou shrnuty současné trendy v úzce souvisejících oborech z oblasti Ekonomiky zdravotní péče, které v rámci systému zdravotní péče generují klíčové statistiky a další data potřebná pro samotné modelování následků.

V třetí kapitole bylo vymezeno bližší zaměření práce v kontextu vlastní odborné činnosti autorky. Na tomto místě byl stručně popsán přístup k řešení včetně poznámek k používanému pojmosloví z navazujících disciplín.

Na základě četných metodologických materiálů souvisejících s posledními výzkumy z oblasti integrovaného hodnocení zdravotních rizik vyplývajících ze znečištěného životního prostředí a dále ze současného trendu potřeby hodnocení efektivnosti veřejných systémů zdravotní péče vyplývajících z jejich trvale se zvyšujících finančních náročností je v rozsáhlé čtvrté kapitole představena celá řada přístupů a metod oceňujících změnu úrovně zdraví z pohledu veřejné i soukromé sféry. Část věnovaná diskuzi současných přístupů oceňování zdravotních rizik z pohledu ekonomie životního prostředí je doplněná praktickými přístupy měření změny úrovně zdraví populace

i jednotlivce z pohledu nejen celého systému veřejného zdravotnictví, ale i z pohledu přínosu až na úroveň konkrétní terapie. Tato témata jsou v úloze modelování následků obtížně oddělitelná přestože všem sledovaným kategoriím pro vyjádření efektu změny nebo samotné změny úrovně zdraví je společné pouze konečné peněžní vyjádření. Z metodologického hlediska zde byla provedena rozsáhlá diskuze výhod a nevýhod jednotlivých přístupů a metod v souladu se stávajícími celoevropskými trendy v oboru samotném i navazujících disciplínách a v souladu s aktuálními doporučeními WHO.

Pátá kapitola je již zaměřena na konkrétní prostředí České republiky, které je vymezeno jak organizací systému zdravotní péče tak dále platnou legislativou. Tato národní specifika představují hlavní prostor pro rozvinutí tématu do disertační práce. V současné době je v České republice velmi nevyvážená odborná infrastruktura pro zajištění výstupů modelování na úrovni odpovídající běžným potřebám klíčových aktérů v rámci České republiky, která spadá do evropské úrovně regionu A dle členění WHO. proto je na základě čtvrté kapitoly sestaven metodický návod respektující stávající strukturu dat v České republice pro modelování a přehledně vymezující kategorie následků, které jsou rozebrány až do ukazatelů v peněžních jednotkách pro orientaci v úrovních hodnocení následků dle jednotlivých přímých aktérů. Schematické vyjádření vztahu mezi jednotlivými typy následků a bližší popis zdrojů dat je nedílnou součástí této kapitoly.

V rámci šesté kapitoly byly pak stručně představeny vybrané matematicko-statistické nástroje z oblasti epidemiologie a dále z pohledu ekonometrie. Jsou zde zmíněny v současné době často opomíjené principy robustních přístupů v hodnocení rozsáhlých souborů, kde je z hlediska významnosti nutné zohledňovat i vzdálená a odlehlá pozorování. Stručně představené nástroje a principy mají souvislost s praktickým modelováním již v ukázkových případových studiích. Vzhledem k zaměření práce jejich seznam není vyčerpávající, protože má za úkol pouze podpořit všeobecný přehled o možnostech zpracování běžných vstupních dat při zachování konsistentní kvality modelovaných hodnot, nebo přesněji při zachování znalosti vstupujících nejistot souvisejících s jednotlivými kroky modelování.

V sedmé a osmé kapitole jsou názorně modelovány následky vlivu životního prostředí ve dvou případových studiích. Jedná se o prezentaci původních výsledků, které byly vytvořeny v rámci odborné činnosti autorky. Téma modelování následků do úrovně socioekonomických kategorií byly požadovány zadavateli. Epidemiologické vstupy byly zajištěny spolupracujícími odborníky s ohledem na možnost dalšího modelování následků z pohledu jednotlivých aktérů i v několika socioekonomických kategoriích, které jsou nejčastěji vyjadřovány právě v peněžních jednotkách a které se neobejdou bez identifikace použitých metody a konkrétního vymezení pokrytí modelovaných následků. Toho lze přehledně docílit za pomoci předkládané metodiky.

V první případové studii v kapitole sedm byla namodelována zvýšená incidence onkologických onemocnění vlivem ionizujícího záření a její dopad na formální i nepodchycenou produkci hypotetické populace.

V druhé případové studii v rámci osmé kapitoly bylo již vymezeno v případě expozici poletavému prachu v ovzduší více druhů následků, často smíšeného charak-

teru z oblasti medicínské i ekonomické. Pro nalezení peněžního vyjádření vybraných kategorií následků byly převzaty údaje z nedávných studií pro zachování širě podchytených socioekonomických kategorií.

Na vybraném následku - náročnosti hospitalizace na zdroje zdravotnického zařízení pro různé věkové kategorie hospitalizovaných - jsou pak dále za pomoci dat z DRG systému prezentovány další původní výsledky, jejichž využití pro účely modelování následků vlivu životního prostředí doposud nebylo metodicky podchyceno.

Nespornou výhodou dat DRG systému je schopnost podchytit celou škálu zdravotních následků napříč celou populací a ve všech věkových skupinách. Body vykázané na konkrétní hospitalizační případ pak umožňují sledování ekonomického zatížení systému akutní lůžkové péče vlivem znečištěného ovzduší. Na základě poskytnutých dat tak bylo prokazatelné, že při práci s průměrnými nebo modálními hodnotami dochází k značnému podhodnocení této zátěže. Nejcitlivěji reagují na tyto externí vlivy životního prostředí již nemocní senioři a děti, a z hlediska bodové náročnosti vykázané péče celý soubor nejvíce ovlivňují ukazatelé nejpočetnější věková skupina hospitalizovaných 50 a více let. V této věkové skupině jsou zároveň nejčastěji zastoupeny i nejnáročnější případy hospitalizace, a proto při stanovování peněžního vyjádření již na úrovni reálných zdrojů zdravotnického zařízení při použití průměrných hodnot dochází k mnohonásobnému podhodnocení následku.

Takové dílčí modely podchycují dle kontrolního schématu prezentovaného v metodice vždy konkrétní část následků jak v medicínské rovině, tak rovině socioekonomické. Při následné práci s takto získanými údaji je tedy vhodné tento fakt zachovat a dát tak prostor pro další mezioborovou spolupráci. Doposud byl obdobný přístup k modelování následků předmětem dlouholeté evoluce celé řady navazujících oborů a analytických možností nástrojů souvisejících disciplín v kontextu požadavků klíčových aktérů ochrany veřejného zdraví a jejich možností v rámci nastavení zdravotního a sociálního systému. V případě České republiky tak došlo k nerovnoměrnému rozvoji těchto vzájemně provázaných disciplín a tím i k absenci znalostí a přehledu o silných a slabých stránkách dílčích přístupů k modelování následků. Tato práce tak doplňuje historicky vzniklou mezeru a vytváří podmínky pro navázání na současné evropské i celosvětové trendy v řízení ochrany veřejného zdraví.

9.1 Závěr

Téma integrovaného hodnocení je výzvou z důvodu přímého zapojení celé řady disciplín, které samy o sobě prochází vlastním vývojem. V závěrečné fázi při hodnocení vlivu na zdraví tak dochází k syntéze těch nejnovějších poznatků z celé řady přírodovědných i společenských disciplín a hledá se způsob, kterak tyto nejnovější poznatky srozumitelně interpretovat a na jejichž základě efektivně rozhodovat o pro tento účel permanentně omezených, a z principu nedostatečných zdrojích. To klade vysoké nároky na pečlivé posouzení skutečných nositelů následků

a na optimální způsob vyjádření jejich závažnosti. Socioekonomické kategorie takové vyjádření umožňují a vzhledem k faktu, že celá řada těchto následků nebo přesněji podíl vlivu životního prostředí na těchto následcích je také předmětem současných výzkumů, je nutné využívat matematicko-statistické přístupy k jejich modelování. Klíčové doporučení pro další výzkum tématu integrovaného hodnocení tak spadá do oblasti trvale rozvíjeného metodologického přístupu k mezioborovým tématům se zapojením moderních matematicko-statistických nástrojů, které umožní efektivně analyzovat a následně zpracovávat rozsáhlá vstupní data z různých zdrojů. Jedná se o úlohu, která klade vysoké nároky na širší odborné zázemí a schopnost hledání analogií v jednotlivých oborech. Klíčové zůstává i role interpretace výstupů, zejména v případě dlouholetého izolovaného vývoje pojmosloví v rámci jednotlivých vstupních vědeckých disciplín.

Z pohledu vlastní práce byla již v jejím průběhu identifikována celá řada námětů pro další výzkum, již od úrovně diskuze metodologických přístupů, přes praktická řešení pomocí vymezených metod, až po způsob interpretace dílčích nebo složených výsledků a jejich další korektní uplatnění. Významnou roli v tomto tématu hraje i samotný tlak koncových uživatelů na rozsah výstupů integrovaného hodnocení a tím na neustálé revize metodologických přístupů v této závěrečné fázi. Také samotné matematicko-statistické nástroje prochází dynamickým vývojem. Společně s rozvojem využívání informačních technologií ve zdravotnictví a v dalších oblastech řízení ochrany veřejného zdraví tak téma integrovaného hodnocení vlivu životního prostředí na zdraví přináší v současných podmínkách České republiky kontinuální zdroj námětů pro další výzkum. Nespornou výhodou v tomto tématu mají projektové týmy zejména z prostředí univerzit, zaměřených na přírodovědné disciplíny z environmentální a medicínské oblasti a se silným zázemím v technicky a informaticky rozvinutých pracovištích.

Literatura

- A. Aimola. Individual WTPs for reductions in cancer death risks. In *Environmental Resource Valuation*, page 195–212. Springer, 1998.
- A. Alberini, A. Hunt, and A. Markandya. Willingness to pay to reduce mortality risks: Evidence from a three-country contingent valuation study. *Environmental & Resource Economics*, 33(2):251–264, 2006. URL <http://ideas.repec.org/a/kap/enreec/v33y2006i2p251-264.html>.
- M. Ščasný, M. Braun Kohlová, M. Havránek, J. Melichar, V. Máca, J. Urban, J. Klusák, P. Machálek, K. Kreislová, D. Knotková, and L. Šišák. Externí náklady výroby elektřiny a tepla v podmínkách ČR a metody jejich internalizace. Závěrečná zpráva projektu MŽP VaV/320/1/03, Praha, 2005.
- M. Barbieri, M. Drummond, F. Rutten, J. Cook, H. A. Glick, J. Lis, S. D. Reed, M. Sculpher, and J. L. Severens. What do international pharmacoeconomic guidelines say about economic data transferability? *Value in Health*, 13(8):1028–1037, Dec. 2010. ISSN 1098-3015. doi: 10.1111/j.1524-4733.2010.00771.x. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1098301511718368>.
- P. K. Bardhan and C. Udry. *Development microeconomics*. Oxford University Press, Oxford; New York, 1999. ISBN 0198773706 9780198773702 0198773714 9780198773719.
- D. Blatná. Robustní přístupy v lineární regresi (praktické důvody pro použití robustní regrese). *Statistika*, page 255–265, 2008.
- CAFE CBA. Clean air for europe cost benefit analysis, 2006. URL <http://www.cafe-cba.org/>.
- T. A. Cameron. Euthanizing the value of a statistical life. *Review of Environmental Economics and Policy*, 4(2):161–178, 2010. URL <http://reep.oxfordjournals.org/content/4/2/161.short>.
- T. A. Cameron and J. DeShazo. Demand for health risk reductions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1):87–109, Jan. 2013. ISSN 0095-0696. doi: 10.1016/j.jeem.2012.05.008. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069612000769>.
- CASES. Cost assessment for sustainable energy systems, 2006. URL <http://www.feem-project.net/cases/>.

- M. Cikrt, Z. Šmerhovský, and P. Urban. Možnost hodnocení přínosu REACH pro zdravotní důsledky expozice chemickým látkám. Technical report, Státní zdravotní ústav, Centrum pracovního lékařství, Praha, Praha, 2005.
- P. Danihelka, V. Klener, L. Tomášel, P. Praks, J. Volfová, . Žídková, P. Hermanová, and V. Kapsiová. Analýza ekonomických a sociálních aspektů významných v řízení ochrany před zářením. Závěreční zpráva projektu VZ č. 14/2006, LabRisk, Ostrava, 2007.
- B. Desaignes, D. Ami, A. Bartczak, M. Braun-Kohlová, S. Chilton, M. Czajkowski, V. Farreras, A. Hunt, M. Hutchison, C. Jeanrenaud, P. Kaderjak, V. Máca, O. Markiewicz, A. Markowska, H. Metcalf, S. Navrud, J. Nielsen, R. Ortiz, S. Pellegrini, A. Rabl, R. Riera, M. Scasny, M.-E. Stoeckel, R. Szántó, and J. Urban. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecological Indicators*, 11(3): 902–910, May 2011. ISSN 1470-160X. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.12.006. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X10002116>.
- M. F. Drummond. *Methods for the economic evaluation of health care programmes*. Oxford University Press, Oxford, etc., 2005. ISBN 0198529449 9780198529446 0198529457 9780198529453.
- EC DGRP. Guide to cost-benefit analysis of investment projects, July 2008. URL http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf.
- Český statistický úřad. Sčítání lidu 2001. Technical report, 2001.
- Český statistický úřad. 3. výdaje zdravotních pojišťoven. In *Výsledky zdravotnických účtů v roce 2000 až 2010*. 2012. URL [http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/t/CD003F9988/\\$File/330612k3.pdf](http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/t/CD003F9988/$File/330612k3.pdf).
- Český statistický úřad. Počet obyvatel ve městech libereckého kraje v roce 2006, 2007, 2013.
- European Commission. Extrernalities of fuel cycles "ExternE" project. Technical report, 1998. URL <http://www.externe.info>.
- D. B. Evans and et al. *Who Guide to Identifying the Economic Consequences Department of Health Systems Financing*. WHO, Geneve, 2009. ISBN 978 92 4 159829 3. URL http://www.who.int/choice/publications/d_economic_impact_guide.pdf.
- EXIOPOL. A new environmental accounting framework UsingExternality data and input-output tools for policy analysis, 2007. URL <http://www.feem-project.net/exiopol/index.php>.
- E. L. Feige and I. Urban. Estimating the size and growth of unrecorded economic activity in transition countries: A re-evaluation of electric consumption method estimates and their implications. Dec.

2003. URL <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/40022>.
<http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/40022/2/wp636.pdf>.
- J. Fischer and J. Fischer. Měříme správně hrubý domácí produkt? *Statistika*, 2005 (3):177–187, 2005.
- G. S. Fishman. *Monte Carlo: concepts, algorithms, and applications*. Springer, New York, NY [u.a.], 1997. ISBN 038794527X 9780387945279.
- A. M. Freeman. *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*. Resources for the Future, Washington, DC, 2nd ed edition, 2003. ISBN 1891853635.
- H. Frolíková. Výsledky dohodovacího řízení pro rok 2013. *Infoservis VZP*, 3(19):1–2, Oct. 2012a. URL <http://www.vzp.cz/uploads/document/infoservis-19-2012.pdf>.
- H. Frolíková. VZP navrhuje sjednotit výše základních sazeb co nejdříve. *Infoservis VZP*, 3(22):1–1, 2012b. URL <http://www.vzp.cz/uploads/document/infoservis-22-2012.pdf>.
- M. Grossman. The human capital model of the demand for health. Working Paper 7078, National Bureau of Economic Research, Apr. 1999. URL <http://www.nber.org/papers/w7078>.
- J. K. Hammitt. QALYs versus WTP. *Risk analysis: an official publication of the Society for Risk Analysis*, 22(5):985–1001, Oct. 2002. ISSN 0272-4332. URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1539-6924.00265/full>. PMID: 12442993.
- J. Hanousek and F. Palda. Mission implausible III: measuring the informal sector in a transition economy using macro methods. Technical Report Working Paper Number 683, William Davidson Institute, May 2004. URL <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/40069/wp683.pdf?sequence=3>.
- HEIMTSA. Health and environment integrated methodology and toolbox for scenario assessment, 2009. URL <http://www.heimtsa.eu/>.
- B. Heřmanský. Racionální a iracionální přístup k hodnocení rizik jaderné energetiky. *Sborník Českého klubu skeptiků*, Apr. 2007. URL <http://www.sysifos.cz/index.php?id=vypis&sec=1176798988>.
- S. Heritier. *Robust methods in biostatistics*. Wiley series in probability and statistics. J. Wiley, Chichester, U.K., 2009. ISBN 9780470027264.
- P. Hájek. Hranice ochoty platit (willingness to pay) – kam směřujeme v ČR? *Farmakoekonomika*, 6(1):7–8, 2012. ISSN 1801-6367. URL <http://www.farmakoekonomika.cz/casopisy/2013/03.pdf>.
- P. Hofstetter and J. K. Hammitt. Selecting human health metrics for environmental decision-support tools. *Risk Analysis*, 22(5):965–983, 2002. URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1539-6924.00264/full>.

- M. Holland. Damages per tonne emission of PM_{2.5}, NH₃, SO₂, NO_x and VOCs from each EU25 member state (excluding cyprus) and surrounding seas, 2005. URL http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/cafe_cba_externalities.pdf.
- K. Holubová. Modelování rizikové funkce v populačním hodnocení přežití, Jan. 2011. URL http://is.muni.cz/th/184707/prif_m/.
- M. Horáková and J. Kux. Country study on informal economy in the czech republic. Technical report, Research Institute of Labour and Social Affairs, Prague, 2003.
- A. Hunt, S. Navrud, V. Maca, and M. Scasny. D 4.1.2 monetary values for health end-points used in the HEIMTSA/INTARESE common case study, 2011. URL <http://www.heimtsa.eu/LinkClick.aspx?fileticket=Z79uJ1ZKuX8%3D&tabid=2937&mid=6403>.
- F. Hurley, A. Hunt, H. Cowie, M. Holland, B. Miller, S. Pye, and P. Watkiss. Methodology paper (volume 2) for service contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for europe (CAFE) programme. Technical Report ENV.C.1/SER/2003/0027, AEA Technology Environment, Didcot, Oxon, United Kingdom, Feb. 2005. URL http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/cba_methodology_vol2.pdf.
- P. Háva. Úhrady nemocniční péče v ČR. *Zdravotnictví v České republice*, XV(2), 2012. ISSN 1213-6050. URL <http://zdravcr.cz/archiv/zcr-2-2012.pdf>.
- ICRP. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP publication 103. *Annals of the ICRP*, 37(2-4):1–332, 2007. ISSN 0146-6453. doi: 10.1016/j.icrp.2007.10.003. PMID: 18082557.
- IEHIAS. Integrated environmental health impact assessment system, 2011. URL <http://www.integrated-assessment.eu/>.
- IER Stuttgart. EcoSense, 1996. URL <http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de/>.
- IER Stuttgart. ESPREME, 2003a. URL <http://espreme.ier.uni-stuttgart.de/html/models.html>.
- IER Stuttgart. WATSON, 2003b. URL <http://espreme.ier.uni-stuttgart.de/html/models.html#WATSON>.
- K. Janovská, L. Komárek, J. Rážová, and S. Wasserbauer. Kapitola 13.6 - posouzení efektivity nákladů podle hodnoty získaného roku života. In *Nastavení efektivního systému vzdělávání zaměstnanců KHS*, Podpora zdraví, prevence zdravotních rizik a nemocí. Praha, 2013. URL http://www.khshk.cz/e-learning/kurs6/kapitola_136__posouzen_efektivita_nklad_podle_hodnoty_zskanho_roku_ivota.html.
- C. Jeanrenaud and F. Priez. *Valuing intangible costs of lung cancer*. Univ. de Neuchâtel Institut de recherches économiques et régionales, 2000.

- S. Johnson, D. Kaufmann, A. Shleifer, M. I. Goldman, and M. L. Weitzman. The unofficial economy in transition. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1997(2):159, 1997. ISSN 00072303. doi: 10.2307/2534688. URL <http://www.jstor.org/discover/10.2307/2534688?uid=3737856&uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21102819325217>.
- Klatovská nemocnice a.s. Výroční zpráva klatovské nemocnice a.s. za rok 2007. Technical report, Klatovská nemocnice a.s., Klatovy, 2008. URL <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl.pdf?subjektId=isor%3a557808&dokumentId=B+1070%2fSL26%40KSPL&klic=fwuuid>.
- J. Klimeš. Co přináší používání QALY ve farmakoeconomických studiích/analýzách, 2013.
- Z. Kotherová. Ekonomické zájmy v oblasti poskytování zdravotní péče jako jeden z faktorů reforem zdravotnictví. Doctoral thesis, Apr. 2010. URL <http://is.muni.cz/th/12590/>.
- B. Kotlík, H. Kazmarová, and V. Puklová. Expozice obyvatel suspendovaným částicím ve venkovním ovzduší. Technical report, Státní zdravotní ústav Praha, Centrum hygieny životního prostředí, Praha, 2007. URL http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/RPG3_PM10.pdf.
- A. Krupnick and M. Cropper. The effect of information on health risk valuations. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(1), Feb. 1992. ISSN 0895-5646, 1573-0476. doi: 10.1007/BF00208785. URL <http://link.springer.com/10.1007/BF00208785>.
- J. S. Landefeld and E. P. Seskin. The economic value of life: linking theory to practice. *American Journal of Public Health*, 72(6):555–566, June 1982. ISSN 0090-0036. URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1650128/>. PMID: 6803602 PMID: PMC1650128.
- S. Lane, J. Molina, and T. Plusa. An international observational prospective study to determine the cost of asthma exacerbations (COAX). *Respiratory Medicine*, 100(3):434–450, Mar. 2006. ISSN 0954-6111. doi: 10.1016/j.rmed.2005.06.012. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954611105002647>.
- R. Líčeník. *Klinické doporučené postupy*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2265-7.
- J. O. Martins, C. de la Maisonneuve, and S. Bjørnerud. Projections of OECD health and long-term care public expenditures. SSRN Scholarly Paper ID 2005171, Social Science Research Network, Rochester, NY, Mar. 2006. URL <http://papers.ssrn.com/abstract=2005171>.
- V. Máca and et al. D 4.1.3 presentation of unit values for health end country-specific and pooled, 2011. URL <http://www.heimtsa.eu/LinkClick.aspx?fileticket=XidEPtxYdqs%3D&tabid=2937&mid=6403&language=en-GB>.

- B. G. Miller and J. F. Hurley. Life table methods for quantitative impact assessments in chronic mortality. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(3): 200–206, Mar. 2003. ISSN , 1470-2738. doi: 10.1136/jech.57.3.200. URL <http://jech.bmj.com/content/57/3/200>. PMID: 12594196.
- Ministerstvo životního prostředí. Nařízení vlády o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, Dec. 2006.
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. Zásady a postupy hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnostech odboru hygieny obecné a komunální, 2005.
- Ministerstvo zdravotnictví ČR. Sbírka zákonů č.471/2009, 2009. URL <http://www.zdravky.cz/uploads/file/sb150-09-1.pdf>.
- P. Moise and S. Jacobzone. OECD HEALTH WORKING PAPERS. 2003.
- S. Navrud. Valuing health impacts from air pollution in europe. *Environmental and Resource Economics*, 20(4):305–329, 2001.
- NEEDS. New energy externalities development for sustainability, 2004. URL <http://www.needs-project.org/>.
- J. A. Nelder and R. W. M. Wedderburn. Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135(3):370, 1972. ISSN 00359238. doi: 10.2307/2344614. URL <http://www.jstor.org/discover/10.2307/2344614?uid=3737856&uid=2&uid=4&sid=21102818416657>.
- OECD, A. Kosarev, A. Bloem, J. Charmes, R. Hussmanns, Y. Ivanov, B. Kazemier, A. Kosarev, R. Luttikhuizen, S. Ronconi, M. Shrestha, S. Varjonen, P. van de Ven, D. Ward, International Monetary Fund, and Commonwealth of Independent States. *Measuring the non-observed economy: a handbook*. Statistics. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France, 2002. ISBN 9264197451. URL <http://www.oecd.org/std/na/1963116.pdf>.
- T. Pavlík, L. Dušek, M. univerzita, and I. b. a. analýz. *Biostatistika*. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2012. ISBN 9788072047826 8072047825.
- PD ISO. Guide 73 risk management—Vocabulary—Guidelines for use in standards, 2009.
- D. W. Pearce. Valuing risks to life and health: towards consistent transfer estimates in the european union and accession states. Open access publications from university college london, University College London, Nov. 2000. URL http://econpapers.repec.org/paper/nerucllon/http_3a_2f_2fdiscovery.ucl.ac.uk_2f17596_2f.htm.
- D. Pelikánová. Hodnocení zdravotních rizik chemických látek při likvidaci starých zátěží. Disertační práce 112881, Ústav hygieny a preventivního lékařství, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Praha, 2012.
- O. Petřík. Regresní kvantily, 2010. URL <http://theses.cz/id/eqa87s/?lang=sk;furl=%2Fid%2Feqa87s%2F>.

- P. Praks and P. Konečný. Direct monte carlo method vs. improved methods considering applications in designers every day work. In *Probabilistic assessment of structures using Monte Carlo Simulation: background, exercises and software*. Institute of Theoretical and Applied Mechanics Academy of Sciences of the Czech Republic, Praha, 2003. ISBN 8086246191 9788086246192.
- K. Provazník and Státní zdravotní ústav. *Manuál prevence v lékařské praxi*. Fortuna, Praha, 2004. ISBN 8071683876 9788071683872.
- S. Reisnerová. Analýza přežití a coxův model pro diskretní čas. In *Robust*, volume 13, page 339–346, 2004. URL <http://www.statapol.cz/robust/robust2004/reisnerova.pdf>.
- P. Ricci. *Environmental and Health Risk Assessment and Management: Principles and Practices*. Springer, 2006. ISBN 9781402037757.
- F. Schneider. Size and measurement of the informal economy in 110 countries around the world. Canberra, Australia, July 2002.
- SEAC. Opinion on an annex XV dossier proposing restrictions on four phthalates. Technical report, Committee for Socio-economic Analysis (SEAC), European Chemical Agency (ECHA), Helsinki, Finland, June 2012.
- R. Seethaler et al. Health costs due to road traffic-related air pollution. *An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Studie im Auftrag der World Health Organization (WHO)*. Herausgeber Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Bestellnr, 801, 1999. URL http://www.airimpacts.org/documents/local/traffic_health_cost.pdf.
- N. Serup-Hansen, A. Gudum, and M. Munk Sørensen. *Valuation of chemical related health impacts: estimation of direct and indirect costs for asthma bronchiale, headache, contact allergy, lung cancer and skin cancer*. Danish Environmental Protection Agency, 2004. ISBN 8776142957 9788776142957 8776142965 9788776142964. URL <http://www.miljoestyrelsen.dk/udgiv/publications/2004/87-7614-295-7/pdf/87-7614-296-5.pdf>.
- P. Slovic, B. Fischhoff, and S. Lichtenstein. Characterizing perceived risk. SSRN Scholarly Paper ID 2185557, Social Science Research Network, Rochester, NY, 1985. URL <http://papers.ssrn.com/abstract=2185557>.
- Státní zdravotní ústav. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Souhrnná zpráva za rok 2004. Technical report, Státní zdravotní ústav, Praha, 2005. URL http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna_zprava/Szu_05cz.pdf.
- Státní zdravotní ústav. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Souhrnná zpráva za rok 2005. Technical report, Státní zdravotní ústav, Praha, 2006. URL http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna_zprava/Szu_06cz.pdf.

- Státní zdravotní ústav. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Souhrnná zpráva za rok 2007. Technical report, Státní zdravotní ústav, Praha, 2008a. URL http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna_zprava/Szu_08cz.pdf.
- Státní zdravotní ústav. Výsledky měření na monitorovací stanici liberec – vřatislava. Technical report, Státní zdravotní ústav, Liberec, Liberec, 2008b.
- M. Suhrcke, M. McKee, R. Sauto Arce, S. Tsoleva, and J. Mortensen. *The contribution of health to the economy in the European Union*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, Aug. 2005. ISBN 92-894-9829-3. URL <http://dspace.cigilibrary.org/jspui/handle/123456789/28175>.
- M. Suhrcke, M. McKee, D. Stuckler, R. Sauto Arce, S. Tsoleva, and J. Mortensen. The contribution of health to the economy in the european union. *Public Health*, 120(11):994–1001, Nov. 2006. ISSN 0033-3506. doi: 10.1016/j.puhe.2006.08.011. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033350606002538>.
- R. Štampach. Explorační geografická analýza zdravotních dat a jejich kartografická prezentace. Doctoral thesis, Sept. 2010. URL http://is.muni.cz/th/63780/prif_d/disertacni_prace Stampach.pdf?info=1;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dstatistick%C3%A9%20modelov%C3%A1n%C3%AD%20zdravotnictv%C3%AD%26start%3D2.
- UNECE. *Non-observed economy in national accounts: survey of country practices*. United Nations, New York, 2008. ISBN 9789211169874. URL <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/publications/NOE2008.pdf>.
- US EPA. Supplementary guidance for conducting health risk assessment of chemical mixtures, 2000. URL http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/CHEM_MIX_08_2001.PDF.
- V. Valenta, G. Dobrevová, V. Tučková, and J. Bartoš. Aktualizace zprávy o zdraví 2008 – zdravotní stav. Technical report, Krajská hygienická stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci, Liberec, 2008.
- Virirus, M. *Aplikace matematické statistiky: Metoda Monte Carlo*. 1998. ISBN ISBN 80-01-01779-6.
- W. K. Viscusi and J. E. Aldy. The value of a statistical life: A critical review of market estimates throughout the world. Working Paper 9487, National Bureau of Economic Research, Feb. 2003. URL <http://www.nber.org/papers/w9487>.
- M. Vogl. Assessing DRG cost accounting with respect to resource allocation and tariff calculation: the case of germany. *Health Economics Review*, 2(1):15, Aug. 2012. ISSN 2191-1991. doi: 10.1186/2191-1991-2-15. URL <http://www.healtheconomicsreview.com/content/2/1/15/abstract>. PMID: 22935314.

- A. Wagstaff and A. J. Culyer. Four decades of health economics through a bibliometric lens. *Journal of Health Economics*, 31(2):406–439, Mar. 2012. ISSN 0167-6296. doi: 10.1016/j.jhealeco.2012.03.002. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167629612000306>.
- D. Weissflog, H. Matthys, J. Hasse, and J. C. Virchow Jr. Epidemiology and costs of lung cancer in germany. *Pneumologie (Stuttgart, Germany)*, 55(7):333–338, July 2001. ISSN 0934-8387. doi: 10.1055/s-2001-15618. PMID: 11481580.
- R. Whittington. *Introduction to health economics concepts*. Greenflint Ltd., Flintshire, UK, 2008. ISBN 9780954549459 0954549457.
- A. Williams. *Health economics: the cheerful face of a dismal science?* Health economics. Macmillan, London, 1987.
- World Health Organization. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (o3). Technical Report EUR/05/5046029, World Health Organization, 2004. URL http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/74731/e82792.pdf.
- World Health Organization. Particulate matter air pollution: how it harms health. Technical Report Fact sheet EURO/04/05, World Health Organization, Berlin, Copenhagen, Rome, Apr. 2005a. URL <http://www.chaseireland.org/Documents/WHOParticulateMatter.pdf>.
- World Health Organization. WHO air quality guidelines global update 2005: Report on a working group meeting, bonn, germany, 18-20 october 2005. Technical Report EUR/05/5046029, World Health Organization, 2005b. URL http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf.
- World Health Organization. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Technical Report E88189, World Health Organization, 2006. URL http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/78657/E88189.pdf.
- World Health Organization. *Health 2020. A European policy framework and strategy for the 21st century*. World Health Organization, [S.l.], 2013. ISBN 978 92 890 0279 0.
- H. Yasunaga, H. Ide, T. Imamura, and K. Ohe. Analysis of factors affecting willingness to pay for cardiovascular disease-related medical services. *International Heart Journal*, 47(2):273–286, 2006.
- ÚZIS. Zdravotnictví jako součást národní ekonomiky. *Zdravotnická statistika*, 2012. ISSN 1801-545X (1213-2292).
- J. Zvárová, M. Malý, and V. Bencko. *Statistické metody v epidemiologii*. Karolinum, Praha, 2003. ISBN 8024607638 9788024607634 8024607646 9788024607641 8024607654 9788024607658.

Přílohy

A. Požadavky na data o zdravotních rizicích

Požadovaná data z hlediska hodnocení zdravotních rizik vycházejí ze schématu na obr. 1.1. Strategické cíle projektu jsou definovány zadavatelem, od toho se odvíjí volba sledovaných chemických látek nebo fyzikálních faktorů prostředí, které jsou předmětem hodnocení. Následné stanovení expozičních scénářů a pravděpodobnosti odpovědi jsou součástí hodnocení zdravotních rizik, ideálně dovedené až do pravděpodobnosti látky nebo faktoru přisuzovaného zdravotního poškození např. onemocnění. Současné základní principy hodnocení zdravotních rizik ze znečištěného prostředí jsou podrobně rozvedeny v práci Pelikánové (Pelikánová, 2012).

Při sledování vlivů znečištěného životního prostředí je problematické také vyhodnocení možného vzájemného ovlivňování různých látek nebo kombinace působení dalších rizikových faktorů. Výstupy hodnocení může ovlivnit také absence podrobnějších informací o exponované populaci a jejích aktivitách. Analýza nejistot je u experimentálně stanovených dat často vyhodnocena kvantitativně (např. formou stanovení přesnosti a intervalem spolehlivosti měření). Řadu dalších nejistot ale možné vyjádřit pouze kvalitativním vyhodnocením, což zejména v případech, kdy se riziko pohybuje u hranice akceptovatelné úrovně, může být významné pro navazující proces řízení rizik.

Úroveň nejistot je možné snížit využitím pravděpodobnostních analýz, které jsou doporučovány k doplnění hodnocení zdravotních rizik založených na odhadu pro vybraný scénář (deterministické hodnocení). Pravděpodobnostní přístupy mají v oblasti hodnocení zdravotních rizik využití nejčastěji v odhadu expozice. V těchto hodnoceních se uvažuje s frekvencí výskytu určitých jevů, což umožňuje lépe charakterizovat variabilitu rizika v dané populaci. Na druhé straně jsou pravděpodobnostní výpočty oproti deterministickým odhadům náročnější z hlediska množství vstupních dat a prováděných simulací. (US EPA, 2000; Pelikánová, 2012).

Podle (US EPA, 2000) má být pravděpodobnostní odhad pro analýzy rizik kontaminovaných území aplikován zejména v případech, kdy počáteční hodnocení deterministickými metodami neposkytuje jednoznačné výsledky. Je doporučována jednorozměrná “Monte Carlo simulace”, popřípadě další zpřesnění pokročilým pravděpodobnostním odhadem (dvojezměrnou simulací). Tyto simulace umožňují odhad pravděpodobnosti pro dané riziko nebo expozici a také informaci o senzitivitě vstupních proměnných (velikost vlivu jednotlivých proměnných na výsledný odhad).

Na takto definovaných expozičních scénářích na základě kterých je stanoveno atributivní riziko lze následně rozvinout navazující simulace týkající se ekonomických aspektů. V tomto okamžiku vstupuje do úlohy specifické nastavení stávajícího

Tabulka A.1: Data Státního zdravotního ústavu v Praze.

Představení systému	Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí představuje ucelený systém sběru dat, zpracování a hodnocení informací o stavu složek životního prostředí a o jejich vlivu na zdravotní stav populace ČR. Hlavním záměrem systému monitorování je sledovat a hodnotit časové řady vybraných ukazatelů kvality složek životního prostředí a zdravotního stavu populace, hodnotit velikost expozice obyvatel škodlivinám a vyplývající zdravotní dopady a zdravotní rizika.
Co je monitorováno	Ovzduší, voda, hluk, dietární expozice, biologický monitoring, pracovní podmínky, půda, demografická a zdravotní statistika
Detailnost dat	U vody a pracovních podmínek celá ČR, u ostatních dat vybraná města (celkem 30 v celé ČR)
Kdo data poskytuje	Státní zdravotní ústav v Praze
Doba monitorování	Rutinní monitorování od roku 1994
Dostupnost	Na webovské stránce
Cílová skupina	Hygienici, státní správa, samospráva

systému ochrany a péče o zdraví a spolupráce s obory z oblasti ekonomie zdraví. Cílová data ke kterým chceme dospět jsou shrnuta v tabulce 5.3.

B. 2007 ICRP Annex A

12/180/06

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

Committee 1 Task Group Report: C1 Foundation Document
(Annex A of Main Recommendations)

Biological and Epidemiological Information on Health Risks Attributable to Ionising Radiation: A Summary of Judgements for the Purposes of Radiological Protection of Humans

Task Group Members

R Cox, J Hendry, A Kellerer, C Land, C Muirhead, D Preston, J Preston, E Ron, K Sankaranarayanan, R Shore and R Ullrich

Corresponding Members

A Akleyev, M Blettner, R Clarke, J Harrison, R Haylock, J Little, H Menzel, O Niwa, A Phipps, J Stather, F Stewart, C Streffer, M Timarche and P Zhou

16 February 2006

Table A1: Values for lethality factors, non-fatal case weights, and relative life lost values used in the current computations, together with the corresponding values in ICRP Publication 60

Site	Current	ICRP 60			
	Lethality (k)	Non-fatal case weight (q)	Relative life lost	Lethality (k =q)	Relative life lost
Oesophagus	0.93	0.935	0.87	0.95	0.65
Stomach	0.83	0.846	0.88	0.90	0.83
Colon	0.48	0.530	0.97	0.55	0.83
Liver	0.95	0.959	0.88	0.95	1.00
Lung	0.89	0.901	0.80	0.87	0.90
Bone	0.45	0.505	1.00	0.72	1.00
Skin	0.002	0.002	1.00	--	1.00
Breast	0.29	0.365	1.29	0.50	1.21
Ovary	0.57	0.609	1.12	0.70	1.12
Bladder	0.29	0.357	0.71	0.50	0.65
Thyroid	0.07	0.253	1.29	0.10	1.00
Bone Marrow	0.67	0.702	1.63	0.99	2.06
Other Solid	0.49	0.541	1.03	0.71	0.91

Gonads	0.80	0.820	1.32	--	1.33
--------	------	-------	------	----	------

k , q and the relative life lost are defined in section 4.4.1.2. In particular, q is taken as $q_{min} + (1 - q_{min})k$ in the current calculations, where q_{min} is 0 for skin, 0.2 for thyroid and 0.1 for all other sites.

Table A.1: Summary of Gender-Averaged Nominal Risks and Detriment

a) Whole population

Tissue	Nominal Risk Co-efficient (cases per 10,000 persons per Sv)	Lethality fraction	Nominal risk adjusted for lethality and quality of life*	Relative cancer free life lost	Detriment (relating to column 1)	Relative detriment+
Oesophagus	15	0.93	15.1	0.87	13.1	0.023
Stomach	79	0.83	77.0	0.88	67.7	0.118
Colon	65	0.48	49.4	0.97	47.9	0.083
Liver	30	0.95	30.2	0.88	26.6	0.046
Lung	114	0.89	112.9	0.80	90.3	0.157
Bone	7	0.45	5.1	1.00	5.1	0.009
Skin	1000	0.002	4.0	1.00	4.0	0.007
Breast	112	0.29	61.9	1.29	79.8	0.139
Ovary	11	0.57	8.8	1.12	9.9	0.017
Bladder	43	0.29	23.5	0.71	16.7	0.029
Thyroid	33	0.07	9.8	1.29	12.7	0.022
Bone Marrow	42	0.67	37.7	1.63	61.5	0.107
Other Solid	144	0.49	110.2	1.03	113.5	0.198
Gonads (Hereditary)	20	0.80	19.3	1.32	25.4	0.044
Total	1715		565		574	1.000

b) Working age population (18-64 y)

Tissue	Nominal Risk Co-efficient (cases per 10,000 persons per Sv)	Lethality fraction	Nominal risk adjusted for lethality and quality of life*	Relative cancer free life lost	Detriment (relating to column 1)	Relative detriment+
Oesophagus	16	0.93	16	0.91	14.2	0.034
Stomach	60	0.83	58	0.89	51.8	0.123
Colon	50	0.48	38	1.13	43.0	0.102
Liver	21	0.95	21	0.93	19.7	0.047
Lung	127	0.89	126	0.96	120.7	0.286
Bone	5	0.45	3	1.00	3.4	0.008

Skin	670	0.002	3	1.00	2.7	0.006
Breast	49	0.29	27	1.20	32.6	0.077
Ovary	7	0.57	6	1.16	6.6	0.016
Bladder	42	0.29	23	0.85	19.3	0.046
Thyroid	9	0.07	3	1.19	3.4	0.008
Bone Marrow	23	0.67	20	1.17	23.9	0.057
Other Solid	88	0.49	67	0.97	65.4	0.155
Gonads (Hereditary)	12	0.80	12	1.32	15.3	0.036
Total	1179		423		422	1.000

* Defined as $Rq + R(1 - q)((1 - q_{min})q + q_{min})$, where R is the nominal risk coefficient, q is the lethality, and $(1 - q_{min})q + q_{min}$ is the weight given to non-fatal cancers. Here q_{min} is the minimum weight for nonfatal cancers. The q_{min} correction was not applied to skin cancer (see text).

+ The values given should not be taken to imply undue precision but are presented to 3 significant figures to facilitate the tracibility of the calculations made.

a) The values in the Table differ from these in the corresponding table in Annex A of the draft 2005 Recommendations as a consequence of an internal ICRP review of the calculations initially made.

Table A.2: Estimates of Gender-Specific Population Detriments* Estimates based on cancer-incidence data

a) Gender-specific detriments for ages 0-85 years at exposure

Tissue	Nominal Risk Coefficient (cases per 10,000 persons per Sv)	Lethality fraction	Lethality adjusted nominal risk* (relating to column 1)	Relative cancer free life lost	Detriment (relating to column 1)	Relative detriment+
	Male					
Oesophagus	15	0.93	14	0.87	12.6	0.026
Stomach	68	0.83	66	0.88	57.9	0.120
Colon	91	0.48	69	0.97	66.8	0.138
Liver	41	0.95	41	0.88	36.1	0.075
Lung	76	0.89	75	0.80	59.9	0.124
Bone	7	0.45	5	1.00	5.1	0.011
Skin	1000	0.002	4	1.00	4.0	0.008
Breast	0	0.29	0	1.29	0.0	0.000
Ovary	0	0.57	0	1.12	0.0	0.000
Bladder	46	0.29	25	0.71	17.5	0.036
Thyroid	12	0.07	4	1.29	4.8	0.010
Bone Marrow	48	0.67	43	1.63	69.8	0.144
Other Solid	157	0.49	120	1.03	123.9	0.256

Gonads (Hereditary)	20	0.80	19	1.32	25.4	0.053
Total	1580		485		483.9	1.00
	Female					
Oesophagus	16	0.93	16	0.87	13.6	0.021
Stomach	91	0.83	88	0.88	77.5	0.117
Colon	40	0.48	30	0.97	29.0	0.044
Liver	19	0.95	19	0.88	17.0	0.026
Lung	153	0.89	151	0.80	120.7	0.182
Bone	7	0.45	5	1.00	5.1	0.008
Skin	1000	0.00	4	1.00	4.0	0.006
Breast	224	0.29	124	1.29	159.7	0.240
Ovary	21	0.57	18	1.12	19.8	0.030
Bladder	41	0.29	22	0.71	15.8	0.024
Thyroid	53	0.07	16	1.29	20.6	0.031
Bone Marrow	36	0.67	33	1.63	53.2	0.080
Other Solid	131	0.49	100	1.03	103.1	0.155
Gonads (Hereditary)	20	0.80	19	1.32	25.4	0.038
Total	1851		645		664.6	1.00

b) Gender-specific detriments for ages 18-64 years at exposure

Tissue	Nominal Risk Co-efficient (cases per 10,000 persons per Sv)	Lethality fraction	Lethality adjusted nominal risk* (relating to column 1)	Relative cancer free life lost	Detriment (relating to column 1)	Relative detriment+
	Male					
Oesophagus	14	0.93	14	0.91	12.8	0.035
Stomach	51	0.83	50	0.89	44.5	0.122
Colon	73	0.48	55	1.13	62.0	0.170
Liver	31	0.95	31	0.93	28.5	0.078
Lung	84	0.89	83	0.96	80.0	0.219
Bone	5	0.45	3	1.00	3.4	0.009
Skin	670	0.002	3	1.00	2.7	0.007
Breast	0	0.29	0	1.20	0.0	0.000
Ovary	0	0.57	0	1.16	0.0	0.000
Bladder	40	0.29	22	0.85	18.6	0.051
Thyroid	4	0.07	1	1.19	1.6	0.004
Bone Marrow	24	0.67	22	1.17	25.2	0.069
Other Solid	94	0.49	72	0.97	70.1	0.192
Gonads (Hereditary)	12	0.80	12	1.32	15.3	0.042

Total	1103		368		365	1.00
	Female					
Oesophagus	16	0.93	16	0.91	14.4	0.028
Stomach	70	0.83	68	0.89	60.7	0.119
Colon	33	0.48	25	1.13	27.7	0.054
Liver	16	0.95	16	0.93	14.7	0.029
Lung	174	0.89	172	0.96	165.4	0.325
Bone surface	5	0.45	3	1.00	3.4	0.007
Skin	670	0.002	3	1.00	2.7	0.005
Breast	116	0.29	64	1.20	76.6	0.150
Ovary	16	0.57	14	1.16	15.7	0.031
Bladder	39	0.29	21	0.85	17.7	0.035
Thyroid	20	0.07	6	1.19	7.0	0.014
Bone Marrow	22	0.67	20	1.17	22.9	0.045
Other Solid	88	0.49	67	0.97	65.1	0.128
Gonads (Hereditary)	12	0.80	12	1.32	15.3	0.030
Total	1242		505		509	1.00

C. Modelování finanční ztráty způsobené úmrtím

Následující kódy byly vypracovány v rámci analýzy současných ekonomických a sociálních hledisek významných pro řízení ochrany před zářením (Daníhelka et al., 2007) ve spolupráci s Pavlem Praksem a publikovány v závěrečné zprávě projektu. Metodické vysvětlivky ke konstrukci úmrtnostních tabulek jsou zveřejněny na stránkách Českého statistického úřadu. Podrobné úmrtnostní tabulky pro potřebu modelu jsou zpracovány v tabulkovém procesoru (Microsoft Excel). S ohledem na vyloučení nahodilých výkyvů jsou krajské tabulky zpracovány za dvouleté období.

Pravděpodobnost úmrtí q_x je založena na spojitě funkci $q_x = 1 - \exp(-m_x)$, kde m_x je tabulková míra úmrtnosti. Při výpočtu je pak nahrazená specifickou mírou úmrtnosti, získanou z empirických dat. Po vyrovnání řady q_x následuje extrapolace hodnot pravděpodobnosti dožití p_x pomocí Gompertz-Makehamovy formule s využitím King-Hardyho metody. Pravděpodobnost úmrtí osob ve věku 0 let je počítána jako podíl zemřelých ve věku 0 let a živě narozených v daném období.

- pravděpodobnost úmrtí (q_x) vyjadřuje pravděpodobnost, že osoba ve věku x let v daném období (tj. před dosažením věku $x + 1$) zemře:

$$q_x = 1 - \exp(-m_x). \quad (\text{C.1})$$

- *pravděpodobnost dožití* (p_x) je doplňkem pravděpodobnosti úmrtí a vyjadřuje pravděpodobnost, že osoba ve věku x let v daném období nezemře a dožije se věku $x + 1$:

$$p_x = 1 - q_x. \quad (\text{C.2})$$

- *tabulkový počet dožívajících* (l_x) je hypotetický počet osob, které se dožijí věku x let ze 100 tisíc současně narozených (kořen tabulky - 10) při úmrtnosti ve sledovaném období:

$$l_x + 1 = p_x \cdot l_x. \quad (\text{C.3})$$

- *tabulkový počet zemřelých* (d_x) vyjadřuje hypotetický počet zemřelých osob v příslušném věku x let; je počítán jako rozdíl dvou po sobě jdoucích tabulkových počtů dožívajících:

$$d_x = l_x - l_{x+1}. \quad (\text{C.4})$$

- *tabulkový počet žijících* (L_x) je hypotetický průměrný počet žijících ve věku x let; počítá se (kromě věku 0) jako průměr ze dvou po sobě jdoucích tabulkových počtů dožívajících

$$L_x = 1/2 (l_x + l_{x+1}) \text{ pro } L_0 = l_0 \cdot (1 - 0,92 \cdot q_0). \quad (\text{C.5})$$

- *pomocný ukazatel* (T_x) vyjadřuje počet let života, které má tabulková generace (nikoliv jednotlivce) v daném věku ještě před sebou a je dán kumulací počtu žijících L_x od nejvyššího věku tabulky $\bar{u}-1$ postupně až po nejnižší věk tabulky 0:

$$T_x = T_x + 1 + L_x. \quad (\text{C.6})$$

- *střední délka života neboli naděje dožití* (e_x) udává počet let, které má naději prožít osoba právě x -letá při úmrtnosti ve sledovaném období. Jedná se o syntetický ukazatel, který zobrazuje úmrtnostní poměry ve všech věkových skupinách. Střední délka života je počítána jako podíl počtu let života, které má tabulková generace v daném věku před sebou (T_x) a tabulkového počtu dožívajících (l_x):

$$e_{0,x} = T_x / l_x. \quad (\text{C.7})$$

C.1 Výpočet počtu mrtvých na rakovinu vlivem náhodné expozice

Nechť proměnná $l_{x,1}$ označuje tabulkový počet dožívajících: $l_{x,1}(i)$ je hypotetický počet osob, které se dožijí věku i let ze 100 tisíc současně narozených při úmrtnosti ve sledovaném období.

Uvažuje se vliv náhodné expozice:

```
% Program lxrandom1
% Hypotetické úmrtnostní tabulky vlivem náhodné expozice;
% Verze 1. PP, 6.11.2007

% Tabulkový počet dožívajících (lx) je hypotetický počet osob, které se
% dožijí věku x let ze 100 tisíc současně narozených (kořen tabulky)
% při úmrtnosti ve sledovaném období. Vliv této expozice se promítne
% na úmrtnost v hypotetické populaci 10 000 jedinců následovně.

lenx=104; % maximální věk je 103 let
           % (v Matlabu indexujeme od 1, nikoliv od 0).
lx1(1)=10000; % začneme na vzorku 10 000 jedinců
p=(5.649/100)/1000; % předpokládaná pravděpodobnost úmrtí vlivem
                    % expozice na rok života (viz předchozí diskuze)
for i=2:(lenx) % náhodná expozice, projevuje se od začátku
               % života
    lx1(i)=round(lx1(i-1) - lx1(i-1)*p);
               % počet jedinců v předchozím roce zmenšený
```

```

                                % o vliv expozice. Výsledek zaokrouhlíme
                                % na celé číslo.
for i=15:100                    % předpokládáme vliv šedé ekonomiky
    salaryest(i)=salaryest(i)+31400;
end;

```

Efekt náhodné expozice se projeví na populaci 10 000 osob následovně:

10000 9999 9998 9997 9996 9995 9994 9993 9992

Vlivem takto zvolené náhodné expozice zemře každý rok jeden jedinec. Výpočet počtu mrtvých na rakovinu vlivem profesionální expozice

Nechť proměnná lx2 označuje tabulkový počet dožívajících: lx2(i) je hypotetický počet osob, které se dožijí věku i let ze 100 tisíc současně narozených při úmrtnosti ve sledovaném období.

```

function lx2=lxbprofesional1(lx1)
% Program lxbprofesional1
% Hypotetické úmrtnostní tabulky vlivem profesionální expozice;
% Verze 1. PP, 6.11.2007
% Jediný rozdíl oproti náhodné expozici je ten, že úmrtnost vlivem
% profesionální expozice začíná ve věku 35 let.

% Tabulkový počet dožívajících (lx) je hypotetický počet osob, které se
% dožijí věku x let ze 100 tisíc současně narozených (kořen tabulky)
% při úmrtnosti ve sledovaném období. Vliv této expozice se promítne
% na úmrtnost v hypotetické populaci 10 000 jedinců následovně.

lenx=length(lx1);           % maximální věk.
%lx1(1)=10000;              % začneme na vzorku 10 000 jedinců
%lx1(2:35)=10000;           % na profesionální expozici neumře
                                % do věku 35 let nikdo.
p=(5.649/100)/1000;         % předpokládaná pravděpodobnost úmrtí vlivem
                                % expozice na rok života (viz předchozí diskuze)
for i=36:(lenx)              % profesionální expozice, projevuje se
                                % od věku 35 let
    lx2(i)=round(lx1(i)- lx1(i)*p);
                                % počet jedinců v předchozím roce zmenšený
                                % o vliv expozice. Výsledek zaokrouhlíme
                                % na celé číslo.
for i=15:100                  % předpokládáme vliv šedé ekonomiky
    salaryest(i)=salaryest(i)+31400;
end;

```

Vliv takto zvolené profesionální expozice způsobí smrt jednoho jedince staršího 35-ti let za rok.

D. Seznam publikací

Publikace ve sbornících konferencí

1. FUCHS, Pavel, Julie VOLFOVÁ a Jan KRAUS. Ekonomické aspekty optimalizace požadavků na spolehlivost. In: Specifikace, alokace a optimalizace požadavků na spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2012, s. 35-47. ISBN 978-80-02-02394-4.
2. ČERMÁKOVÁ H., VOLFOVÁ J.: Ekonomické aspekty spolehlivosti výrobního zařízení, In Ekonomické aspekty spolehlivosti systémů – červen 2011, Česká společnost pro jakost, Brno. 2011
3. VOLFOVÁ, J., ŘEHOŘOVÁ P.: Innovations in the Czech Republic and New Technologies Risks. In PBFEAM 2008. Queensland University of Technology. Australia. 2008. ISBN 978 1 74107 242 6.
4. PETROVÁ, K., P. DANIHELKA, V. KLENER, L. TOMÁŠEK, P. PRAKS, Š. ŽÍDKOVÁ, J. VOLFOVÁ, P. HERMANOVÁ a V. KAPSIOVÁ. The analysis of the recent economic and social aspects important for the management of the radiation protection in the Czech Republic. In: IRPA 12 - 12th International Congress of the International Radiation Protection Association [online]. Buenos Aires, Argentina, 2008 [cit. 2014-02-17]. Dostupné z: <http://irpa12.org.ar/fullpapers/FP0642.pdf>
5. ŽÍDKOVÁ, Šárka, Pavel PRAKS a Julie VOLFOVÁ. Návrh programové implementace ekonomických hledisek významných pro řízení ochrany před radiačním zářením. In: Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2007. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, s. 353-361. ISBN 978-80-7385-004-3.
6. VOLFOVÁ, J. Selected Economic Approaches in Valuation of Human Health. In IMEA 2007. Univerzita Pardubice. 2007. ISBN 978-80-7194-965-7.
7. ŠIMANOVÁ, J.VOLFOVÁ, J. Využití Ckark-Grovesova mechanismu v rámci metody podmíněného hodnocení u brownfields. In České podnikatelství v evropském prostoru 2006. Liberec.TUL, 2006. ISBN 80-7372-111-2
8. VOLFOVÁ, J, Ekonomické vyjádření ceny zdraví. In DOCTUS 2006, Bratislava. 2006. ISBN 80-88954-36-3.

9. VOLFOVÁ, J. Ekonomické aspekty volby optimální sanační technologie. In IMEA 2006. Hradec Králové: IKM UHK, 2006. s. 483. ISBN 80-7041-164-3
10. KELLNER, J. a VOLFOVÁ, J. Regenerace objektu typu brownfield v podmínkách MSP. In Liberecké ekonomické fórum 2005. Liberec: TUL, 2005. ISBN 80-7083-953-8

Výzkumné zprávy související s tématem

1. 2006 - 2009 Vybrané kapitoly v průběžných zprávách výzkumného centra AR-TEC.
2. 2006 - 2007 Vybrané kapitoly v průběžných a závěrečné výzkumné zprávy o řešení projektu „Analýza současných ekonomických a sociálních hledisek významných pro řízení ochrany před zářením.“ Veřejná zakázka č. 14/2006, SÚJB.