



Centrum pro otázky
životního prostředí
Univerzita Karlova v Praze

Měrné externí náklady výroby elektrické energie v uhelných parních elektrárnách v České republice

Jan Melichar
Vojtěch Máca
Milan Ščasný

Říjen 2012

Vzor citace:

MELICHAR, Jan; MÁČA, Vojtěch; ŠČASNÝ, Milan (2012) Měrné externí náklady výroby elektrické energie v uhelných parních elektrárnách v České republice. CUEC Working Paper 1/2012. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí UK v Praze, 37 stran.

Seznam použitých zkratk

CBA	Analýza nákladů a přínosů (<i>Cost-benefit analysis</i>)
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
CS	Spotřebitelský přebytek (<i>Consumer Surplus</i>)
CV	Kompenzační variace (<i>Compensating Variation</i>)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
D-R	Funkce dávka-odpověď (<i>Dose-response Function</i>)
EK	Evropská komise
E-R	Funkce expozice-odpověď (<i>Exposure-response Function</i>)
EV	Ekvivalentní variace (<i>Equivalent Variation</i>)
ExternE	Externality energetiky (<i>Externalities of Energy</i>)
g	Gram
GJ	Gigajoule
GW	Gigawatt
GWe	Gigawatt elektrického výkonu
GWh	Gigawatthodina
HICP	Harmonizovaný index spotřebitelských cen (<i>Harmonized Indices of Consumer Prices</i>)
IEA	Mezinárodní agentura pro energii
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
IPA	Analýza drah dopadů (<i>Impact Pathway Approach</i>)
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
kt	Kilotuna
kWh	Kilowatthodina
LCA	Analýza životního cyklu (<i>Life Cycle Analysis</i>)
µg	Mikrogram
µm	Mikrometr
m ³	Metr krychlový
MJ	Megajoule
MWe	Megawatt elektrického výkonu
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíku
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
PM _{2,5}	Polévatý prach o velikosti částic menší než 2,5 µm
PM ₁₀	Polévatý prach o velikosti částic menší než 10 µm
PRTP	Čista míra časové preference (<i>Pure Rate of Time Preference</i>)
PJ	Petajoule
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
SO ₂	Oxid siřičitý
t	Tuna
TJ	Terajoule
TW	Terawatt
TWh	Terawatthodina
TZL	Tuhé znečišťující látky
VOC	Těkavé organické látky
WHO	Světová zdravotnická organizace (<i>World Health Organization</i>)
WTA	Ochota akceptovat (<i>Willingness-to-Accept</i>)
WTP	Ochota platit (<i>Willingness-to-Pay</i>)
YOLL	Rok ztraceného života (<i>Year of Life Lost</i>)

Seznam tabulek

Tabulka 1: Dolní interval odhadu společenských nákladů změny klimatu na tunu emisí CO ₂	13
Tabulka 2: Technická specifikace posuzovaných tepelných elektráren v roce 2006.....	15
Tabulka 3: Emitované škodliviny pro jednotlivé uhelné zdroje v roce 2006.....	16
Tabulka 4: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí za rok 2006 (v g/t).....	17
Tabulka 5: Technická specifikace připravovaných elektráren.....	18
Tabulka 6: Roční emitované škodliviny pro připravované uhelné zdroje	19
Tabulka 7: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí pro připravované uhelné zdroje (v g/t)	19
Tabulka 8: Roční externí náklady pro stávající zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011) 21	21
Tabulka 9: Měrné externí náklady pro stávající zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011).....	22
Tabulka 10: Roční externí náklady pro nové uhelné zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011)	23
Tabulka 11: Měrné externí náklady pro nové uhelné zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011)	24
Tabulka 12: Současná hodnota celkových externích nákladů pro nové uhelné elektrárny po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)	25
Tabulka 13: Přehled funkcí koncentrace-odezva pro tuhé částice (PM ₁₀ a PM _{2,5}) a ozon	35

Seznam obrázků

Obrázek 1: Celkové společenské náklady výrobní činnosti.....	8
Obrázek 2: Emise TZL, SO ₂ , NO _x a CO ₂ pro jednotlivé uhelné zdroje v roce 2006	17
Obrázek 3: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí za rok 2006 (v g/t).....	18
Obrázek 4: Roční emise TZL, SO ₂ , NO _x a CO ₂ pro připravované uhelné zdroje	19
Obrázek 5: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí pro připravované uhelné zdroje (v g/t).....	20
Obrázek 6: Roční externí náklady pro stávající zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011) 22	22
Obrázek 7: Měrné externí náklady pro stávající zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011).....	23
Obrázek 8: Roční externí náklady pro nové uhelné zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011)	24
Obrázek 9: Měrné externí náklady pro nové uhelné zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011)	25
Obrázek 10: Současná hodnota celkových externích nákladů pro nové uhelné elektrárny po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)	26
Obrázek 11: Roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro nové uhelné elektrárny po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011).....	26
Obrázek 12: Struktura roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro Prunéřov 750 po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011).....	27
Obrázek 13: Struktura roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro Ledvice 660 po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011).....	27
Obrázek 14: Struktura roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro Komořany 160 po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011).....	28
Obrázek 15: Pozaďové koncentrace sekundárních anorganických aerosolů (vlevo) a jejich modelový vznik (vpravo) v modelovém prostředí EcoSenseWeb V1,3 (v µg/m ³)	33
Obrázek 16: Pozaďové koncentrace troposférického ozonu (vlevo) a modelový vznik tohoto sekundárního polutantu (vpravo) v modelovém prostředí EcoSenseWeb V1,3 (v µg/m ³).....	34

Obsah

ABSTRAKT	5
1. ÚVOD	6
2. EKONOMICKÉ POJETÍ EXTERNALIT A JEJICH HODNOCENÍ	8
2.1 VYMEZENÍ EXTERNALIT V EKONOMII.....	8
2.2 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ EXTERNALIT	8
3. POUŽITÉ METODY.....	10
3.1 ANALÝZA DRAH DOPADŮ	10
3.2 MODELOVÉ PROSTŘEDÍ ROZPTYLU ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A KVANTIFIKACE EXTERNÍCH NÁKLADŮ	10
3.3 HODNOCENÍ ŠKOD PŮSOBENÝCH SKLENÍKOVÝMI PLYNY	12
3.4 HODNOCENÍ EXTERNÍCH NÁKLADŮ ZA DOBU ŽIVOTNOSTI ZDROJE	13
4. TECHNICKÁ SPECIFIKACE POSUZOVANÝCH UHELNÝCH PARNÍCH ELEKTRÁREN	15
4.1 SOUČASNÉ UHELNÉ ELEKTRÁRNY	15
4.2 PŘIPRAVOVANÉ HNĚDOUHELNÉ ELEKTRÁRNY.....	18
5. VÝSLEDKY	21
5.1 VÝPOČET EXTERNÍCH NÁKLADŮ PRO STÁVAJÍCÍ UHELNÉ ZDROJE	21
5.2 ODHAD EXTERNÍCH NÁKLADŮ PRO PŘIPRAVOVANÉ HNĚDOUHELNÉ ZDROJE.....	23
5.3 ODHAD EXTERNÍCH NÁKLADŮ PRO NOVÉ UHELNÉ ELEKTRÁRNY ZA DOBU ŽIVOTNOSTI ZDROJE	25
6. ZÁVĚR	29
POUŽITÁ LITERATURA	30
PŘÍLOHY	33

Abstrakt

Elektrická energie má pro současnou společnost zcela zásadní význam. Vedle ekonomických přínosů, které produkce elektřiny společnosti poskytuje, je však spojena také se společenskými náklady. Vedle nákladů zprostředkovaných trhem, resp. tržní cenou, i řadu nákladů externích. Těmito externalitami jsou především negativní zdravotní a environmentální dopady, které vznikají při výstavbě, provozu a likvidaci elektrárny. Tyto náklady nejsou zohledněny v tržních cenách elektřiny, ani v nákladech na její výrobu, z pohledu ekonomické teorie však snižují blahobyt celé společnosti a budoucích generací.

Aby bylo možné provést konzistentní a rovnocenné porovnání společenských přínosů a nákladů výroby elektrické energie z různých energetických zdrojů, musí být zohledněny všechny náklady společnosti, jak interní, tak i externí. Jelikož se uvedená zdravotní a environmentální rizika plně neodráží v cenách elektřiny, je nutné aplikovat při peněžním hodnocení externalit alternativní přístupy. V tomto ohledu je v současnosti nepropracovanějším přístupem metodika ExternE (Evropská komise 2005), která je již více jak 20 let rozvíjena ve výzkumných programech Evropské komise. ExternE přistupuje k analýze externalit zezdola nahoru (tzv. bottom-up přístup), a umožňuje tak kvantifikovat, pro užití jednotlivých typů paliv, v určitém místě a čase, specifické mezní dopady různých energetických zařízení. Zároveň umožňuje odhady externích nákladů strukturovat podle typu dopadů na zdravotní rizika, ztrátu zemědělské produkce a biodiverzity, koroze materiálů a dopady spojené se změnou klimatu.

V tomto příspěvku prezentujeme výsledky peněžního ohodnocení externích nákladů pro významné stávající uhelné parní elektrárny v České republice. Jednotlivé uhelné elektrárny jsou porovnány na základě celkových ročních externích nákladů, ale také jsou vyjádřeny na jednotku výstupu, tj. jako měrné externí náklady na 1 kWh vyrobené elektřiny. V příspěvku také prezentujeme externí náklady pro nově připravované uhelné bloky Ledvice 660 MWe, Komořany III 160 MWe a pro komplexní obnovu elektrárny Pruněřov II 3 x 250 MWe. Pro tyto nově připravované bloky jsou externí náklady vyjádřeny jako současná hodnota externalit za celou dobu životnosti zdroje.

1. Úvod

Výroba elektrické energie a tepla přináší na jedné straně společnosti řadu ekonomických přínosů, na druhé straně emise z provozu (a ostatně i z výstavby a demolice) elektráren působí četné škody na lidském zdraví a životním prostředí. Výše těchto škod se však plně neodráží v tržních cenách elektřiny. Možnou otázkou proto je: „Dávají současné tržní ceny elektřiny přesnou představu o celkových společenských nákladech její výroby?“, řečeno jinými slovy: „Jsou v cenovém mechanismu zohledněny externality?“

„Skryté“ přínosy nebo škody plynoucí z výroby elektřiny jsou reálné a externí, protože nejsou placené přímo výrobcí nebo spotřebiteli, ale jsou zaplacené nebo nesené třetími stranami a budoucími generacemi. Aby bylo možné z ekonomického hlediska provést konzistentní a nestranné porovnání různých energetických technologií, měly by být brány v úvahu všechny náklady společnosti, jak interní tak i externí. Zahrnutí externích nákladů do cen elektřiny může tak zvýšit konkurenceschopnost environmentálně šetrných zdrojů na trhu s energiemi. Vyčíslení přínosů v podobě zamezených externalit se v současnosti využívá v ekonomickém hodnocení (*analýza nákladů a přínosů, CBA*) legislativních návrhů týkající se snížení emisí¹ nebo při stanovení národních emisních stropů².

Ačkoliv teoretické základy a východiska externích nákladů jsou zakotveny po dlouhou dobu v neoklasické ekonomii, pokusy o jejich vyčíslení začaly na konci 80. let minulého století. Během 80. a 90. let můžeme nalézt několik studií (Hohmeyer 1988, Ottinger a kol. 1990, Pearce a kol. 1992), které kvantifikují externí náklady z výroby elektrické energie. Odhady externalit v těchto prvotních studiích jsou však velice agregované a hrubé³.

V roce 1991 Evropská komise (EK) zahájila společné vědecké projekty s americkým ministerstvem energetiky ve snaze o získání přesnějších a vědecky robustnějších odhadů externalit energetických technologií (Evropská komise 1995, ORNL a RFF 1995). V těchto projektech byl uplatňován přístup zezdola nahoru, tzv. „bottom-up“ přístup, který vycházel z analýzy drah dopadů (*Impact Pathway Approach, IPA*). Výstupem pak byly odhady mezních externích nákladů výroby elektrické energie pro řadu energetických technologií a pro různé lokality. Na základě navazujících projektů financovaných EK vznikla metodika ExternE (*Externalities of Energy*), které v současnosti představuje nepropracovanější přístup pro posouzení a kvantifikaci externích nákladů.

V České republice byl přístup ExternE aplikován v oblasti energetiky v rámci několika evropských a českých výzkumných projektů (např. ExternE-Pol, IP NEEDS nebo VaV ExternE). Modifikovaný přístup ExternE byl také pro podmínky ČR uplatněn jako certifikovaná metodika Ministerstva životního prostředí (Melichar a kol. 2011).

Jelikož je uhelná energetika v současnosti i do budoucna považována za významný zdroj výroby elektrické energie a tepla v České republice, prezentujeme v tomto příspěvku podrobné výpočty externích nákladů jak pro současné tak i zároveň nově připravované uhelné parní elektrárny. Navazujeme tak na odhady externalit pro česká elektrárnská zařízení, které byly vypočteny v rámci výše zmíněných projektů.

¹ např. hodnocení směrnice ES o tuhých částicích, NO₂, SO₂ a olova (IVM 1999), směrnice ES o CO a benzenu (AEA Technology, 1999), směrnice ES o rtuti, kadmii, niklu a arsenu (ENTEC 2000).

² např. hodnocení Gothenburského protokolu ke snížení acidifikace, eutrofizace a přízemního ozónu v Evropě (OSN/EHK) (Holland a kol. 1999, AEA Technology 2011).

³ Tyto studie jsou příkladem *top-down* přístupu, který na rozdíl od *bottom-up* přístupu pro analýzu externalit využívá vysoce agregovaná data ve formě národních emisí a dopadů. Výsledkem jsou průměrné odhady externích nákladů, které nejsou vztaženy ke konkrétní lokalitě či technologii.

Odhady externalit detailně strukturované podle typu dopadů na zdravotní rizika, ztrátu zemědělské produkce a biodiverzity, koroze materiálů a změny spojené se změnou klimatu jsou prezentovány pro 17 stávajících uhelných elektráren o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 7,97 GWe s roční výrobou elektrické energie 36,28 TW při roční spotřebě 35,52 mil tun uhlí. Jako nově připravované uhelné zdroje byly posuzovány Ledvice 660 MWe, Komořany III 160 MWe a Prunéřov II 3 x 250 MWe. Výpočty externích nákladů za jednotlivé zdroje jsou prezentovány jednak jako celkové roční externality, ale také jako měrné externí náklady na 1 kWh vyrobené elektřiny. Pro nově plánované bloky jsou externality vypočteny za celou dobu životnosti zdroje a diskontovány na současnou hodnotu nákladů.

Všechny hodnoty externích nákladů v tomto příspěvku jsou přepočtené tržním směným kurzem na korunu českou (Kč) v cenách roku 2011⁴.

⁴ Původní odhady externích nákladů modelem EcoSenseWeb V1.3 vyjádřené v eurech v cenách roku 2000 byly upraveny nejdříve o změny cenové hladiny na úroveň roku 2011 harmonizovaným indexem spotřebitelských cen (OECD: Harmonized Indices of Consumer Prices, HICP), <http://webnet.oecd.org>). Poté byly převedeny pomocí tržního směného kurzu na korunu českou (OECD: Market Exchange Rates, <http://webnet.oecd.org>).

2. Ekonomické pojetí externalit a jejich hodnocení

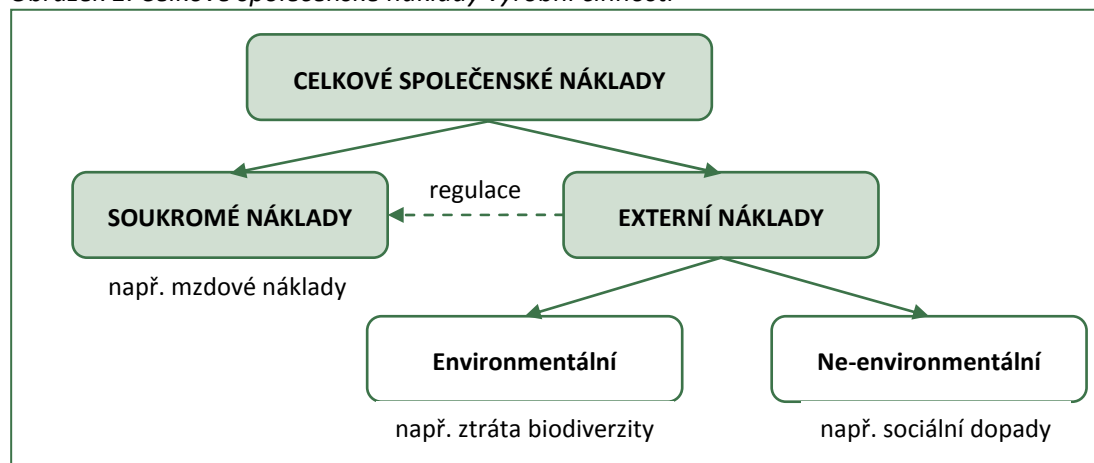
2.1 Vymezení externalit v ekonomii

Externí náklady jsou způsobeny jak spotřebními, tak i produkčními ekonomickými aktivitami. Jsou příčinou tržního selhání (*market failure*) zejména z důvodu absence dobře definovaných vlastnických práv (Baumol a Oates 1988). Jejich existence vede k alokaci zdrojů, která je z pohledu společnosti neoptimální. Teoreticky, externality vedou k situaci, kdy nelze uplatnit první teorém ekonomie blahobytu a trh nedosahuje optimální alokace zdrojů (tzv. Pareto efektivity).

Podle Kolstada (2000) externalita existuje v případě, kdy efekt rozhodování spotřebitele nebo výrobce vstupuje do užitkové nebo produkční funkce jiného ekonomického subjektu, aniž by byl tento efekt zprostředkovan cenovým mechanismem (v tomto případě se jedná o tzv. pekuniární externí efekt, nikoliv skutečnou externalitu) a aniž by k tomu dal tento subjekt souhlas nebo byl za to kompenzován. Aktivity ekonomických subjektů, které jsou ve vzájemné shodě obou aktérů nebo pro které existuje kompenzace, nejsou považovány z hlediska tohoto vymezení za externality.

V případě existence externality nastává rozdíl mezi soukromými a společenskými náklady dané ekonomické činnosti. Soukromé náklady, které jsou určovány tržními cenami zdrojů, zajišťují nejlepší možnost, jak využívat tyto zdroje z pohledu výrobce. Oproti tomu společenské náklady jsou tvořeny soukromými náklady a externími náklady. Zajišťují nejlepší možnost využití zdrojů z pohledu celé společnosti. Pokud trh selhává v případě externalit, nemá výrobce maximalizující zisk důvod k začlenění externích nákladů do svého rozhodování. Soukromé náklady dané aktivity jsou tak nižší, než jsou náklady společenské. V případě, že výrobce bude mít podnět ke snížení negativního environmentálního dopadu, bude externalita internalizována (tj. bude soukromým nákladem), viz Obrázek 1.

Obrázek 1: Celkové společenské náklady výrobní činnosti



Zdroj: IEA (1995)

2.2 Ekonomické hodnocení externalit

Teoretické základy ekonomického hodnocení externalit vycházejí z ekonomie blahobytu. Ekonomická hodnota environmentálního statku je odvozena z preferencí jednotlivců. Nástrojem pro analýzu změny blahobytu je teorie užitku. Pro stanovení velikosti změny blahobytu se využívají ekonomické ukazatele změny blahobytu. Tyto ukazatele vycházejí z uspokojení jednotlivce a jsou vyjádřeny v peněžních jednotkách. Monetarizované dopady uvažovaných změn pak mohou být agregovány pro dotčenou populaci.

Nejstarším a stále nejvíce využívaným ekonomickým odhadem změny blahobytu je spotřebitelský přebytek (*Consumer Surplus, CS*). CS je tradiční měrou odhadu čistých změn užítka spotřebitele. Od 70. let 20. století vědecké práce ukázaly, že CS je přesným odhadem změny blahobytu jen za velmi specifických podmínek. Dalšími ekonomickými ukazateli změny blahobytu je kompenzační variace (*Compensating Variation, CV*) a ekvivalentní variace (*Equivalent Variation, EV*), které byly rozpracovány Hicksem ve 40. letech minulého století. Za určitých předpokladů poskytují koncepty CS, CV a EV stejné odhady (Freeman 1993). V případě pozitivní změny, která zvyšuje blahobyt spotřebitele, je CV rovna maximální ochotě platit (*Willingness to Pay, WTP*) a EV je rovna minimální ochotě přijmout kompenzaci (*Willingness to Accept, WTA*).

Pro hodnocení externalit, ať už v sektoru energetiky, nebo v oblasti dalších ekonomických činností, je možné využít jednoho ze dvou metodologických přístupů: přístup nákladů na zamezení (*Abatement Cost Approach*) a přístup ekonomických škod (*Damage Cost Approach*).

Přístup nákladů na zamezení zjišťuje náklady na kontrolu či snížení škod nebo náklady vynaložené na dosažení legislativních limitů. Tyto náklady považuje za implicitní hodnotu škod, kterým se podařilo zamezit. Pearce a kol. (1992) však poukazuje na nereálný předpoklad tohoto přístupu, že ti, kdo o realizovaných opatřeních rozhodují, uskutečňují optimální rozhodnutí, tj. znají reálné náklady na zamezení a škody. Ve skutečnosti odhadnuté náklady na zamezení nereflktují reálnou výši škod.

Přístup škod zjišťuje na základě preferencí výši čistých ekonomických škod, které jsou spojeny s negativními externalitami. Dominantně používaný přístup *bottom-up* sleduje škody pro jeden zdroj znečišťování, kvantifikuje a monetarizuje škody prostřednictvím drah dopadů. Pro ohodnocení externalit touto metodou jsou využívány technologická a místně specifická data, rozptylové modely, informace o receptorech a funkce dávka-odpověď (*Dose-Response Function, D-R*). Škody vyjádřené ve fyzických jednotkách jsou zpravidla monetarizovány pomocí netržních metod oceňování: metody vyjádřených preferencí (*Stated Preference Technique*) a metody odhalených preferencí (*Revealed Preference Technique*).

Za jistý nedostatek tohoto přístupu bývá označováno to, že jsou hodnoceny pouze ty dráhy dopadů, pro které jsou dostupná data, resp. nejsou hodnoceny dopady, pro které nejsou k dispozici relevantní údaje (srov. Clarke 1996). I přes parciálnost danou tímto omezením je *bottom-up* přístup – na rozdíl od přístupu nákladů na zamezení – v souladu s ekonomickou teorií, jelikož se zaměřuje na konkrétní změny blahobytu. V současnosti je proto standardně využíván pro empirické hodnocení externalit v oblasti energetiky (srov. EEA 2011, AEA Technology 2011, US EPA 2011).

3. Použité metody

3.1 Analýza drah dopadů

Metodika ExternE představuje ucelený metodický rámec pro posouzení dopadů a kvantifikaci externích nákladů, který vznikl v sérii projektů financovaných Evropskou komisí⁵. Obecný přístup, který využívá metodika ExternE, je založen na analýze celého palivového cyklu (*fuel cycle*). V tomto ohledu má mnoho společného s analýzou životního cyklu (*Life Cycle Analysis, LCA*), kdy jsou všechny složky daného systému analyzovány „od kolébky do hrobu“. V rámci konceptu palivového cyklu jsou procesy energetických přeměn analyzovány od těžby příslušného primárního energetického zdroje přes úpravu, dopravu a výrobu elektřiny až po problematiku odpadů a likvidaci po ukončení provozu. V rámci tohoto přístupu jsou identifikovány jednotlivé hranice posuzovaného palivového cyklu a je posouzen komplexní seznam dopadů pro jednotlivé úrovně palivového cyklu a jsou stanoveny prioritní oblasti pro posuzování.

Současně metodologie ExternE vychází z analýzy fáze drah dopadů (*Impact Pathway Approach, IPA*). Tím přistupuje k analýze externalit ze dna nahoru, tzv. *bottom-up* přístup⁶. Díky využití detailních atmosférických disperzních modelů je možné analyzovat specifické mezní dopady různých technologií, při užití jednotlivých typů paliv, v určitém místě a čase. To je důležité z toho důvodu, že externí náklady závisejí na specifických podmínkách lokality, ve kterých je posuzovaná technologie využívána – místní a regionální meteorologické podmínky, hustota populace, druh zemědělských plodin (Evropská komise 2005).

Analýza drah dopadů sleduje cestu jednotlivých znečišťujících látek od místa, kde jsou látky emitovány, až po dotčené receptory – obyvatelstvo, zemědělská produkce, lesní ekosystémy, budovy. V rámci této analýzy je zjišťována závislost mezi zvýšenou koncentrací určité škodliviny vyvolané např. energetikou a výší dopadu na vybraný receptor. Tento dopad je poté vyjádřen ve fyzických jednotkách. Pro tento účel se využívají funkce dávka-odpověď (dávka jako například zvýšené koncentrace nitrátů a sulfátů vyvolané danými emisemi a odpověď jako například počet vyvolaných astmatických záchvatů nebo hospitalizací v populaci). Následně se provádí ekonomické ohodnocení dopadů pro jednotlivé kategorie dopadů, jako je lidské zdraví, zemědělská produkce, budovy, materiály a ekosystémy. Tento přístup ve zjednodušené podobě přibližuje Box 1.

3.2 Modelové prostředí rozptylu znečišťujících látek a kvantifikace externích nákladů

Pro modelování rozptylu a samotnou kvantifikaci externích nákladů spojených s emisemi znečišťujících látek do ovzduší, zejména pro oblast energetiky, byl vyvinut model EcoSense (Krewitt a kol. 1995). Jedná se o komplexní model oceňování externích nákladů jednotlivých energetických technologií, který byl vytvořen v rámci projektů řady ExternE. Aktuální stav modelu EcoSense koresponduje s výsledky evropského projektu NEEDS⁷, v rámci kterého byla vytvořena verze EcoSenseWeb V1.3⁸. Tento model byl použit pro odhad externích nákladů v této studii, detailní popis modelu EcoSenseWeb V1.3 lze nalézt ve zprávě autorů Preisse a Klotze (2008).

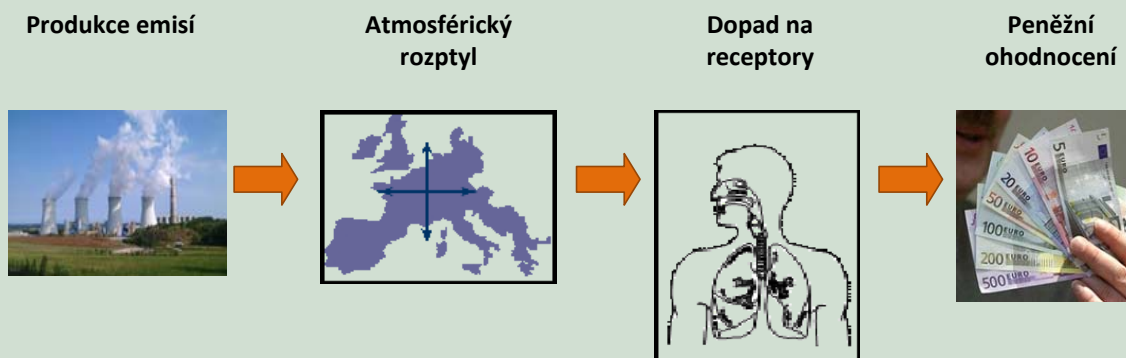
⁵ Hodnocením externalit z energetiky se postupně zabývaly projekty *ExternE Core, National Implementation, NewExt, ExternE-Pol, CASES a NEEDS*. Bližší informace k těmto projektům, k použité metodologii a výsledkům lze nalézt na internetových stránkách www.externe.info.

⁶ Většina studií, které byly vypracovány před začátkem projektů ExternE, byla založena na přístupu *top-down* (viz např. Hohmeyer 1988).

⁷ NEEDS – New Energy Externalities Development for Sustainability. Informace o projektu jsou dostupné na <http://www.needs-project.org/>

⁸ Tento model je dostupný na stránkách <http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de/>

Box 1 – Zobrazení analýzy fáze drah dopadů



Základní fáze této analýzy lze shrnout do 4 následujících kroků:

I. Emise

Určení analyzovaných technologií a určení jednotlivých znečišťujících látek a jejich množství (např. emise NO_x v g/kWh vyrobené elektřiny).

II. Rozptyl

Určení zvýšené koncentrace znečišťujících látek ve všech ovlivněných regionech (např. zvýšené koncentrace ozonu). V této fázi jsou využívány atmosférické disperzní a chemické modely.

III. Dopad

Zjištění závislosti mezi určitou koncentrací škodliviny (dávka) a dopadem na vybraný receptor (odpověď). Relevantní informace jsou získávány z toxikologických nebo epidemiologických studií. Tento typ primárních dat je použit k definování funkce dávka-odpověď.

IV. Náklady

Vyjádření těchto dopadů v peněžních jednotkách. Ekonomické hodnocení, které je aplikováno v IPA, vychází nejčastěji z přístupu založeného na zjišťování ochoty platit nebo ochoty přijmout kompenzaci. Tam, kde je to možné, jsou při peněžním ocenění dopadů využívány tržní ceny (zemědělská produkce, stavební materiály) nebo kvazitržní ceny (veřejné výdaje na léčení). Celá řada oceňovaných statků a služeb však není obchodována na skutečných trzích (např. lidské zdraví, lesní a jiné ekosystémy, vizuální dopady či dopady hluku). Pro jejich hodnocení je nutné využít alternativní techniky – netržní metody oceňování.

Zdroj: Evropská komise (2005)

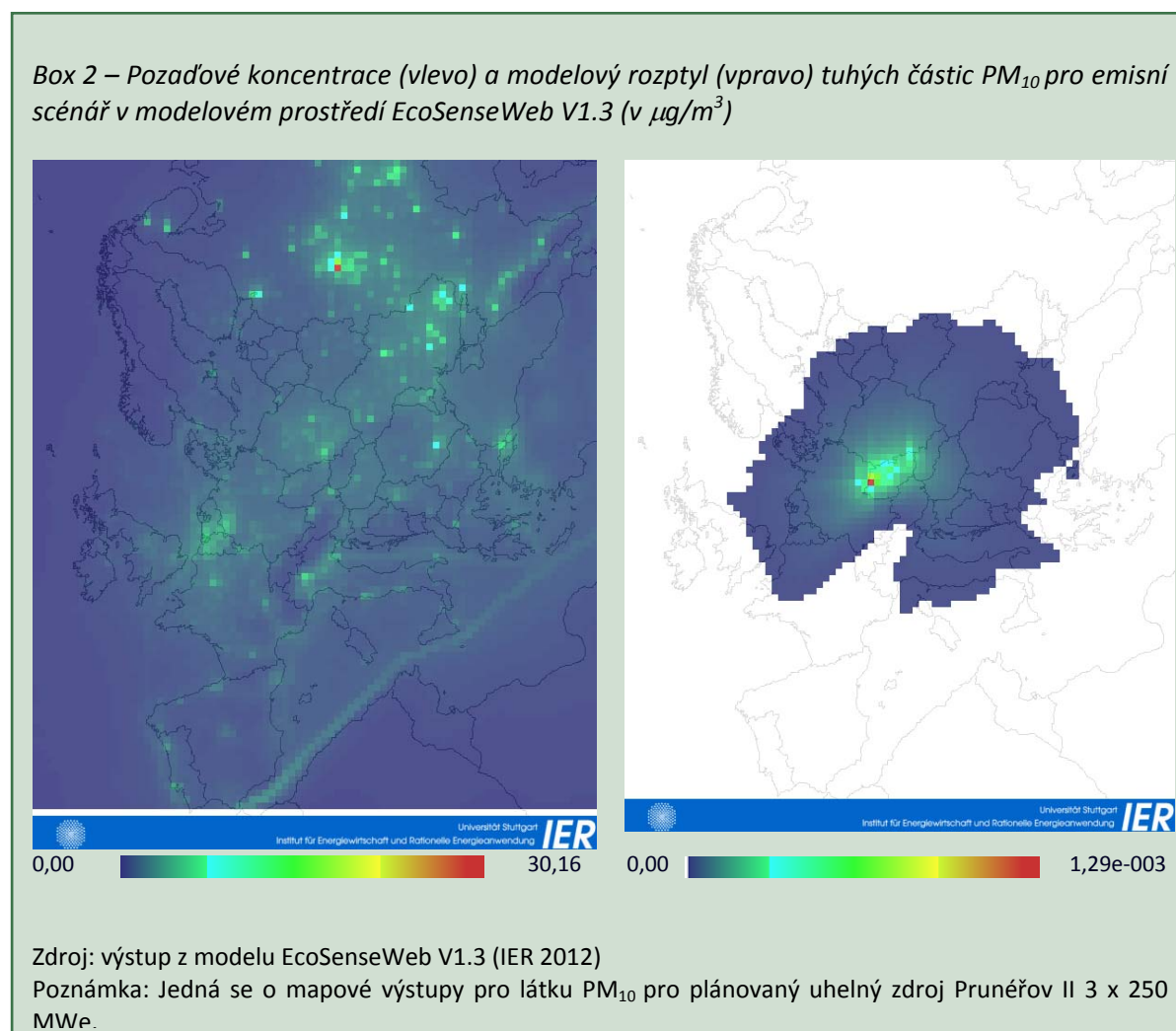
Pomocí modelu EcoSenseWeb V1.3 lze kvantifikovat významné dopady na lidské zdraví, zemědělskou produkci a budovy a materiály, které vznikají v důsledku znečišťování ovzduší z energetických procesů. Dopady změny klimatu tento model nezahrnuje, protože tyto dopady jsou založené na jiném mechanismu a jsou globálního charakteru. Verze EcoSenseWeb V1.3 zahrnuje parametry pro výpočet rozptylu mnoha škodlivých látek, včetně klasických polutantů, jako jsou SO_2 , NO_x , tuhé částice frakce PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, také některé těžké kovy a organické látky VOC a NH_3 . Současně lze modelovat i zvýšení koncentrací sekundárních polutantů typu ozonu, sulfátů a nitrátů.

Rozptyl emisí PM_{10} , NO_x a SO_2 je modelován v modelu EcoSenseWeb V1.3 na lokální a regionální úrovni, také je modelován mezikontinentální přenos látek v oblasti severní hemisféry Země. Pro regionální úroveň je využíván Windrose Trajectory Model (Trukenmüller a Friedrich 1995), na lokální úrovni, tj. do 50 km od zdroje znečištění, model Industrial Source Complex (Brode a Wang 1992). Ozon je modelován pomocí MSC-W modelu (Simpson 1992).

Další součástí EcoSenseWeb V1.3 modelu jsou komplexní databáze obsahující data o receptorech (populace, využití půdy, zemědělská produkce, budovy a materiály atd.), meteorologická data a data emisí za celou Evropu. Model EcoSenseWeb V1.3 dále obsahuje funkce dávka-odpověď⁹ a peněžní hodnoty. Funkce expozice-odpověď (Exposure-response Function, E-R) vymezují vztah mezi zvýšenou koncentrací určité škodliviny (PM₁₀, SO₂ a NO_x) a výší dopadu na nemocnost a úmrtnost. Použité E-R funkce v modelu EcoSenseWeb V1.3 jsou uvedeny v Příloze (Tabulka 13).

Výstupem modelu EcoSenseWeb V1.3 jsou marginální externí náklady způsobené danou energetickou technologií (v Kč/kWh) nebo celkové externí náklady za celý zdroj. Model poskytuje také hrubé mapové výstupy, které ilustruje Box 2, v rozlišení čtverce 50×50 km a data o dopadech v disagregované formě po jednotlivých polutantech a typech dopadu. Také je možná disagregace podle jednotlivých zemí, kde dopady nastanou. Další mapové výstupy pro sekundární anorganické aerosoly frakce a troposférický ozon jsou součástí Přílohy (Obrázek 15–3).

Box 2 – Pozadové koncentrace (vlevo) a modelový rozptyl (vpravo) tuhých částic PM₁₀ pro emisní scénář v modelovém prostředí EcoSenseWeb V1.3 (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



3.3 Hodnocení škod působených skleníkovými plyny

Hodnota odhadu společenských nákladů změny klimatu se může pohybovat v řádu jednotek až několika desítek eur na tunu emisí oxidu uhličitého CO₂ dle zvolených předpokladů a rozsahu zahrnutých kategorií dopadů v modelu. V současné praxi se pro oceňování externích nákladů změny klimatu nejčastěji používají přístup mezních společenských škod, respektive externích nákladů, a

⁹ Vzhledem ke specifické dráze dopadu se jedná kromě funkcí dávka-odpověď také o funkce koncentrace-odpověď nebo expozice-odpověď; viz například evropský projekt HEIMTSA.

přístup mezních nákladů zamezení. Ačkoliv jsou oba přístupy poměrně dobře zasazené do ekonomické teorie hlavního proudu a aplikují pozitivní přístupy, při modelování nákladů musejí vždy také stavět na normativních přístupech. Jedná se zejména o problematiku faktoru času a (případného) vážení regionálních dopadů.

V této studii hodnocení společenských dopadů změny klimatu vychází z výsledků projektu NEEDS, jehož součástí byla také diskuse nově odhadnutých hodnot nákladů škod způsobených emisemi skleníkových plynů. Vyjdeme-li z těchto závěrů, pak výsledkem je použití volba scénáře s dolním intervalem odhadu. Tento odhad je postaven na přístupu mezních škod, tj. společenských nákladech změny klimatu odhadnutých Anthoffem (2007) při použití čisté míry časové preference, $PRTP = 1\%$, bez vážení efektů a 1% trimovaného průměru hodnot odvozených po 1 000 simulacích provedených modelem FUND. Tyto hodnoty se pohybují na úrovni 10 euro (v cenách roku 2000) na tunu CO_2 . Odhady pro emise CO_2 uvádí Tabulka 1 v eurech v cenách roku 2000 a v Kč v cenách roku 2011 na tunu látky.

Tabulka 1: Dolní interval odhadu společenských nákladů změny klimatu na tunu emisí CO_2

Období	EURO(2000).t ⁻¹	Kč(2011).t ⁻¹
2000-2009	6,96	217
2010-2019	10,54	329
2020-2029	13,67	426
2030-2039	15,21	474
2040-2049	17,39	542
2050-2059	27,06	844
2060-2069	24,73	771
2070-2079	31,56	984
2080-2089	39,87	1 243
>2090	44,73	1 395

Zdroj: upraveno podle Anthoff (2007)

3.4 Hodnocení externích nákladů za dobu životnosti zdroje

Externí náklady pro nově připravované uhelné elektrárny je vhodné hodnotit za celou dobu plánované životnosti zdroje a porovnat tak zařízení s rozdílnou životností. Jednotlivé kategorie dopadů je potom možné uvažovat jako toky externalit v čase, které je nutno agregovat za dobu uvažované životnosti elektrárny. Při výpočtu agregovaných externích nákladů v čase je důležité uvažovat jednak růst reálných cen a dále vyjádřit toky budoucích nákladů v jejich současné hodnotě.

V prvním případě předpokládáme růst reálné hodnoty peněžně vyjádřených dopadů v čase. Uvažujeme tedy zvyšování reálné hodnoty WTP, resp. WTA, tržních a kvazitržních cen, které se v analýze IPA využívají pro peněžní vyjádření fyzických dopadů. Reálná jednotková hodnota zdravotních a environmentálních dopadů se bude v průběhu provozu zařízení zvyšovat měrou odpovídající růstu důchodu na obyvatele, respektive ekonomickému růstu, g , upraveného o parametr η , který představuje elasticitu mezního užítku ze spotřeby – procentní pokles dodatečného užítku spojeného s procentním zvýšením spotřeby. Reálná hodnota externích nákladů REN elektrárny j pak bude v daném roce t vyjádřena následovně¹⁰:

$$REN_{tj} = EN_j (1 + g \cdot \eta)^t, \text{ pro } t = 1, 2, \dots, n$$

¹⁰ EN_j pak značí původní odhady ročních externích nákladů pro danou uhelnou elektrárnu j modelem EcoSenseWeb V1.3 přepočtené na korunu českou na úroveň cenové hladiny roku 2011.

Při volbě parametru g a η vycházíme ze studie Preisse, Friedricha a Klotze (2008), kdy ve svých výpočtech za růst spotřeby g dosazují průměrný roční ekonomický růst pro země Evropy, který je předpokládán do roku 2030 na úrovni 2 % a od roku 2030 pak uvažují růst 1 %. Za elasticitu mezního užítku ze spotřeby dosazují hodnotu 0,85, což je průměrná hodnota z doporučených studií.

Ve druhém případě je vhodné toky budoucích efektů vyjádřit v jejich současné hodnotě. Jednou z možností, jak při analýze externalit uvažovat časové hledisko, je využití diskontování. V tomto ohledu narážíme na problematiku mezirasového hodnocení. Diskontování představuje způsob, jak převést náklady nebo přínosy, které jsou generovány v budoucnosti, na jejich současnou hodnotu. Prostřednictvím diskontování přiřazujeme budoucím přínosům a nákladům nižší váhu (menší než jedna) než efektům, které se objevují v současnosti. Těm je přiřazena váha rovná jedné (OECD 2006). Více o problematice mezigeneračního hodnocení a diskontování v ekonomické analýze pojednává např. Andriele a Brůha (2004), Dvořák a kol. (2007), Kubíček a Vítek (2010).

Agregované externí náklady připravovaných uhelných bloků jsou v tomto příspěvku počítány jako suma ročních externích nákladů za dobu životnosti zařízení, kdy externí náklady v daném roce jsou převedeny na jejich současnou hodnotu pomocí společenské diskontní míry. Daný postup lze zapsat následovně:

$$SEN_j = \sum_{t=1}^n \frac{REN_{tj}}{(1+s)^t}, \text{ pro } t = 1, 2, \dots, n$$

kde SEN_j představuje současnou hodnotu celkových externích nákladů za dobu životnosti uhelné elektrárny j , REN_{tj} jsou pak roční externí náklady upravené o růst reálných cen dané elektrárny j v roce t , n značí uvažovanou životnost daného zdroje a s je společenská diskontní míra (*social discount rate*).

Při volbě společenské diskontní míry vycházíme z Ramseyova (Ramsey 1928) teoretického přístupu společenské míry časové preference, kdy společenská diskontní míra je dána součtem čisté míry časové preference ρ a mírou růstu reálné spotřeby na obyvatele g . Růst spotřeby je dále upraven o elasticitu mezního užítku ze spotřeby η . Formálně zapsáno:

$$s = \rho + \eta \cdot g$$

Při výpočtu společenské diskontní míry opět vycházíme ze studie Preisse, Friedricha a Klotze (2008), kdy ve svých výpočtech uvažují s 1 % čistou mírou časové preference, za g do roku 2030 dosazují průměrný roční ekonomický růst pro země Evropy ve výši 2 % a od roku 2030 počítají s růstem 1 %. Elasticita mezního užítku ze spotřeby je opět 0,85. Ve výpočtech tedy pracujeme s hodnotou společenské diskontní míry ve výši 3 % do roku 2030 a ve výši 2 % od roku 2030.

4. Technická specifikace posuzovaných uhelných parních elektráren

V analýze externích nákladů výroby elektrické energie se v tomto příspěvku zaměřujeme na posuzování externalit stávajících a připravovaných uhelných parních elektráren v České republice. Výpočty externalit pro další energetická zařízení využívající fosilní paliva (zemní plyn, energo plyn, těžké topné oleje), obnovitelné zdroje energie a jaderné elektrárny lze nalézt ve zprávách již zmiňovaných projektů ExternE-Pol, IP NEEDS nebo VaV ExternE, v rámci kterých byly kvantifikovány externality pro ostatní typy elektráren na území ČR.

4.1 Současné uhelné elektrárny

Pro analýzu externalit v současnosti provozovaných uhelných zdrojů bylo vybráno 17 tepelných elektráren o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 7,97 GWe, jejichž roční výroba elektrické energie v roce 2006 činila 36,28 TW a dodávka tepla pak 29,06 PJ. V roce 2006 tyto zdroje pro výrobu elektřiny a tepla spotřebovaly 35,52 mil tun uhlí. Vybrané technické charakteristiky pro rok 2006 uvádí Tabulka 2. Rok 2006 byl vybrán pro kvantifikaci externích nákladů provozu současných zdrojů z hlediska dostupnosti dat o jejich emisních charakteristikách pro tento rok. Roční objemy jednotlivých znečišťujících látek byly převzaty z Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší, tzv. REZZO, který je provozován Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ).

Tabulka 2: Technická specifikace posuzovaných tepelných elektráren v roce 2006

Zdroj	Celkový instalovaný elektrický výkon	Počet výrobních bloků	Tepelná účinnost kotle	Druh topeniště	Roční výroba elektřiny netto	Dodávka tepla celkem	Druh uhlí
	MWe		%		GWh		
Dětmarovice	800	4	92	granulační	2 502	465	černé
Hodonín	105	2	91	fluidní	303	802	lignit
Chvaletice	800	4	88	granulační	2 388	71	hnědé
Kladno	305	3	94	fluidní / granulační	1 366	1 259	hnědé
Komořany	239	8	86/91	fluidní	512	50	hnědé
Ledvice II	220	2	87	granulační	1 289	634	hnědé
Ledvice III	110	1	92	fluidní	605	72	hnědé
Mělník	352	6	84	granulační	1 330	7 916	hnědé
Mělník II	220	2	83/86	granulační	912	7 677	hnědé
Mělník III	500	1	88	granulační	1 698	239	hnědé
Opatovice	363	6	88	granulační	2 016	4 526	hnědé
Počerady	1 000	5	86	granulační	6 189	11	hnědé
Prunéřov I	440	4	87	granulační	1 891	1 035	hnědé
Prunéřov II	1 050	5	87	granulační	5 977	468	hnědé
Vřesová	370	5	87	prášek - plyn	1 791	2 217	hnědé
Tisová	296	3	88/91	fluidní / granulační	763	923	hnědé
Tušimice	800	4	87	granulační	4 758	692	hnědé

Zdroj: upraveno podle ERÚ (2006a, 2006b), ČHMÚ (2006)

Z hlediska technické specifikace jsou v analýze současných uhelných parních elektráren zastoupeny zdroje spalující hnědé uhlí, černé uhlí je spalováno v elektrárně Dětmarovice a lignit pak v elektrárně Hodonín. Ve většině elektrárenských zařízení jsou instalovány kotle s granulačním topeništěm, kotle s fluidním topeništěm jsou instalovány v elektrárně Hodonín, teplárně Komořany, elektrárně Ledvice III – kotel K4 a v elektrárně Tisová I. Ve Vřesové jsou instalovány kotle s kombinovaným topeništěm práškové – plyn.

Nejnižším celkovým instalovaným elektrickým výkonem z analyzovaných zdrojů disponuje elektrárna Hodonín o výkonu 105 MWe s tepelnou účinností kotlů 91 %. Naopak s nejvyšším

instalovaným výkonem 1 050 MWe disponuje elektrárna Prunéřov II, kde tepelná účinnost kotlů je 87 %.

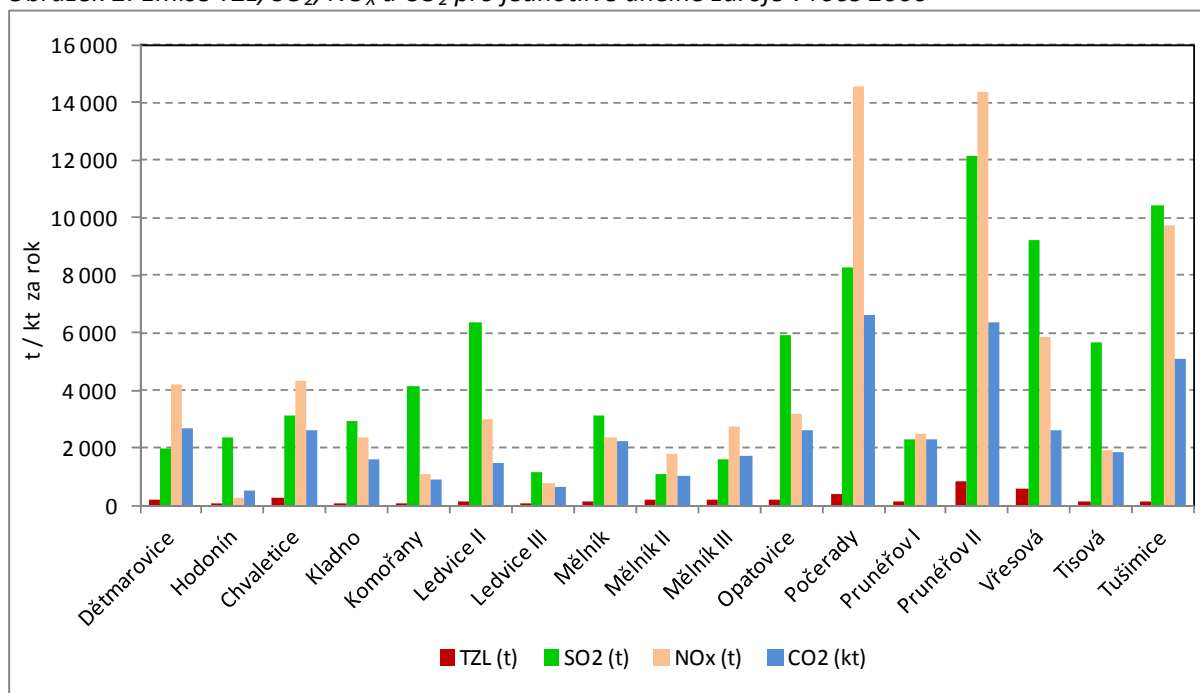
Jedním ze vstupních parametrů v analýze externalit jsou objemy jednotlivých atmosférických znečišťujících látek a skleníkových plynů emitovaných danými uhelnými zdroji. Externí náklady v tomto příspěvku jsou hodnoceny pro polévatý prach o velikosti částic menší než 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) a frakce menší než 10 μm (PM_{10}), oxidy dusíku (NO_x), oxid siřičitý (SO_2), těkavé organické látky (VOC) a emise oxidu uhličitého (CO_2). Další Tabulka 3 uvádí za dané uhelné zdroje množství analyzovaných znečišťujících látek včetně emisí oxidu uhličitého za rok 2006. Za rok 2006 uvedené uhelné elektrárny vyprodukovaly 3,7 tis. tun TZL, 81 tis. tun SO_2 , 74,8 tis. tun NO_x , 5,7 tis. tun VOC a 43,82 tis. kilotun CO_2 .

Tabulka 3: Emitované škodliviny pro jednotlivé uhelné zdroje v roce 2006

Zdroj	TZL	PM_{10}	$\text{PM}_{2,5}$	SO_2	NO_x	VOC	CO_2
	t	t	t	t	t	t	kt
Dětmarovice	175	168	126	1 991	4 181	167	2 676
Hodonín	58	56	42	2 325	284	74	485
Chvaletice	273	262	197	3 127	4 320	329	2 607
Kladno	76	73	55	2 938	2 337	228	1 583
Komořany	56	54	40	4 119	1 067	94	870
Ledvice II	133	128	96	6 347	2 976	167	1 442
Ledvice III	35	34	25	1 137	742	77	626
Mělník	128	123	92	3 096	2 359	226	2 196
Mělník II	165	159	119	1 096	1 763	152	1 032
Mělník III	197	189	142	1 573	2 753	253	1 722
Opatovice	212	204	153	5 902	3 164	263	2 605
Počerady	375	360	270	8 281	14 576	840	6 600
Prunéřov I	114	109	82	2 292	2 476	298	2 282
Prunéřov II	836	803	602	12 167	14 382	828	6 359
Vřesová	581	558	418	9 246	5 869	708	2 626
Tisová	152	146	109	5 662	1 882	210	1 851
Tušimice	124	119	89	10 400	9 707	653	5 108

Zdroj: upraveno podle ČHMÚ (2006)

Z tabulky je patrné, že nejvyšší množství tuhých znečišťujících látek (TZL), PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v roce 2006 emitovala elektrárna Prunéřov II ve výši 836 tun TZL, 803 tun PM_{10} a 602 tun $\text{PM}_{2,5}$. Prunéřov II v daném roce dosahovala také nejvyšších emisí SO_2 ve výši 12,17 tis. tun. Elektrárna Počerady v uvedeném roce vyprodukovala nejvíce emisí NO_x (14,58 tis. tun), VOC (840 tis. tun) a CO_2 (6,6 tis. kilotun). Obrázek 2 pak zobrazuje roční objemy jednotlivých znečišťujících látek v grafické podobě.

Obrázek 2: Emise TZL, SO₂, NO_x a CO₂ pro jednotlivé uhelné zdroje v roce 2006

Zdroj: upraveno podle ČHMÚ (2006)

Měrné emise jednotlivých znečišťujících látek na 1 tunu spáleného paliva přibližuje Tabulka 4. Tak například nejvyšší měrné emise TZL ve výši 290 g/t měla v roce 2006 Vřesová. Nejvyšší měrné emise SO₂ ve výši 6,1 kg/t dosahovala v daném roce teplárna Komořany, měrné emise NO_x a VOC byly pak nejvyšší u Vřesové (2,9 kg/t, respektive 354 g/t).

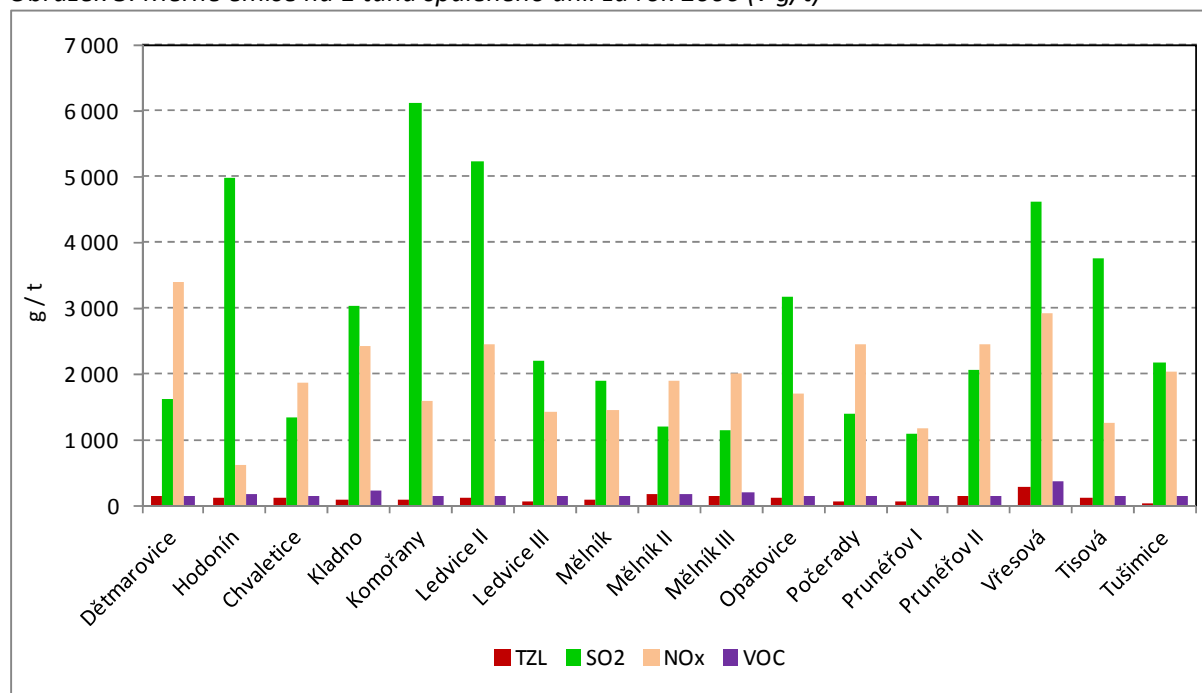
Tabulka 4: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí za rok 2006 (v g/t)

Zdroj	TZL	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NO _x	VOC
	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t
Dětmarovice	142	137	102	1 622	3 406	136
Hodonín	125	120	90	4 976	607	159
Chvaletice	117	113	84	1 343	1 856	141
Kladno	78	75	56	3 042	2 419	236
Komořany	83	80	60	6 105	1 581	139
Ledvice II	110	106	79	5 240	2 457	138
Ledvice III	68	65	49	2 195	1 431	149
Mělník	78	75	56	1 900	1 447	138
Mělník II	179	172	129	1 184	1 905	164
Mělník III	143	137	103	1 142	1 998	184
Opatovice	114	109	82	3 161	1 695	141
Počerady	63	60	45	1 384	2 435	140
Prunéřov I	53	51	38	1 073	1 160	140
Prunéřov II	141	136	102	2 059	2 434	140
Vřesová	290	279	209	4 617	2 930	354
Tisová	100	96	72	3 745	1 245	139
Tušimice	26	25	19	2 175	2 030	137

Zdroj: upraveno podle ČHMÚ (2006)

V grafické podobě prezentuje měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí pro jednotlivé analyzované zdroje Obrázek 3.

Obrázek 3: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí za rok 2006 (v g/t)



Zdroj: upraveno podle ČHMÚ (2006)

4.2 Připravované hnědouhelné elektrárny

Součástí tohoto příspěvku je také hodnocení externích nákladů pro nově připravované uhelné bloky na území ČR. Pro toto hodnocení jsme vybrali 3 nové zdroje, uhelný blok Ledvice o instalovaném výkonu 660 MWe s plánovanou životností 30 let, nový zdroj Komořany III o instalovaném výkonu 160 MWe s životností 20 let a komplexní obnovu elektrárny Pruněřov II o instalovaném výkonu 750 MWe, která zahrnuje 3 výrobní bloky o výkonu 250 MWe. Životnost u elektrárny Pruněřov 750 je plánovaná na 25 let. Vybrané technické parametry uvažovaných uhelných zdrojů uvádí Tabulka 5. Bližší technické a výrobní charakteristiky uvedených zdrojů lze nalézt v dokumentaci EIA. Pro Ledvice 660 lze tyto informace nalézt ve studii Motla (2006), pro Komořany III se jedná o studii Rouse (2006) a obnovu elektrárny Pruněřov II pak ve studii Horáka (2008).

Tabulka 5: Technická specifikace připravovaných elektráren

Zdroj	Celkový instalovaný elektrický výkon	Počet výrobních bloků	Tepelná účinnost kotle	Druh topeniště	Roční výroba elektriny netto	Dodávky tepla celkem	Druh uhlí	Plánovaná životnost
	MWe		%		GWh	GJ		
Pruněřov 750	750	3	90,12	granulační	4 273	1 656	hnědé	25
Ledvice 660	660	1	91,23	granulační	4 212	1 429	hnědé	30
Komořany 160	160	1	92	fluidní	1 200	-	hnědé	20

Zdroj: upraveno podle Motl (2006), Rous (2006) a Horák (2008)

Pro obnovu elektrárny Pruněřov II se předpokládá s instalací 3 kotlů s granulačním topeništěm o tepelné účinnosti 90,12 %. Předpokládaná roční výroba elektřiny netto je 4,27 TWh. Nový zdroj v Ledvicích předpokládá instalaci kotle s granulačním topeništěm o účinnosti 91,23 %, roční výroba elektřiny je plánovaná 4,21 TWh. U nového zdroje Komořany III se uvažuje o instalaci kotle s fluidním topeništěm o účinnosti 92 %. Předpokládá se roční výroba elektřiny 1,2 TWh.

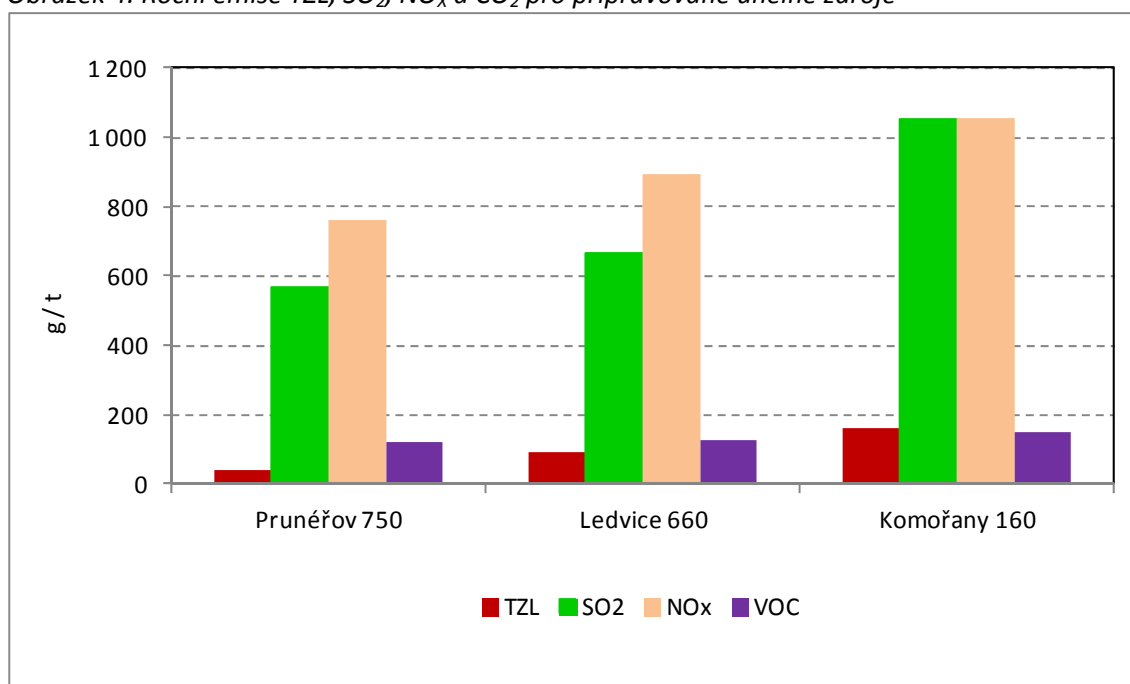
Roční objemy emitovaných atmosférických znečišťujících látek uvádí Tabulka 6 a Obrázek 4.

Tabulka 6: Roční emitované škodliviny pro připravované uhelné zdroje

Zdroj	TZL	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NO _x	VOC	CO ₂
	t	t	t	t	t	t	kt
Pruněřov 750	156	150	112	2 330	3 108	499	3 830
Ledvice 660	270	259	194	2 025	2 700	374	3 349
Komořany 160	130	125	94	864	864	120	1 114

Zdroj: upraveno podle Motl (2006), Smetana a Mužáková (2006), Rous (2006), Horák (2008), Bucek (2008, 2011)

Nejvyšší roční objemy TZL a jednotlivých frakcí polévatého prachu PM₁₀ a PM_{2,5} se předpokládají o nového zdroje Ledvice 660 a to ve výši 270 tun TZL, 259 tun PM₁₀ a 194 tun PM_{2,5}. U komplexní obnovy elektrárny Pruněřov II jsou pak nejvyšší roční emise ostatních látek. U SO₂ se jedná o 2 330 tun za rok, NO_x bude emitováno ve výši 3 108 tun, VOC 499 tun a emise oxidu uhličitého jsou předpokládány ve výši 3 830 kt za rok.

Obrázek 4: Roční emise TZL, SO₂, NO_x a CO₂ pro připravované uhelné zdroje

Zdroj: upraveno podle Motl (2006), Smetana a Mužáková (2006), Rous (2006), Horák (2008), Bucek(2008, 2011)

Měrné emise jednotlivých znečišťujících látek přepočtené na 1 tunu spáleného uhlí pro připravované zdroje uvádí Tabulka 7. Nejvyšší hodnoty měrných emisí u všech polutantů jsou patrné pro Komořany 160 nejnižší naopak o elektrárny Pruněřov 750.

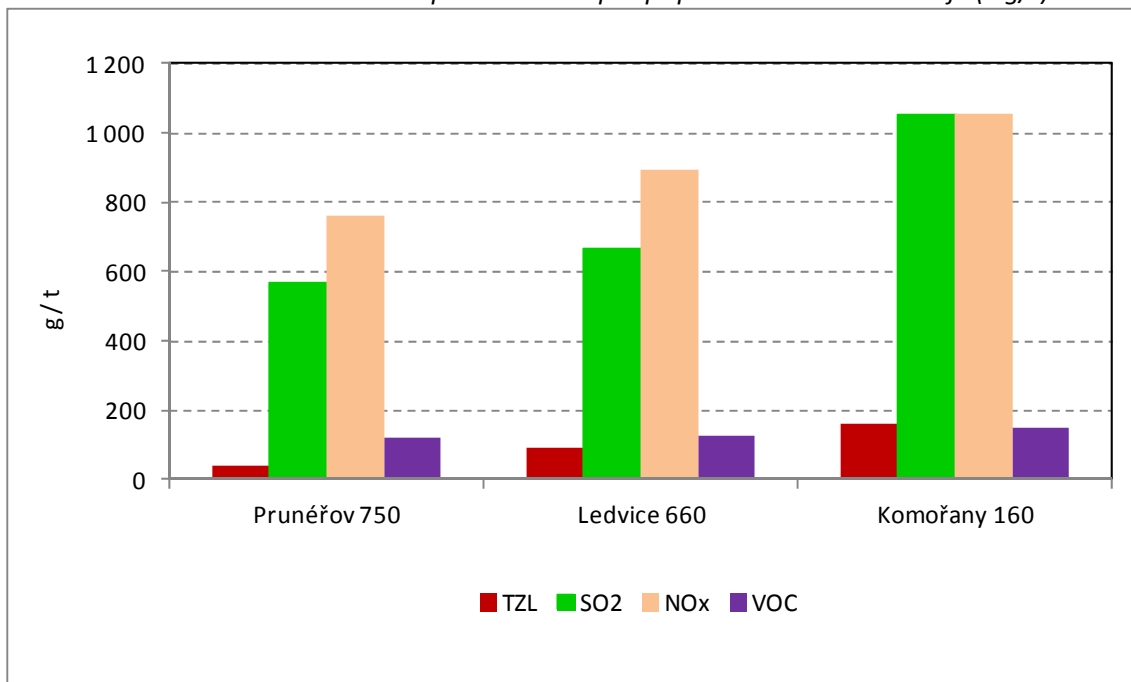
Tabulka 7: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí pro připravované uhelné zdroje (v g/t)

Zdroj	TZL	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NO _x	VOC
	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t
Pruněřov 750	38	37	27	570	760	122
Ledvice 660	89	86	64	668	891	123
Komořany 160	159	152	114	1 055	1 055	147

Zdroj: upraveno podle Motl (2006), Smetana a Mužáková (2006), Rous (2006), Horák (2008), Bucek(2008, 2011)

Obrázek 5 pak uvádí měrné emise v grafické podobě.

Obrázek 5: Měrné emise na 1 tunu spáleného uhlí pro připravované uhelné zdroje (v g/t)



Zdroj: upraveno podle Motl (2006), Smetana a Mužáková (2006), Rous (2006), Horák (2008), Bucek(2008, 2011)

5. Výsledky

5.1 Výpočet externích nákladů pro stávající uhelné zdroje

Roční externí náklady pro stávající zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla pro stávající zdroje uvádí Tabulka 8. Hodnoty externích nákladů jsou uvedeny v mil. Kč v cenové hladině roku 2011. Z tabulky je patrné, že nejvyšší externí náklady 8,2 mld. Kč ročně generuje elektrárna Prunéřov II. Významnou měrou se na celkové externalitě elektrárny Prunéřov II podílí dopady na lidské zdraví ve výši 5,7 mld. Kč za rok. Naopak nejnižší externí náklady působí elektrárna Ledvice III ve výši 613 mil. Kč za rok.

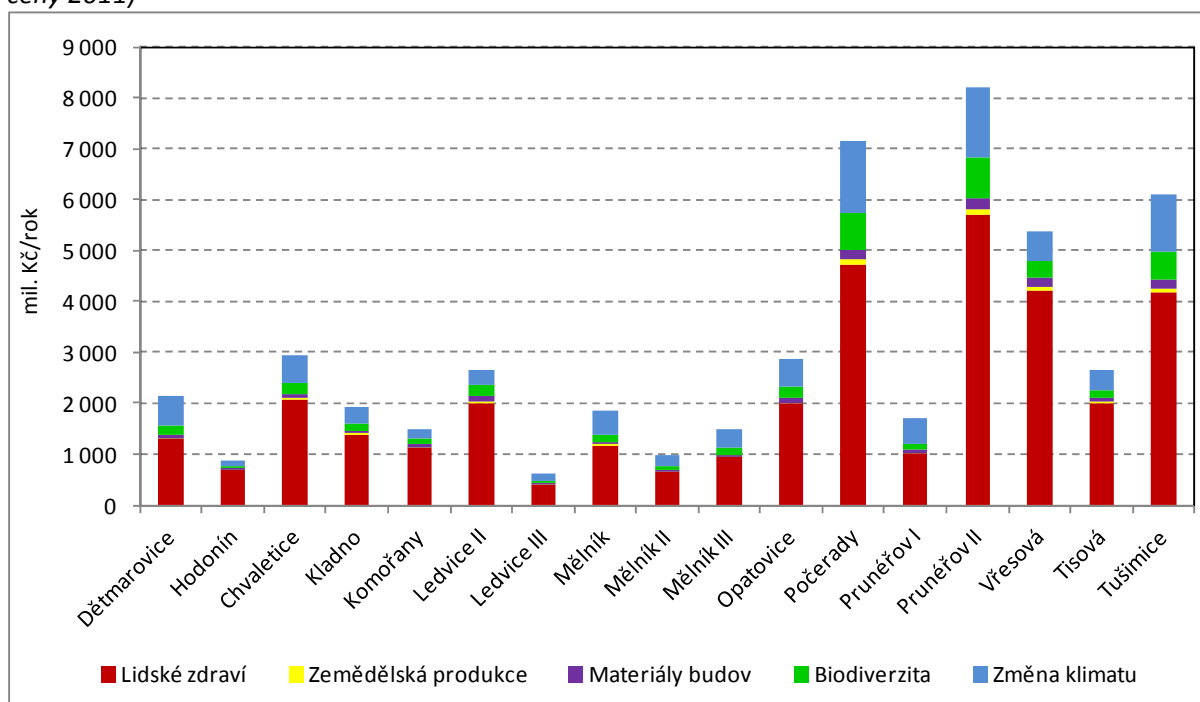
Tabulka 8: Roční externí náklady pro stávající zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011)

Zdroj	Lidské zdraví	Zemědělská produkce	Materiály budov	Biodiverzita	Změna klimatu	Celkem
Dětmárovice	1 294	27	47	205	580	2 154
Hodonín	702	1	37	39	105	883
Chvaletice	2 056	59	66	214	566	2 960
Kladno	1 383	30	55	130	343	1 942
Komořany	1 132	0	69	99	189	1 489
Ledvice II	2 015	10	112	210	313	2 659
Ledvice III	406	4	21	46	136	613
Mělník	1 180	12	58	141	477	1 868
Mělník II	643	11	24	90	224	992
Mělník III	942	18	35	138	374	1 507
Opatovice	1 984	13	105	212	565	2 879
Počerady	4 726	94	186	732	1 432	7 169
Prunéřov I	1 021	15	46	135	495	1 712
Prunéřov II	5 712	85	246	774	1 380	8 197
Vřesová	4 215	73	166	349	570	5 372
Tisová	2 012	19	94	144	402	2 670
Tušimice	4 179	54	201	551	1 108	6 093

Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Grafické zobrazení ročních externích nákladů pro uvažované zdroje přibližuje Obrázek 6. Zde je i patrná struktura externích nákladů. Významnou měrou se podílí na celkové externalitě dopady na lidské zdraví (úmrtnost a nemocnost), které se pohybují v rozmezí 60 % (Dětmárovice) až 79 % (Hodonín). Další část dopadů je působena změnou klimatu, od 11 % (Vřesová) do 29 % (Prunéřov I). Dopady na snížení biodiverzity v důsledku acidifikace a eutrofizace se pohybují do 10 %, dopady na zemědělskou produkci do 5 % a koroze a zašpinění materiálů přispívají na celkové externalitě cca do 2 %.

Obrázek 6: Roční externí náklady pro stávající zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Dalším výsledkem jsou měrné externí náklady, tj. externí náklady vyjádřené na 1 kWh vyrobené elektřiny v roce 2006. Tabulka 9 a Obrázek 7 pak představuje jednotlivé výpočty pro uvažované zdroje.

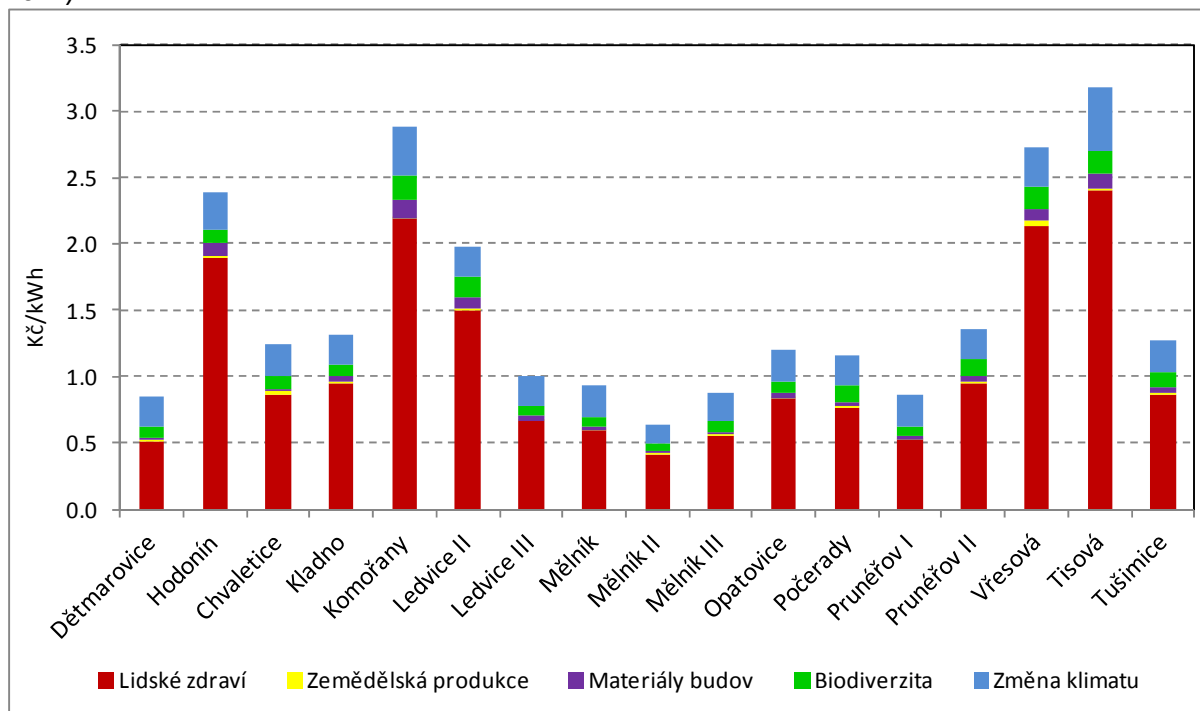
Tabulka 9: Měrné externí náklady pro stávající zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011)

Zdroj	Lidské zdraví	Zemědělská produkce	Materiály budov	Biodiverzita	Změna klimatu	Celkem
Dětmárovice	0,51	0,01	0,02	0,08	0,23	0,85
Hodonín	1,90	0,00	0,10	0,10	0,28	2,39
Chvaletice	0,86	0,02	0,03	0,09	0,24	1,24
Kladno	0,94	0,02	0,04	0,09	0,23	1,32
Komořany	2,19	0,00	0,13	0,19	0,37	2,89
Ledvice II	1,50	0,01	0,08	0,16	0,23	1,98
Ledvice III	0,66	0,01	0,03	0,08	0,22	1,00
Mělník	0,59	0,01	0,03	0,07	0,24	0,94
Mělník II	0,41	0,01	0,02	0,06	0,14	0,64
Mělník III	0,55	0,01	0,02	0,08	0,22	0,88
Opatovice	0,83	0,01	0,04	0,09	0,24	1,20
Počeraďy	0,76	0,02	0,03	0,12	0,23	1,16
Pruněřov I	0,52	0,01	0,02	0,07	0,25	0,87
Pruněřov II	0,95	0,01	0,04	0,13	0,23	1,36
Vřesová	2,13	0,04	0,08	0,18	0,29	2,72
Tisová	2,40	0,02	0,11	0,17	0,48	3,18
Tušimice	0,87	0,01	0,04	0,11	0,23	1,27

Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Z uvedených výstupů je patrné, že nejnižší měrné externality z analyzovaných zdrojů v roce 2006 generovala elektrárna Dětmarovice ve výši 0,85 Kč/kWh, která spaluje černé uhlí. Naopak nejvyšší měrné externality byly vypočteny pro elektrárnu Tisovou ve výši 3,18 Kč/kWh.

Obrázek 7: Měrné externí náklady pro stávající zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

5.2 Odhad externích nákladů pro připravované hnědouhelné zdroje

Roční externí náklady, které jsou vyjádřené v Kč v cenové hladině roku 2011, pro připravované uhelné zdroje prezentuje Tabulka 10 a Obrázek 8. Nejvyšší roční externality generuje komplexní obnova elektrárny Pruněřov II ve výši 2,66 mld. Kč za rok. Nový zdroj Ledvice 660 pak by ročně přispíval na externích nákladech ve výši 2,37 mld. Kč. Připravovaný zdroj Komořany 160 pak by působil externality ve výši 842 mil. Kč za rok.

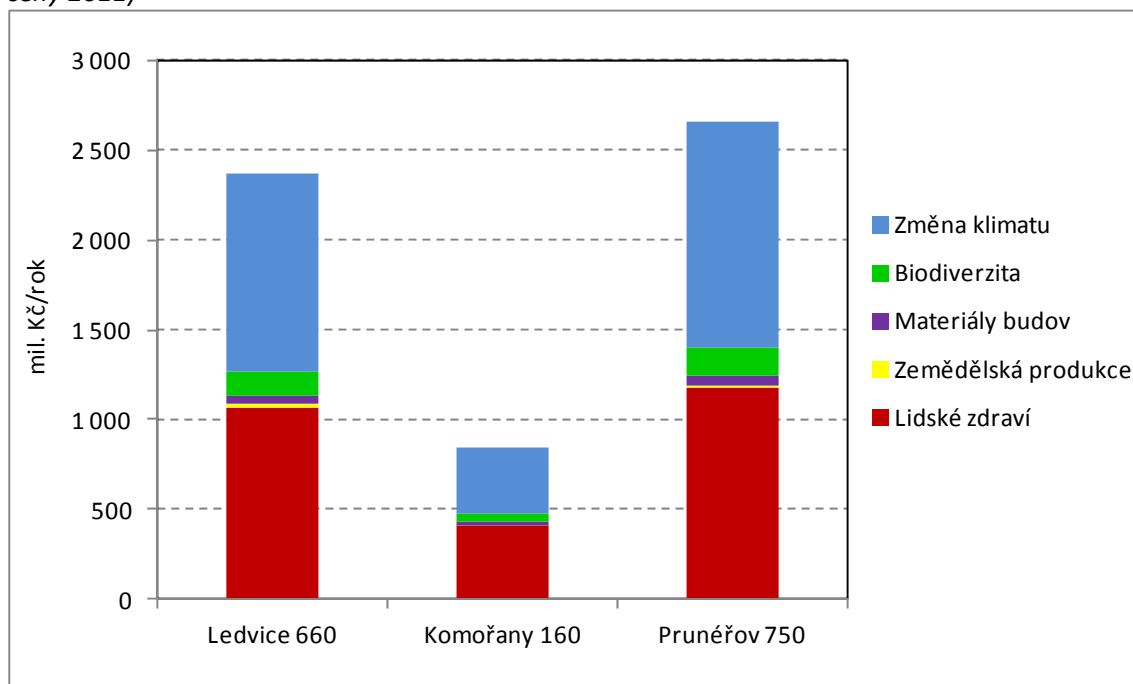
Tabulka 10: Roční externí náklady pro nové uhelné zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011)

Zdroj	Lidské zdraví	Zemědělská produkce	Materiály budov	Biodiverzita	Změna klimatu	Celkem
Ledvice 660	1 069	17	42	141	1 100	2 370
Komořany 160	406	5	17	48	366	842
Pruněřov 750	1 173	20	49	163	1 258	2 663

Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Z hlediska hodnocených dopadů se na celkové externalitě obnovy elektrárny Pruněřov 750 podílí ze 47 % dopady související se změnou klimatu, ze 44 % dopady na lidské zdraví, dopady na biodiverzitu pak tvoří 6 %, koroze a zašpinění materiálů a budov tvoří 2 % a ztráta zemědělské produkce 1 % z celkových dopadů. Obdobná struktura dopadů je u nového zdroje Ledvice 660 a Komořany 160.

Obrázek 8: Roční externí náklady pro nové uhelné zdroje v důsledku výroby elektřiny a tepla (v mil. Kč, ceny 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Pro připravované uhelné bloky byly opět vypočteny měrné externí náklady vyjadřující výši externality na 1 kWh vyrobené elektřiny. Výpočty měrných externalit přibližuje Tabulka 11 a Obrázek 9.

Tabulka 11: Měrné externí náklady pro nové uhelné zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011)

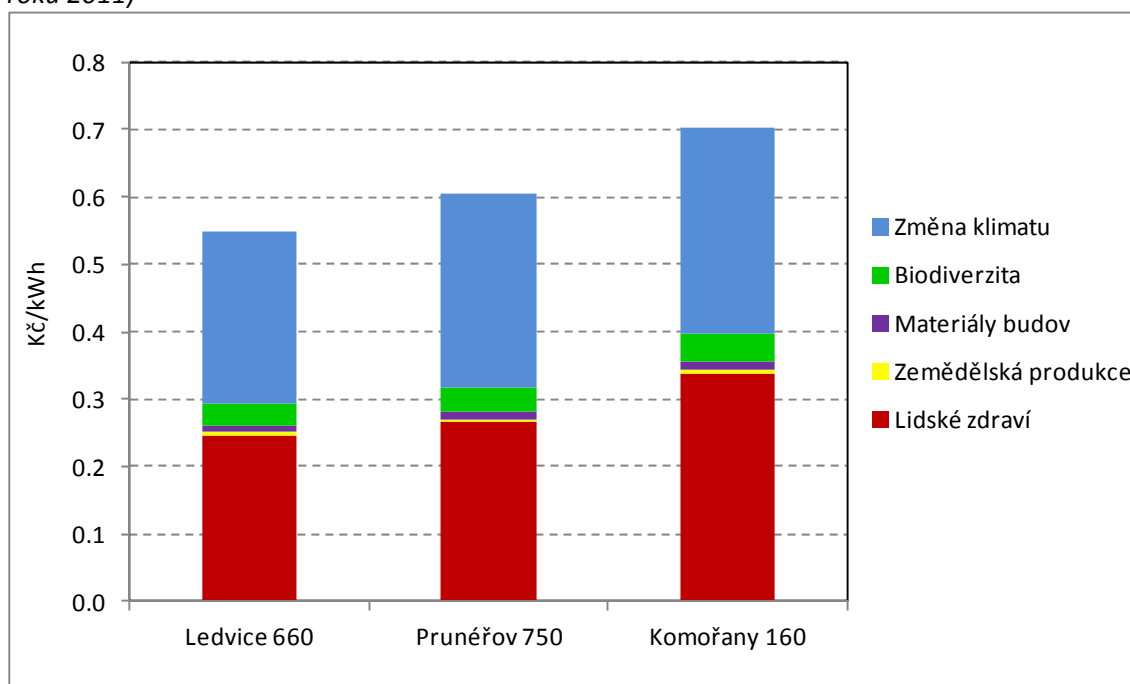
Zdroj	Lidské zdraví	Zemědělská produkce	Materiály budov	Biodiverzita	Změna klimatu	Celkem
Ledvice 660	0,247	0,004	0,010	0,033	0,254	0,547
Pruněřov 750	0,266	0,005	0,011	0,037	0,285	0,604
Komořany 160	0,339	0,004	0,014	0,040	0,305	0,702

Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Nejnižší měrné externí náklady by v průběhu provozu generoval nový zdroj v Ledvicích. Pro tento nový zdroj byla vypočtena externalita ve výši 0,55 Kč na 1 kWh. Naopak nejvyšší měrnou externalitu by generoval nový zdroj v Komořanech a to ve výši 0,7 Kč/kWh. Měrné externí náklady po komplexní obnově elektrárny Pruněřova II by činily 0,6 Kč/kWh.

Z uvedených výstupů je opět patrné, že významnou měrou na externích nákladech se podílí dopady ze změny klimatu a dopady na lidské zdraví. Tak například pro Pruněřov 750 by měrné externality ze změny klimatu činily 0,28 Kč/kWh a měrné externality z dopadů na lidské zdraví pak 0,27 Kč/kWh.

Obrázek 9: Měrné externí náklady pro nové uhelné zdroje na 1 kWh vyrobené elektřiny (v Kč, ceny roku 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

5.3 Odhad externích nákladů pro nové uhelné elektrárny za dobu životnosti zdroje

Jak již bylo zmíněno v části 3.4, pro nové uhelné zdroje byly posuzovány i externí náklady za celou dobu životnosti zdroje. Pro Ledvice 660 se jedná o plánovanou životnost 30 let, Pruněřov 750 pak 25 let a u Komořan 160 se jedná o životnost 20 let. Níže prezentované výpočty vycházejí s metodiky popsané v části 3.4, kdy při výpočtu externích nákladů za celou dobu životnosti elektrárny je uvažován nárůst reálných cen a externality jsou přepočtené na současnou hodnotu pro rok 2011.

Uvedenou agregaci externích nákladů v jejich současné hodnotě za dobu životnosti připravovaných uhelných bloků prezentuje Tabulka 12 a Obrázek 10.

Tabulka 12: Současná hodnota celkových externích nákladů pro nové uhelné elektrárny po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)

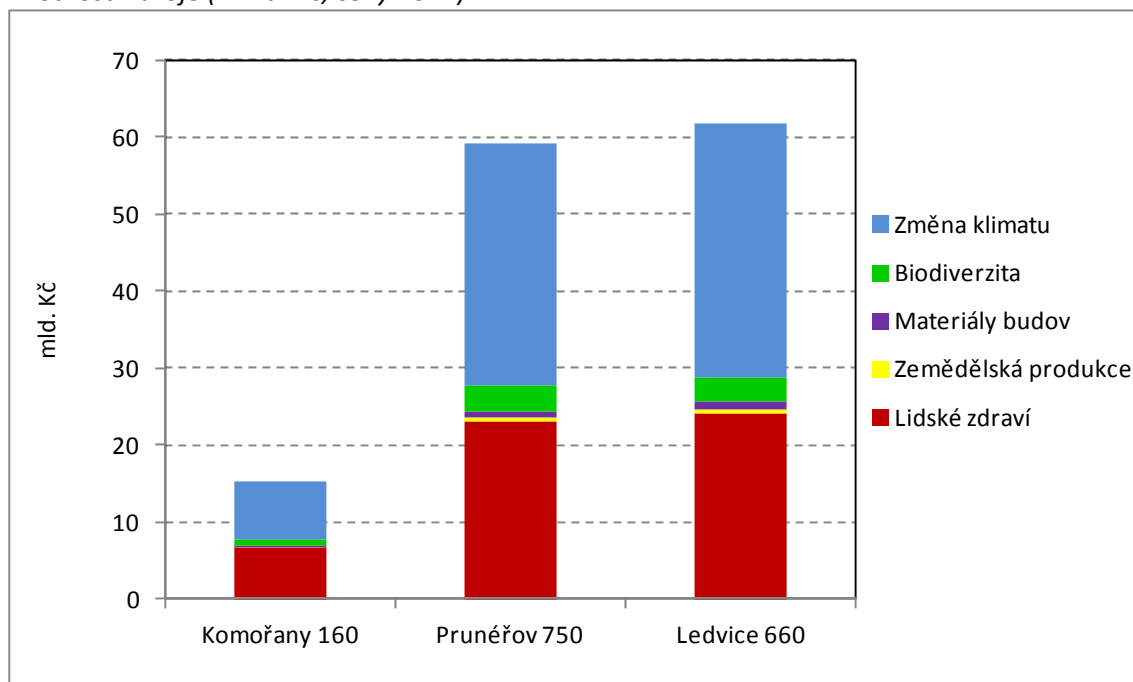
Zdroj	Lidské zdraví	Zemědělská produkce	Materiály budov	Biodiverzita	Změna klimatu	Celkem
Komořany 160	6,71	0,09	0,28	0,79	7,52	15,38
Pruněřov 750	23,07	0,40	0,95	3,20	31,59	59,20
Ledvice 660	24,21	0,39	0,96	3,20	33,03	61,79

Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Jak je z výsledků patrné, nejvyšší externí náklady za celou dobu životnosti by generoval nový zdroj Ledvice 660 a to ve výši 61,79 mld. Kč. Elektrárna Pruněřov II po její komplexní obnově by generovala externí náklady ve srovnatelné výši, 59,2 mld. Kč. Pro nový zdroj Komořany 160 byly agregované externality vypočteny na 15,38 mld. Kč.

Struktura externích nákladů za celou dobu životnosti se nepatrně liší od struktury dopadů prezentované v části 5.2 pro roční a měrné externality uvažovaných zdrojů. Změna klimatu u elektrárny Pruněřov 750 přispívá na celkové externalitě 53 %, dopady na lidské zdraví pak tvoří 39 %, dopady na biodiverzitu činí 5 %. Dopady na materiály budov a zemědělskou produkci se podílejí 3 %. Uvedená struktura jednotlivých kategorií dopadů je obdobná i pro Ledvice 660.

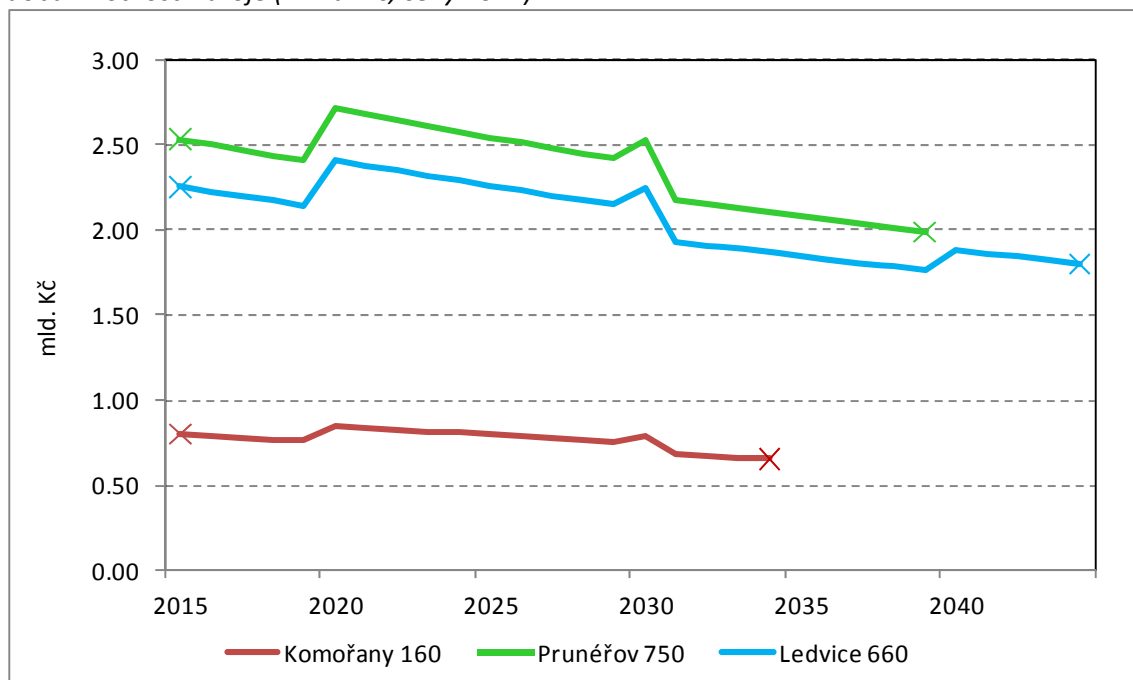
Obrázek 10: Současná hodnota celkových externích nákladů pro nové uhelné elektrárny po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Průběh roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro nový zdroj Ledvice 660, Pruněřov 750 a Komořany 160 představuje Obrázek 11.

Obrázek 11: Roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro nové uhelné elektrárny po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)

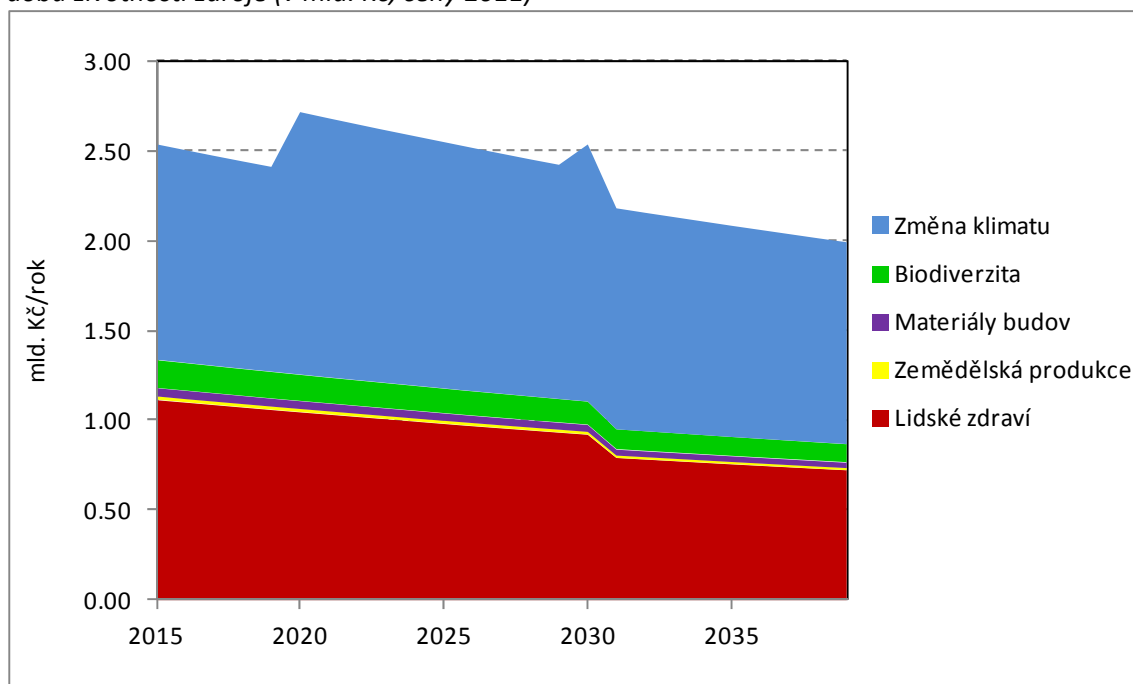


Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Struktura roční bilance diskontovaných externích nákladů za celý průběh životnosti zdroje je vynesena v následujících grafech. Obrázek 12 zobrazuje průběh jednotlivých kategorií dopadů za

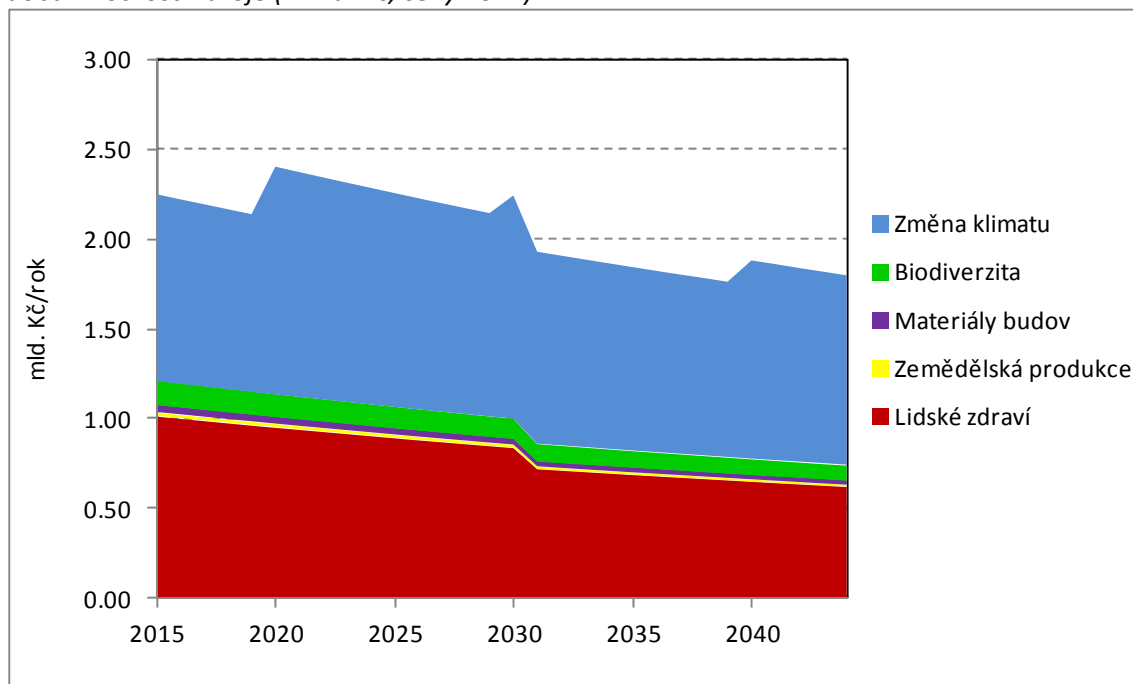
Pruněřov 750, Obrázek 13 přibližuje průběh struktury dopadů pro nový zdroj Ledvice 660 a Obrázek 14 strukturu externích nákladů v čase pro nový zdroj Komořany 160.

Obrázek 12: Struktura roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro Pruněřov 750 po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)



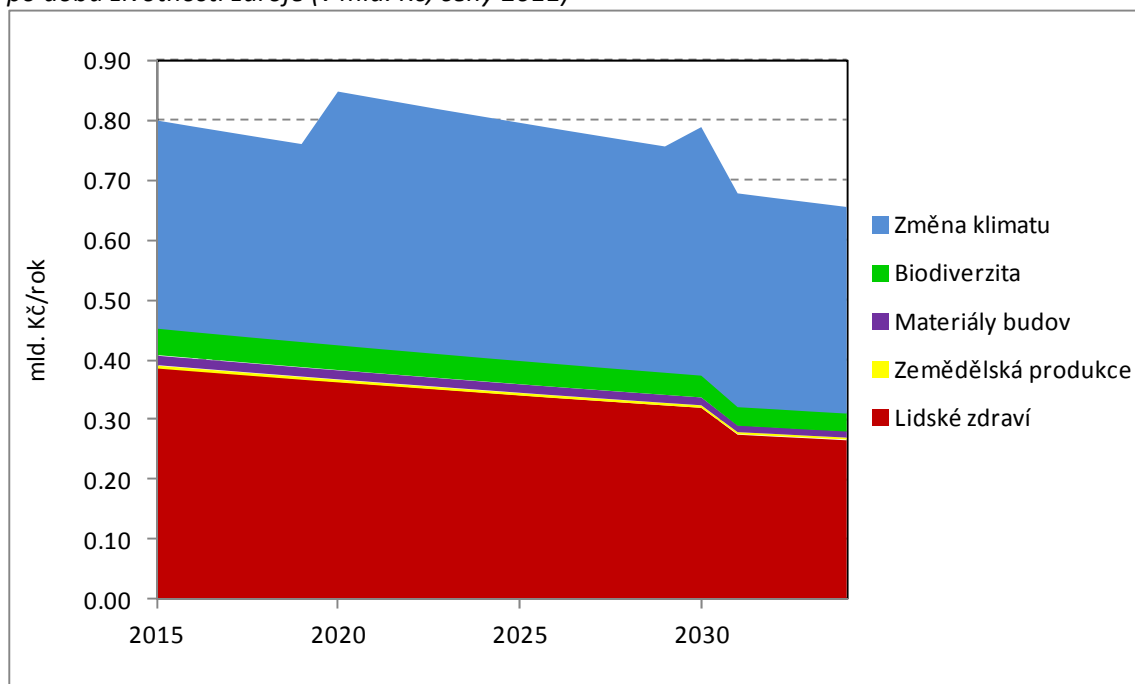
Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Obrázek 13: Struktura roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro Ledvice 660 po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

Obrázek 14: Struktura roční bilance diskontovaných celkových externích nákladů pro Komořany 160 po dobu životnosti zdroje (v mld. Kč, ceny 2011)



Zdroj: výpočty z modelu EcoSenseWeb V1.3 (IER 2012, COŽP UK)

6. Závěr

V této studii je představeno peněžní hodnocení externích nákladů pro významné stávající uhelné parní elektrárny v České republice a pro nově připravované uhelné bloky (Ledvice 660, Prunéřov 750, Komořany 160) pomocí metodiky ExternE. Odhadnuté externí náklady jsou pro jednotlivé uhelné elektrárny porovnány jak na základě celkových ročních externích nákladů, tak i na jednotku výstupu, tj. jako měrné externí náklady na 1 kWh vyrobené elektřiny. Pro nově připravované bloky jsou externí náklady vyjádřeny rovněž jako současná hodnota externalit za celou dobu (plánované) životnosti zdroje.

Metodika ExternE hodnotí specifické mezní dopady různých technologií, při užití jednotlivých typů paliv, v určitém místě a čase. Implementace metodiky v softwarovém modelu EcoSenseWeb použitá pro hodnocení umožňuje kvantifikovat významné dopady na lidské zdraví, zemědělskou produkci a budovy a materiály, které vznikají v důsledku znečišťování ovzduší emisemi SO₂, NO_x, tuhých částic frakce PM₁₀ a PM_{2,5} a organických látek z energetických procesů; v modelu jsou zohledněny i atmosférické transformace vedoucí ke zvýšení koncentrací sekundárních polutantů – ozonu, sulfátů a nitrátů.

V měřítku celkových externích nákladů generuje nejvyšší dopad elektrárna Prunéřov II ve výši 8,2 mld. Kč ročně, následovaná elektrárnou Počerady (7,2 mld. Kč ročně) a elektrárnou Tušimice (6,1 mld. Kč ročně). Dominantní kategorií dopadů jsou škody na lidském zdraví, druhou nejvýznamnější kategorií dopadů jsou škody ze změny klimatu. Výrazně odlišně vypadá porovnání z hlediska měrné externality na vyrobenou kWh elektřiny – nejvyšší měrnou externalitu produkuje elektrárna Tisová ve výši 2,39 Kč/kWh, následována elektrárnou Komořany (2,89 Kč/kWh) a elektrárnou Vřesová (2,72 Kč/kWh).

V případě připravovaných zdrojů bude v měřítku ročních externích nákladů největším producentem zdroj Prunéřov 750 (2,7 mld. Kč za rok), následovaný zdrojem Ledvice 660 (2,4 mld. Kč za rok). Ve vyjádření měrné externality pak dominuje zdroj Komořany 160 (0,7 Kč/kWh), následovaný zdrojem Prunéřov 750 (0,6 Kč/kWh) a nejnižší měrnou externalitou zdroj Ledvice 660 (0,55 Kč/kWh). Pokud bychom však uvažovali současnou hodnotu celkových externích nákladů za celou dobu životnosti, zdroj Ledvice 660 vyprodukuje nejvyšší částku (61,8 mld. Kč), s malým odstupem pak následuje zdroj Prunéřov 750 (59,2 mld. Kč). Dominantní kategorií dopadů se, s ohledem na v čase rostoucí společenské dopady emisí skleníkových plynů, stává příspěvek ke změně klimatu, následovaná dopady na zdraví.

Použitá literatura

- AEA Technology (1999). Economic valuation of air quality targets for CO and benzene. Report to European Commission DG XI, Brussels.
- AEA Technology (2011) Cost Benefit Analysis for the Revision of the National Emission Ceilings Directive: Policy Options for revisions to the Gothenburg Protocol to the UNECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution, Report to European Commission, Didcot.
- Andrle, M., Brůha, J. (2004) Význam forem diskontování v ekonomickém modelování. Politická ekonomie, 52 (6), str. 757–771.
- Anthoff, D. (2007) Report on marginal external damage costs inventory of greenhouse gas emissions. Delivery 5.4 - RS 1b. Zpráva k projektu IP NEEDS.
- Baumol, W. J., Oates, W. E. (1988) The Theory of Environmental Policy, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- Brode, R. W., Wang, J. (1992) User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC2) Dispersion Model. Vols.1-3, EPA 450/4-92-008a, EPA 450/4-92-008b, and EPA 450/4-92-008c. US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- Bucek, J. (2008) Příspěvková rozptylová studie: Rozptylová studie - komplexní obnova elektrárny Pruněřov II 3x 250 MWe, Brno, prosinec 2008. In Horák, J. Dokumentace záměru Komplexní obnova elektrárny Pruněřov II 3 x 250 MWe dle zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění. SCES - Group, spol. s r. o.
- Bucek, J. (2011) Rozptylová studie – komplexní obnova elektrárny Pruněřov II. Příspěvková rozptylová studie. Bucek s.r.o.: Brno, únor 2011.
- Clarke, L. B. (1996) Externalities and Coal-fired Power Generation, IEAPER/29, IEA Coal Research, London.
- Dvořák, A., Brůha, J., Brůhová-Foltýnová, H., Melichar, J., Ščasný, M. (2007) Kapitoly z ekonomie přírodních zdrojů a oceňování životního prostředí. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Oeconomica, 2007.
- EEA (2011) Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe, EEA Technical report 15/2011, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- ENTEC (2000) Economic evaluation of air quality limits for heavy metals. Report to European Commission DG XI: Brussels.
- Evropská komise (2005) ExternE: Externalities of Energy, Methodological 2005 Update. European Commission, Directorate-General for Research. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Evropská komise (1995). ExternE Externalities of Energy. Vol 2 – Methodology. A Report produced for the EC – DG XII, Luxembourg: Office of Publications for the European Communities.
- Freeman, A. M. III. (1993) The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods. Resources for the Future. Washington. ISBN 1-89185-362-7.
- Hohmeyer, O. (1988) Social Costs of Energy Consumption. Springer Verlag. Berlin.
- Holland, M. R., Forster, D., King, K. (1999) Cost-benefit analysis for the Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone in Europe. Publication n. 133. The Hague, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- Horák, J. (2008) Dokumentace záměru Komplexní obnova elektrárny Pruněřov II 3 x 250 MWe dle zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění. SCES - Group, spol. s r. o.: Ústní nad Labem, prosinec 2008.
- International Energy Agency (1995) Global Warming Damage and the Benefits of Mitigation. Cheltenham: IEA Greenhouse gas R&D programme.
- IVM (1999) Economic evaluation of air quality targets for fine particles, SO₂, NO₂ and lead. Report to European Commission DG XI, Brussels.
- Kolstad, C. D. (2000) Environmental Economics, Oxford University Press.
- Krewitt, W., Trukenmueller, A., Mayerhofer, P., Friedrich, R. (1995) EcoSense – an Integrated Tool for Environmental Impact Analysis. In Space and Time in Environmental Information Systems.

- Umwelt-Informatik aktuell, Vol. Band 7 (Eds, Kremers, H. and Pillmann, W.) Metropolis-Verlag, Marburg Germany.
- Kubíček, J., Víték, L. (2010) Hodnocení veřejných projektů z hlediska společenské míry diskontace. Politická ekonomie, 3, str. 291-304.
- Melichar, J., Ščasný, M., Máca, V., Havránek, M. (2011) Hodnocení externích nákladů energetiky analýzou drah dopadů. Certifikovaná metodika č. 11697/ENV/11. Ministerstvo životního prostředí, Odbor ekonomických nástrojů, 25. 2. 2011.
- Motl, L. (2006) Nový zdroj 660 MW v Elektrárně Ledvice. Oznámení záměru dle zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění. Environmentální a ekologické služby s.r.o.: Litvínov, červen 2006.
- Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Resources for the Future (RfF) (1994–1998) External Costs and Benefits of Fuel Cycles (Reports 2–8). McGraw-Hill Utility Data Institute, Washington.
- OECD (2006) Cost-Benefit Analysis and the Environment. Recent Developments. Secretary-General of the OECD. Paris, France. ISBN 92-64-01004-1.
- Ottinger, R. L., Wooley, D. R., Robinson, N. A., Hodas, D. R., Babb, S. E. (1990) Environmental Costs of Electricity, Oceana Publications. Inc., New York.
- Pearce, D., Bann, C., Georgiou, S. (1992) The Social Cost of Fuel Cycles, Report to the UK Department of Trade and Industry, London: HMSO.
- Preiss, P., Klotz, V. (2008) EcoSenseWeb V1.3, User`s Manual & „Description of Updated and Extended Draft Tools for the Detailed Site-dependent Assessment of External Costs“, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
- Preiss, P., Friedrich, R., Klotz, V. (2008) Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated data. Deliverable n 1.1 - RS 3a. Zpráva k projektu IP NEEDS.
- Ramsey, F. (1928) A Mathematical Theory of Savings. Economic Journal, str. 543-559.
- Rous, J. (2006) Teplárna Komořany – Nový zdroj Komořany III. Dokumentace o posuzování vlivů na životní prostředí dle zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění. Terén Design, s.r.o.: Teplice, prosinec 2006.
- Simpson, D. (1992) Long period modelling of photochemical oxidants in Europe. Calculations for July
- Smetana, R., Mužáková, J. (2006) Elektrárna Ledvice. Nový zdroj v Elektrárně Ledvice. Rozptylová studie. EkoMod: Liberec, květen 2006. In Motl, L. Nový zdroj 660 MW v Elektrárně Ledvice. Oznámení záměru dle zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění. Environmentální a ekologické služby s.r.o.
- Torfs, R., Hurley, F., Miller, B., Rabl, A. (2007) A set of concentration-response functions. Deliverable 3.7 – RS1b/WP3. Zpráva k projektu IP NEEDS.
- Trukenmüller, A., Friedrich, R. (1995) Die Abbildung der großräumigen Verteilung, chemischen Umwandlung und Deposition von Luftschadstoffen mit dem Trajektorienmodell WTM, Jahresbericht ALS, Stuttgart, s. 93–108.
- US EPA (2011) The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020, Office of Air and Radiation, Washington: US EPA.

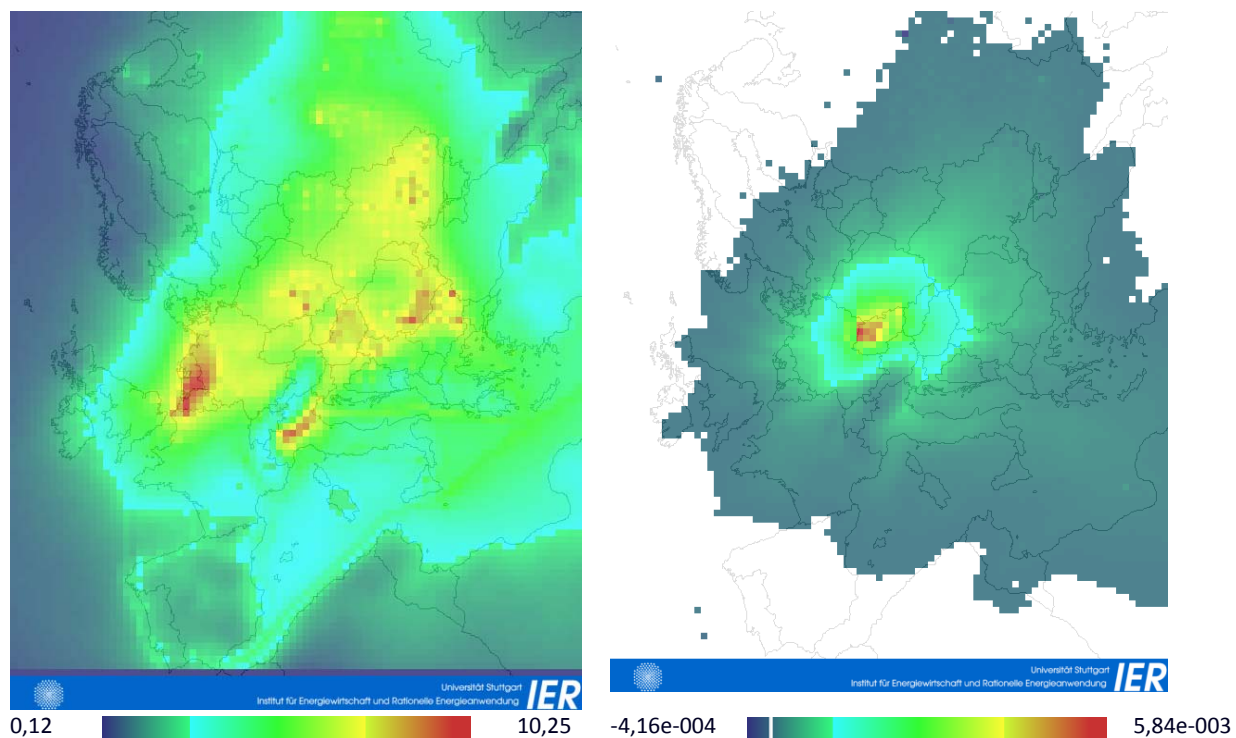
Další zdroje

- ČHMÚ (2006) Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO). Český hydrometeorologický ústav.
- ERÚ (2006a) Roční zpráva o provozu ES ČR za rok 2006. Energetický regulační úřad.
- ERÚ (2006b) Výsledné ceny tepelné energie v ČR - 2006. Energetický regulační úřad.
- ExterneE-Pol: Externalities of Energy: Extension of accounting framework and Policy Applications. Evropská komise, 5. Rámcový program (2002–2004). <http://www.externe.info/exterpol.html>
- HEIMTSA: Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Assessment. Evropská komise, 6. Rámcový program (2007–2011). <http://www.heimtsa.eu/>
- IP NEEDS: New Energy Externalities Development for Sustainability. Evropská komise, 6. Rámcový program (2004–2009). <http://www.needs-project.org>
- IER (2012) EcoSenseWeb. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart. <http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de/>

VaV/320/1/03: Externí náklady výroby elektřiny a tepla v podmínkách ČR a metody jejich internalizace. Ministerstvo životního prostředí (2003-2005). <http://www.czp.cuni.cz>

Přílohy

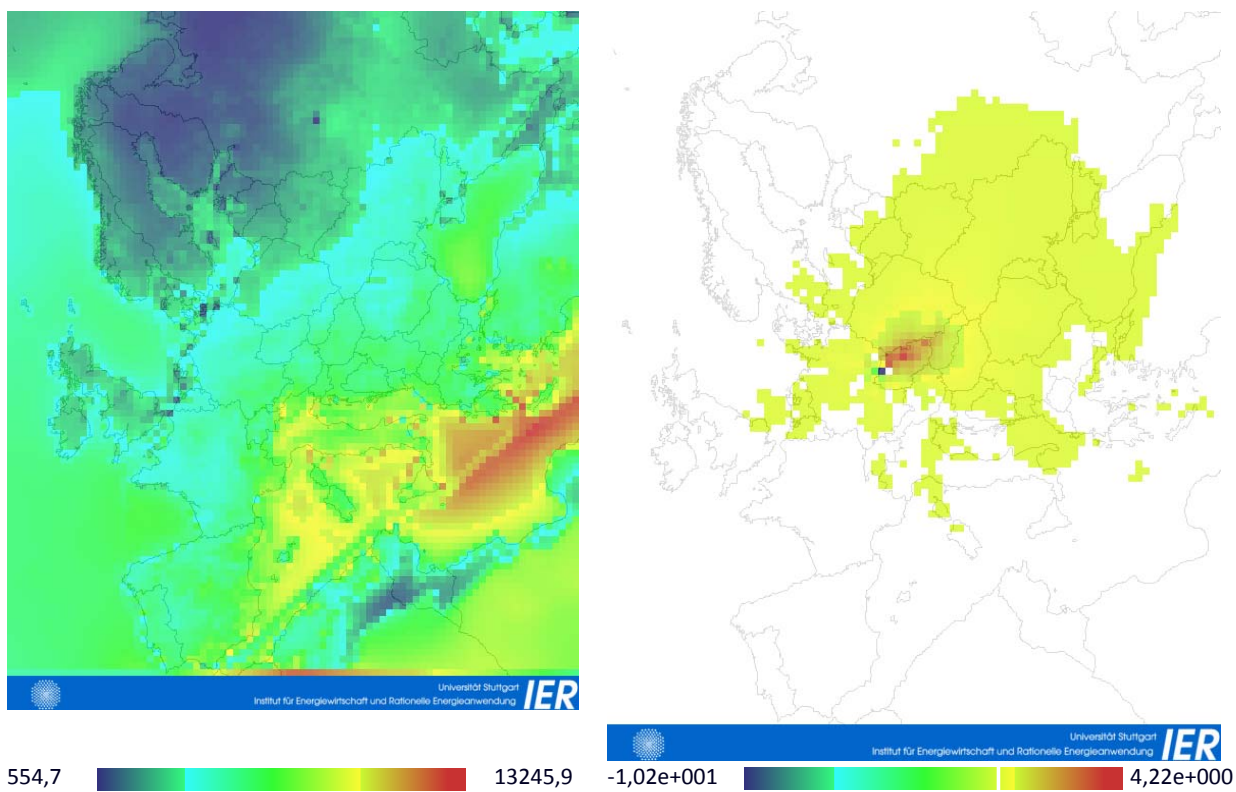
Obrázek 15: Pozadové koncentrace sekundárních anorganických aerosolů (vlevo) a jejich modelový vznik (vpravo) v modelovém prostředí EcoSenseWeb V1,3 (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Zdroj: výstup z modelu EcoSenseWeb V1,3 (IER 2012)

Poznámka: Jedná se o mapové výstupy pro sekundární anorganické aerosoly pro plánovaný uhlíkový zdroj Pruněřov II 3 x 250 MWe,

Obrázek 16: Požadované koncentrace troposférického ozonu (vlevo) a modelový vznik tohoto sekundárního polutantu (vpravo) v modelovém prostředí EcoSenseWeb V1,3 (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Zdroj: výstup z modelu EcoSenseWeb V1,3 (IER 2012)

Poznámka: Jedná se o mapové výstupy pro troposférický ozon pro plánovaný uhelný zdroj Pruněřov II 3 x 250 MWe,

Tabulka 13: Přehled funkcí koncentrace-odezva pro tuhé částice (PM₁₀ a PM_{2,5}) a ozon

Dopad na zdraví	Škodlivina	Populace vystavená riziku (věk)	Funkce koncentrace-odezva (95% interval spolehlivosti)	Jednotky
Chronická úmrtnost				
Snížení věku dožití	PM _{2,5}	30+	651 (127; 1194)	YOLL za 10 µg/m ³ na 100 000 dospělých
Dětská úmrtnost				
Zvýšené riziko úmrtí	PM ₁₀	0–1	4% (2%; 7%)	za 10 µg/m ³
Akutní úmrtnost				
Zvýšené riziko úmrtí	O ₃ /SOMO35	všichni	0,30% (0,1%; 0,43%)	za 10 µg/m ³
Nemocnost				
Nové případy chronické bronchitidy	PM ₁₀	27+	26,5 (-1,9; 54,1)	za rok, za 10 µg/m ³ , na 100 000 dospělých ve věku 27+
Nové případy chronické bronchitidy	PM _{2,5}	27+	53,3 (-1,7; 113,4)	za rok, za 10 µg/m ³ , na 100 000 dospělých ve věku 27+
Hospitalizace s respiračními chorobami	PM ₁₀	celá populace	7,03 (3,83;10,3)	za rok, za 10 µg/m ³ , na 100 000 osob
Hospitalizace s chorobami srdce	PM ₁₀	celá populace	4,34 (2,17; 6,51)	za rok, za 10 µg/m ³ , na 100 000 osob
Návštěva praktického lékaře				
Den s omezenou aktivitou (RAD)	PM _{2,5}	15–64	902 (792;1013)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dospělých ve věku 15–64
Dny pracovní neschopnosti (WLD)	PM _{2,5}	15–64	207 (176; 208)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dospělých ve věku 15–64
Den s mírně omezenou aktivitou (MRAD)	PM _{2,5}	18–64	577 (468; 686)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dospělých ve věku 18–64
Medikace/užití bronchodilatátoru	PM ₁₀	PEACE kritéria pro astma 5–14	180 (-690; 1060)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 astmatických dětí (dle PEACE kritérií)
	PM ₁₀	astmatici 20+	912 (-912; 2774)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dospělých ve věku 20+
Příznaky onemocnění dolních cest dýchacích	PM ₁₀	dospělí (30%)	1,3 (0,15; 2,43)	dnů s příznaky za rok, za 10 µg/m ³ na dospělého s chronickými respiračními příznaky
	PM ₁₀	5–14	1,86 (0,92; 2,77)	dnů s příznaky za rok, za 10 µg/m ³ na dítě ve věku 5–14
Hospitalizace s respiračními chorobami	O ₃ /SOMO35	65+	12,5 (-5; 30)	za rok, za 10 µg/m ³ na 100 000 osob ve věku 65+
	O ₃ /SOMO35	15–64	1,6 (1,22; 2,03)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dospělých ve věku 15–64
Den s mírně omezenou aktivitou (MRAD)	O ₃ /SOMO35	18–64	115 (44; 186)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dospělých ve věku 18–64
	O ₃ /SOMO35	5–14 astma	310 (44; 569)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 dětí ve věku 5–14
	O ₃ /SOMO35	20+ astma	730 (-225; 1570)	za rok, za 10 µg/m ³ na 1000 astmatických dospělých ve věku 20+
Příznaky onemocnění dolních cest dýchacích (mimo kašle)	O ₃ /SOMO35	5–14	0,16 (-0,43; 0,81)	dnů s příznaky za rok, za 10 µg/m ³ na dítě ve věku 5–14
Dny s kašlem	O ₃ /SOMO35	5–14	0,93 (-0,19; 2,22)	dnů za 10 µg/m ³ na dítě ve věku 5–14

Zdroj: Torfs a kol. (2007)

Poznámka: YOLL – rok ztraceného života (*Year of Life Lost*)

Poděkování

Tento text vznikl s finanční podporou TA ČR v rámci projektu TA02021165 / *Integrované hodnocení rizik a dopadů na materiály, ekosystémy a zdravotní stav populace v důsledku expozice atmosférickým znečišťujícími látkám.*

Upozornění

Názory prezentované v této studii nevyjadřují oficiální stanovisko Centra pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, ani Technologické agentury ČR.