

Dopady znečištění ovzduší na lidské zdraví: zranitelnost – přizpůsobivost

Ústecký kraj, Česká republika



**Ing. Anna Lehká, Mgr. Eva Michálková, Ing. Tomáš Peřina,
MUDr. Eva Rychlíková**

Analýza zranitelnosti Ústeckého kraje

Ústecký kraj

Ústecký kraj se nachází na severozápadě České republiky. Jeho severozápadní hranice je zároveň státní hranicí se Spolkovou republikou Německo a jeho spolkovou zemí Sasko.

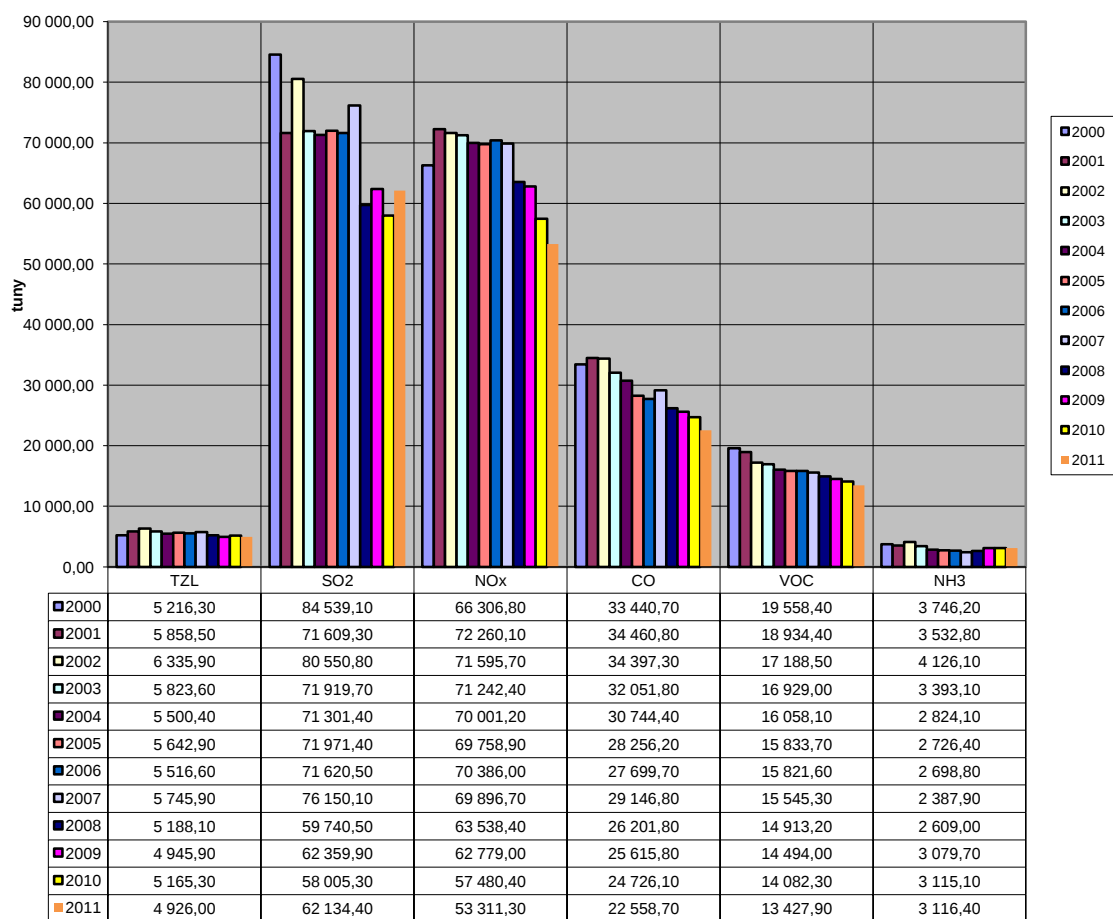
Obyvatelstvo: 827 508 (30. 3. 2012)
Rozloha kraje: 5 335 km² (533 500 ha)
Obce: 354

V regionu lze rozlišit čtyři oblasti, které se od sebe navzájem významně liší. Oblast s vysoce rozvinutým průmyslem je soustředěna zejména na území Krušných hor (okresy Chomutov, Most, Teplice, částečně Ústí nad Labem). Mezi významná průmyslová odvětví v této oblasti patří energetika, těžba uhlí, strojírenství, chemický a sklářský průmysl. Další oblast zahrnuje oblasti Litoměřicka a Lounska, které jsou důležité svou produkcí chmele, vína, ovoce a zeleniny. V oblasti Děčína se soustředí zejména lehké strojírenství a zpracovatelský průmysl. Tato oblast, spolu se Šluknovským výběžkem, slouží díky svým přírodním zdrojům zejména k rozvoji turismu.

Anotace

Hladiny a vývoj znečištění ovzduší

Kvalita ovzduší je o hodně lepší než před 20 lety. Emise znečišťujících látek v ústeckém kraji výrazně klesly. Od roku 1994 snížily velké zdroje znečištění, které mají 70% podíl na celkových emisích stacionárního zdroje, své emise pevných částic o 94 %, a podobného snížení bylo dosaženo také u středních a malých zdrojů znečištění. Jedním z důvodů je vysoká míra urbanizace a menší počet rodinných domů a lokálních kotlen. Na území Ústeckého kraje byly definovány oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší kvůli překročení limitu prachových částic (denní limit) a NO₂ (roční limit). Roční limit NO₂ byl překročen na dvou územích ORP (ORP – obec s rozšířenou působností) Děčín a Ústí nad Labem. Roční limit benzo(a)pyrenu, představujícího zdravotní riziko, byl překročen téměř na všech územích ORP v kraji, kromě ORP Bílina, Litvínov a Most.



Zdroj: ČHMÚ

Obr. 1 – Celkové emise základních škodlivin v ovzduší v letech 2000 až 2011

Zkratky

HIA: analýza dopadů na zdraví

O3 : ozon

PM10 : pevná prachová částice s aerodynamickým průměrem <10 µm

PM2.5 : pevná prachová částice s aerodynamickým průměrem <2.5 µm

SO2: Oxid siřičitý

NO2: Oxid dusičitý

Úvod

Znečištěné ovzduší patří mezi faktory spojované s nemocemi ovlivněnými životním prostředím. U onemocnění dýchacího ústrojí, která se rozvíjejí z různých důvodů, patří znečištěné ovzduší mezi hlavní příčiny a/nebo přetěžující okolnosti. Lidské plíce jsou orgánem, který je nejvíc vystaven vlivům prostředí, protože během dýchacího procesu je inhalováno přibližně 20 000 litrů vzduchu denně. Problém znečištění, který se objevil v souvislosti s dopravou, v posledních letech stále narůstá.

Města slouží jako místo pobytu pro významnou část populace, která v nich tráví většinu života, a tím pádem změny v kvalitě životního prostředí ve městech značně ovlivňují kvalitu života velké části populace. Zplodiny související s dopravou, obzvláště výfukové plyny motorových vozidel, se staly závažným zdrojem potíží s kvalitou ovzduší. V posledních letech, s vývojem cen energií, se nezanedbatelným problémem stala tzv. „energetická chudoba“. Hodně lidí je nuceno vrátit se ke spalování tradičních paliv, když řeší individuální vytápění. To je znepokojivé zejména v menších obcích a příměstských aglomeracích.

Dnes je jedním z klíčových zdravotních problémů spojených s životním prostředím znečištěné ovzduší. O vlivu velmi vysokých občasných koncentrací škodlivin v ovzduší na zdraví bylo sepsáno velké množství publikací. V posledních letech jsou nejzávažnějšími škodlivinami v ovzduší prachové částice, ale vliv oxidů dusíku a ozónu by rovněž neměl být ignorován.

Popis konkrétních škodlivin v ovzduší

Oxidy dusíku (NO_2): Vznikají primárně z výfukových plynů motorových vozidel a při výrobě elektrické energie a tepla. Ve venkovním prostředí se monoxid dusíku (NO) následkem oxidace rychle přeměňuje na NO_2 . Koncentrace NO_2 je indikátorem parametrů znečištění ovzduší souvisejícího s dopravou. V Evropské Unii pochází více než polovina emisí NO_x z dopravy a tento poměr může být ve velkých městech ještě větší.

Účinky oxidu dusičitého na zdraví

Oxid dusičitý je dráždivý plyn. Reakce oxidu dusičitého s ostatními škodlivinami v ovzduší (prachové částice a ozon) bývají vysoce komplexní a proto je velmi složité v epidemiologických studiích vyhodnotit vliv NO_2 samostatně. Z tohoto důvodu se dopady na zdraví NO_2 primárně stanovují na základě výsledků experimentů se zvířaty. Oxid dusičitý a produkty jeho reakcí zvyšují riziko snížené funkce plic a různých respiračních projevů. Při extrémně vysokých koncentracích dráždí dýchací ústrojí jak u astmatiků, tak i osob bez astmatu. Bylo prokázáno, že mezi lidmi žijícími u rušných silnic se vyskytuje větší počet astmatiků. Vysoké koncentrace oxidů dusíku přispívají k problémům se srdcem a plícemi, a kromě toho narušují imunitu lidského těla vůči infekcím dýchacího ústrojí.

Oxid siřičitý (SO_2): Primárně se tvoří při spalování tuhých paliv, která obsahují síru. Mezi hlavní původce patří energetický průmysl, spalování uhlí a silniční doprava. V poslední době emise oxidu siřičitého značně poklesly.

Účinky oxidu siřičitého na zdraví

Zdravotní riziko oxidu siřičitého v ovzduší je již dlouho známé. Vysoké koncentrace oxidu siřičitého podněcují záněty dýchacího ústrojí. Osoby, které trpí astmatem, reagují hůře než zdraví lidé. Oxid siřičitý zvyšuje celkovou denní úmrtnost a také riziko úmrtí na nemoci krevního oběhu a nemoci dýchacího ústrojí. Dále dráždí dýchací ústrojí, způsobuje záněty průdušek a snižuje funkci plic.

Ozon (O_3) Přízemní ozon je sekundární škodlivina, která vzniká z primárních škodlivin fotochemickou reakcí. Mezi prvotní škodliviny patří oxidy dusíku z výfukových plynů motorových vozidel, těkavé organické sloučeniny a také rozpouštědla. Slunečním zářením produkují oxidy dusíku ozon, který je jedním z indikátorů parametrů fotochemického smogu.

Účinky ozonu na zdraví

Ozon má nepříjemný zápach, dráždí oči a sliznice dýchacích orgánů a zhoršuje chronická onemocnění, zejména bronchitidu a astma. I v případě zdravých osob dlouhodobá fyzická zátěž výrazně snižuje funkci plic, která může být doprovázena nevolností, pocitem na zvracení, kašlem a

bolestmi na hrudi. Ozon může též vyvolávat záněty dýchacího ústrojí. Vysoké koncentrace ozonu výrazně zhoršují potíže osob s pylovými alergiemi.

Oxid uhelnatý (CO) Oxid uhelnatý je toxický plyn bez barvy a zápachu. Vzniká při nedokonalém spalování uhlíkatých sloučenin. Je indikátorem parametrů znečištění ovzduší souvisejícího s dopravou.

Účinky oxidu uhelnatého na zdraví

Oxid uhelnatý zhoršuje schopnost krve vázat kyslík a může vést ke stavům spojeným s nedostatkem kyslíku. Mezi příznaky otravy oxidem uhelnatým patří bolest hlavy, zvracení a ve vážných případech mdloby a smrt – přičemž účinky krátkodobé expozice jsou zvrátelné. Příznaky trvalých následků: bolest hlavy, závratě, nespavost, bolesti na hrudi, nemoci nervového systému, zvýšený výskyt srdečních infarktů.

Vědecké důkazy o vlivu prachových částic (PM) na zdravotní stav městské populace jsou stejné pro různé části světa jak v rozvinutých, tak i v rozvojových zemích. Tyto účinky jsou velmi rozmanité: primárně se týkají dýchacího a oběhového systému a liší se v závislosti na věku a zdravotním stavu. Riziko individuálních účinků se zvyšuje v závislosti na expozici jejich vlivu. I když neexistují žádné adekvátní důkazy, že existuje hladina koncentrace, která nemá žádné účinky, škála koncentrací, které vyvolávají prokazatelné účinky na lidské zdraví, se příliš neliší od průměrných koncentrací naměřených v ovzduší. Epidemiologické studie prokázaly, že prachové částice mají jak krátkodobé, tak dlouhodobé negativní účinky na zdraví.

Vznik a vlastnosti prachových částic (PM)

Prachové částice vznikají z antropogenních a neantropogenních zdrojů, vykazují velkou diverzitu, co se týče chemických, fyzikálních a aerodynamických vlastností, což poměrně komplikuje analýzu expozice a rizik. Klíčovým aspektem klasifikace PM je analýza aerodynamických vlastností, z nichž nejdůležitější je velikost částice, která je považována za klíčový rozlišovací prvek PM. Podle velikosti lze vytvořit tři hlavní skupiny: největší jsou hrubé částice s průměrem 2.5–10 μm , následují částice s průměrem menším než 2.5 μm , a konečně extra jemné prachové částice o velikosti méně než 0.1 μm . Velká část, až 50 % PM_{10} , může potenciálně patřit do skupiny $\text{PM}_{2.5}$. V prostředí měst je stejný výskyt částic s větším i menším průměrem, protože částice s větším průměrem vznikají hlavně mechanicky, např. při stavebních pracích, při frézování povrchu silnic a následkem větru. Na druhou stranu částice pod 2.5 μm mohou primárně vznikat z plynů, které vznikají při spalování výfukových produktů dieselových motorů. Skupina jemných částic obsahuje většinou nitráty, sulfáty, amonné ionty, uhlíkové částice a zrnka jiných organických látek, ale tyto částice mohou také pocházet z tabákového kouře, protože tyto částice patří do skupiny 0.15–0.4 μm . Více než 2/3 skupiny $\text{PM}_{2.5}$ jsou antropogenního původu.

Měření PM

Skupina s velikostí pod 10 μm je definována od roku 1987 a v roce 1997 začalo stanovování skupiny pod 2.5 μm . V současnosti stojí za zdůraznění dvě hlavní studované skupiny velikostí: skupina s velikostí méně než 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$) a velikost pod 10 μm (PM_{10}). Je důležité zaznamenat, že částice, které se nacházejí ve venkovním ovzduší, lze nalézt i uvnitř budov, a někdy je obsah PM uvnitř budov jedenapůlkrát vyšší než ve venkovním vzduchu.

Expozice

Velikost PM je důležitá též pro posouzení vystavení jejich vlivu, protože PM_{10} mohou vniknout do průdušek, zatímco $\text{PM}_{2.5}$ vnikají i do průdušinek a plicních sklípků. V souvislosti s dopady PM na zdraví je dalším významným aspektem délka expozice, a následně mohou být definovány limity pro 24hodinové hodnoty.

Dopady na zdraví

Máme epidemiologické, klinické, experimentální a toxikologické důkazy o vlivu PM na zdraví. (Zdravotní aspekty znečištění ovzduší prachovými částicemi, ozonem a oxidem uhelnatým - Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide <http://www.euro.who.int/document/e79097.pdf>). PM v první řadě způsobují lokální záněty, následuje exacerbace existujících onemocnění dýchacího ústrojí, hyperaktivita, oxidační stres, spuštění některých procesů signální transdukce (NF- κ B, AP-1, zvýšená koncentrace Ca^{++} , aktivace kinázy, fosforylace, exprese genů, translace), snížení obranných mechanismů plic. Je též prokázán jejich vliv na úmrtnost pacientů s COPD a exacerbace této nemoci. V případě pacientů s astmatem byla

popsána zvýšená frekvence exacerbace onemocnění a zvýšená potřeba léků. Když jsou jemné prachové částice absorbovány plicními sklípky, vnikají do intersticiální oblasti plic a způsobují zánět, spouští produkci c-reaktivního proteinu, který zas odstartuje proces srážení krve, čím následně vede k nebezpečí vzniku trombusu (<http://www.advisorybodies.doh.gov.uk/comeap/statementsreports/CardioDisease.pdf>). Byl zaznamenán nárůst úmrtnosti v souvislosti s kardiovaskulárními chorobami a četností hospitalizací. Zřejmá korelace byla také prokázána mezi četností výskytu zápalu plic, systémové zánětlivé reakce, endoteliální dysfunkce, ateromatózy, rakoviny plic a expozici PM.

Tabulka 1 – Odhadovaný dopad znečištění prachovými částicemi na celkovou denní úmrtnost a míru hospitalizací založený na výsledcích studií APHEA2 a NMMAPS

	Popis studie	
	APHEA2*	NMMAPS*
Nárůst celkové úmrtnosti způsobený zvýšením 10 µg/m ³ PM10	0.6% (0.4 – 0.8%)	0.5% (0.1 – 0.9%)
Nárůst hospitalizací kvůli COPD+ (APHEA2: COPD a astma) u osob starších 65 let, zvýšením 10 µg/m ³ PM10 (95% meze intervalu spolehlivosti)	1.0% (0.4 – 1.5%)	1.5% (1.0 – 1.9%)

+ COPD: Chronická obstrukční plicní nemoc

Zdroj: KATSOUYANNI, K ET AL. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: Results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*, **12**: 521–531 (2001).

SCHWARTZ, J. Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiology*, **7**: 20–28 (1996).

Analýza rizik

Dopady PM na zdraví jasně závisí na délce expozice. Z tohoto důvodu WHO stanovila hodnotící systém, který klasifikuje expozici PM do čtyř kategorií podle koncentrace (přechodný cíl 1-3, AQG). V porovnání s AQG mohou být úrovně IT 1-3 spojovány s rozdílnými hodnotami nárůstu úmrtnosti u roční i 24hodinové expozice. Jestliže vystavení PM koresponduje s nejvyšší škálou koncentrací PM (IT-1), je úmrtnost o 15 % vyšší u roční expozice, než v případě nejnižšího limitu hodnot doporučeného WHO (AQG).

Tabulka 2 – Cílové hodnoty koncentrace prachových částic

Cílová koncentrace	PM ₁₀	PM _{2.5}	Dopad
Prozatímní cíl-1 (IT-1)	70	35	Tato hladina znázorňuje 15% nárůst ve srovnání s úrovní dle AQG
Prozatímní cíl-2 (IT-2)	50	25	Tato hladina znázorňuje 6% nárůst úmrtnosti ve srovnání s úrovní IT-1
Prozatímní cíl-3 (IT-3)	30	15	Tato hladina znázorňuje 6% nárůst úmrtnosti ve srovnání s úrovní IT-2
Směrnice o čistotě ovzduší (AQG)	20	10	Nejnižší hladina doporučená WHO

Snížením koncentrace PM na hladinu doporučenou WHO (AQG) se znatelně (o 6-15 %) sníží úmrtnost a nemocnost.

Citlivost, zranitelnost a schopnost adaptace

Zkoumání zranitelnosti a schopnosti adaptace populace by mělo zahrnovat studii výše zmíněných environmentálních expozic a dalších faktorů, které ovlivňují zdravotní stav, takže může být posouzen též potenciál schopnosti adaptace. K tomuto účelu bychom měli znát „základní zdravotní stav“ populace, faktory ovlivňující zdraví a potenciál přizpůsobivosti.

Za důležité se považuje, aby odborníci a ti, kteří rozhodují, byli seznámeni s těmito korelacemi a šířili je v širokém okolí s ohledem na zájmy a znalosti investorů. Mělo by existovat permanentní zaměření na environmentální a zdravotní dopady, možnosti ochrany zdraví, a tyto znalosti by měly být zabudovány do vzdělávacího kurikula od mateřských školek po vyšší vzdělávání. Na druhou stranu by měli mít odborníci zainteresovaní v lidském zdraví a dalším odborném výzkumu za úkol stanovit vhodné ukazatele k monitorování a vyhodnocení účinnosti a efektivity opatření učiněných kompetentními úřady.

Definování těchto opatření by mělo brát v úvahu účinky stávající socio-ekonomické situace, zatímco při formulování adaptačních strategií by měla být aplikována taková politická opatření, která by mírnila sociální nerovnosti. Na národní úrovni by základním cílem mělo být posílení samosprávy a společenských celků tak, aby porozuměly problémům a rizikům a byly schopny připravovat lokální akční plány.

V tomto procesu musí převzít vedoucí roli odborníci na veřejné zdraví. Tito odborníci by měli mít na starost přípravu a zapojení místních představitelů, nevládních organizací a zástupců budoucích generací, studentů středních a vysokých škol. Na mezinárodní, národní i místní úrovni by měly být v co největší možné míře přijaté principy udržitelného rozvoje a potřeba vybudování životního stylu, který bere ohled na životní prostředí. Tento proces je samozřejmě rychlejší v rozvinutějších zemích, dokonce i Maďarsko učinilo významný krok tímto směrem. V posledních deseti letech bylo spuštěno několik studií, které přinášejí důkazy o dopadech znečištěného ovzduší na zdraví.

V této studii podáváme celkový přehled souvisejících konceptů a asociací a shrnujeme výsledky maďarských studií provedených v tomto oboru.

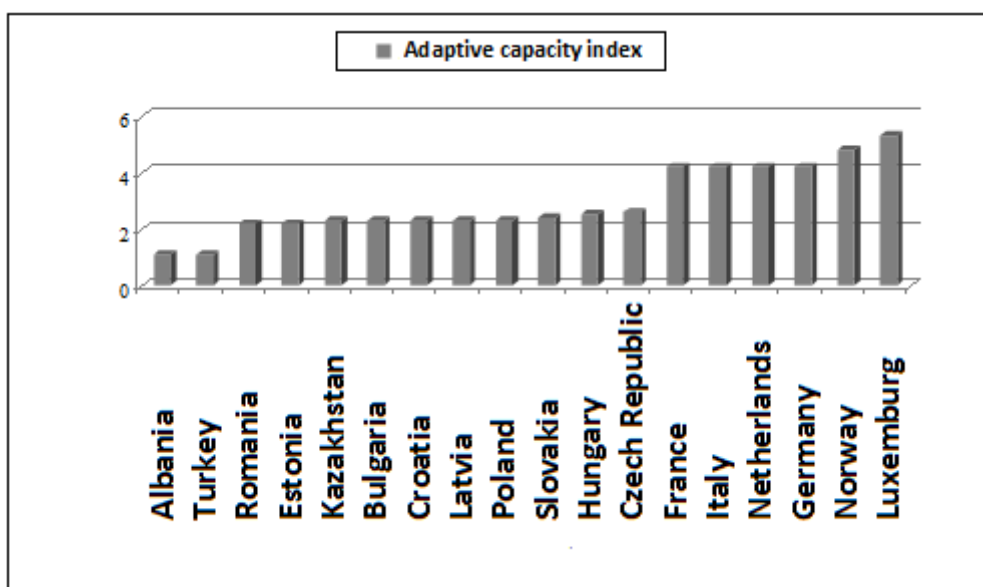
Podmínky, definice, asociace

Klíčové koncepty

Adaptací se rozumí vyrovnávání se s podněty a dopady zkušenými přírodními a lidsko-společenskými systémy a předvídatelné budoucí změny celkových podmínek. Citlivost jakéhokoli systému je vlastně vnímavost daného systému vůči vnějším vlivům. Pružnost systému je popisována jako komplexnost nahrazení ztrát a schopnosti sebereprodukce. Na druhou stranu rezistence systému ukazuje, jak je systém schopný působit nebo předejít účinkům jakékoli události. Zranitelnost je míra, do které se systém poškodí, a záleží na míře citlivosti na dopady dané události přes toleranční hranici.

Schopnost adaptace znamená komplexní schopnost jakékoli společnosti, kraje, atd., komplexnost jejich praktických činností a způsobů, kterými se vyrovnává se zatížením, které přichází z životního prostředí dané společnosti. Jinými slovy schopnost adaptace ovlivňuje zranitelnost a citlivost systému. Lze rozlišit osm oblastí schopnosti adaptace: dostupná technologická zařízení; finanční zdroje; struktura důležitých institucí a rozhodujících orgánů; lidský kapitál; sociální kapitál včetně majetkových poměrů; přístup systému k procesům, které šíří riziko; management informací a autentičnost informací, které jsou podporované rozhodujícími subjekty; expozice populace a její vnímání rizika.

Yohe & Tol (2002) navrhli matematický model pro definování zranitelnosti. V tomto kontextu je zranitelnost – která může být vyjádřena jak ztrátami způsobenými specifickým environmentálním dopadem, např. úmrtnost – závislá na vystavení a citlivosti, tj. konzistentně na schopnosti adaptace. U tohoto modelu je zranitelnost v první řadě ovlivněná příjmem na hlavu. Alberini et al. (2005) tento model dále rozvinuli za použití čísel z let 1990–2003 ze 140 zemí a zjistili, že nejdůležitější určující faktory přizpůsobivosti jsou příjem na hlavu; nerovnosti; obecná dostupnost zdravotní péče; přístup k informacím.



Obr. 2- Indexy schopnosti adaptace v 18 zemích Evropy a centrální Asie. Vyšší indexy znamenají vyšší schopnost adaptace.
(Zdroj: Alberini et al., 2005)

Rizika pro člověka vycházející z plánované adaptace jako komplexního procesu

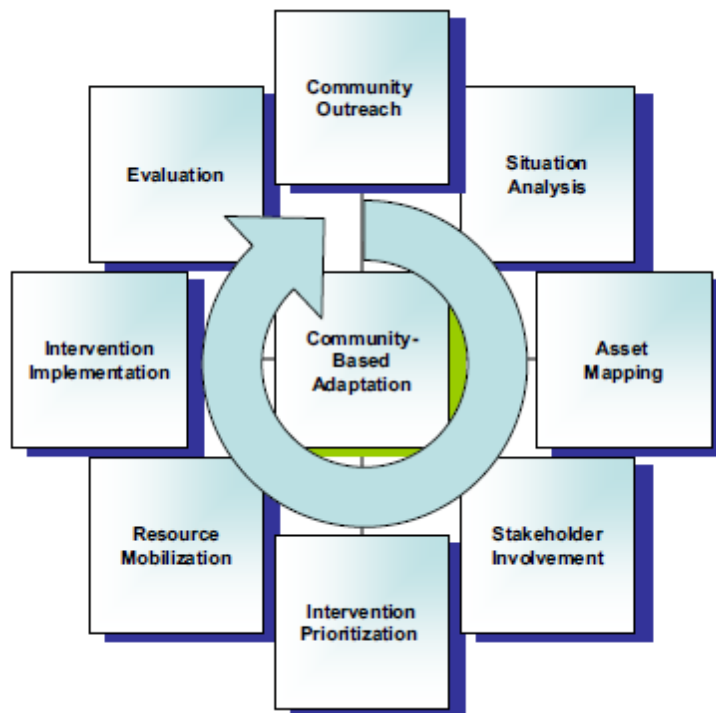
K primárním přírodním/environmentálním problémům se přidávají ještě sekundární rizika lidské a společenské povahy, která ohrožují adaptační proces. Jestliže jsme neporozuměli všemu, co souvisí s primárními problémy nebo reakcemi na ně, a tím pádem se dopustili nesprávného rozhodnutí či jednání, lze to považovat za lidskou chybu. Na druhou stranu se při procesech, které mají za cíl změnit pevně zavedené a navyké aktivity, objevuje ještě více lidských chyb a více závažných problémů. Mohou se objevit v průběhu identifikace a odhalení rizik. Řízení rizik může být nevhodně ovlivněno rozhodnutími motivovanými individuálními či skupinovými zájmy, nebo odkládáním těchto rozhodnutí.

Dalším základním faktorem schopnosti adaptace je schopnost zvládat problémy. Čím více objektivních informací ve vztahu k těmto problémům či situacím máme, tím se tato schopnost jeví jako větší, a můžeme je díky našim předchozím znalostem či zkušenostem adekvátně posoudit. Schopnost adekvátně řešit problémy by měla být dostupná jak na úrovni individuální, tak společenské, a konečně též empatie a podpora k akci jsou velmi důležité. Následně je schopnost zvládat problémy vysoce důležitá při prevenci dopadů environmentálních vlivů na zdraví, tj. při adaptaci, a to jak na úrovni individuální, tak u menší nebo větší společnosti. Model by měl považovat úspěšnou adaptaci jako základní externí i interní podmínku pro řešení problémů.

Je zřejmé, že adaptace na environmentální vlivy má mnoho rovin v souvislosti s druhem akce při zásahu (např. výzkum, právní úprava, investice, vzdělání, hromadné sdělovací prostředky, atd.) a s efektivitou jednání zasahujících (adaptujících) subjektů.

Podpora adaptace na společenské úrovni

Adaptace na dopady vystavení životnímu prostředí na zdraví a související procesy má vliv na jednotlivce, komunity a společnost. Řádná příprava a reakce na současné a předvídatelné změny vyžadují průběžné vyhodnocování zásahů; není dostačující vyhodnotit rizika a zásahy pouze jednorázově. K posílení pružnosti vůči environmentálním vlivům a adaptace na společenské úrovni, doporučuje Ebi et al. (2006) užití mnohastupňového cyklu (Obr. 2), který podporuje proaktivní jednání investorů při řešení problémů a posiluje sociální kapitál na místní a národní úrovni. Je ale třeba zdůraznit, že k místním aktivitám, iniciativám – směřujícím ke zmírnění zranitelnosti – je dále třeba, aby organizace veřejné zdravotní péče zavedly shora nařízené centrální aktivity.



Obr. 3 – Cyklus adaptace založené na komunitě
(Zdroj: Ebi et al., 2006)

Adaptace na úrovni veřejného zdravotnictví by měla být chápána a vykládána jako plánování, oceňování a monitorování strategií a procedur, aktivit, které se provádějí ke zmírnění dopadů vystavení environmentálním vlivům za účelem prevence. Tato definice konceptu odpovídá definici prevence v kontextu veřejného zdravotnictví. Taková preventivní opatření by také mohla být uvedena mezi těmi, které jsou vhodná pro zmírnění reálných či prožitých rizik. Schopnost místních komunit snižovat škodlivé vlivy na zdraví je vysoce závislá na sociálním kapitálu, infrastruktuře, státní zainteresovanosti a schopnosti organizací reagovat. Proto je adaptační schopnost závislá na schopnosti daného člověka spontánně reagovat, stejně jako na plánovaných státních a institucionálních zásazích.

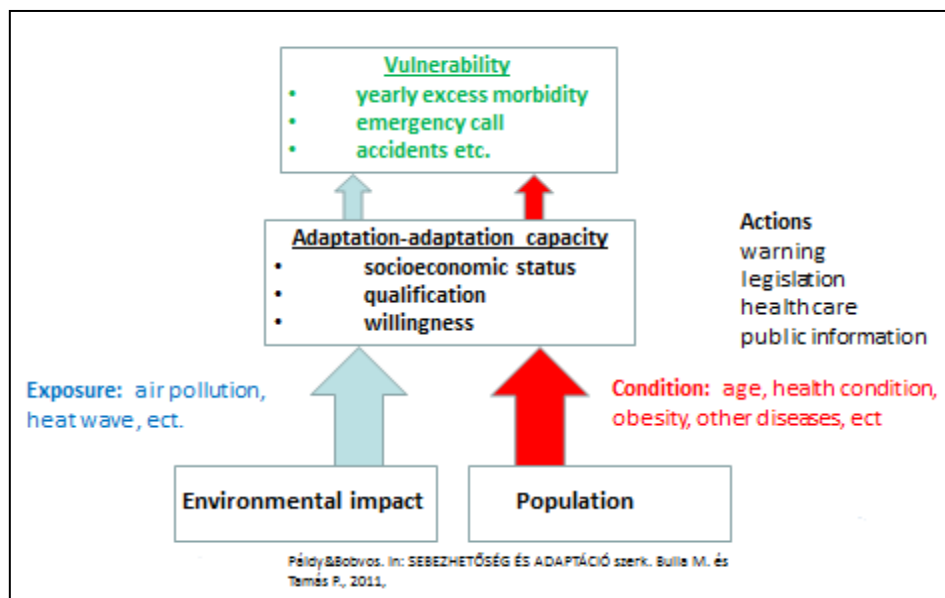
Typ a rozsah zdravotních rizik jsou rozhodujícími faktory při formulování strategie zásahů. V procesu adaptace a rozhodování je nezbytné předvídat rizika – spolehlivost předpovědí velkou měrou určí specifickou povahu plánované adaptace. Čím je předpověď spolehlivější, tím cílenější aktivity se mohou naplánovat. Druhým faktorem je povědomí o rizicích, které poskytuje podklady pro nezbytnost činit nová a doplňková opatření. V případě sledovaných zdravotních následků, které se již v dané populaci vyskytují a jsou již pod kontrolou, je snadné činit doplňující opatření na základě dostupných zkušeností. V kontrastu s tím představuje implementace akcí pro zvládání nově se objevujících rizik závažné břemeno a obecně se mohou formulovat pouze v závislosti na zkušenostech ostatních. Výsledky adaptačních opatření jsou poněkud nepříznivé, pokud jsou sledovaná rizika dlouhodobá v dané oblasti, a nebyla dosud efektivně pod kontrolou. Třetím důležitým faktorem je včasná implementace odpovědní akce.

Zásahy veřejného zdravotnictví se obvykle dělí na primární, sekundární a terciální. Cílem primární prevence je zmírnění rizikových faktorů. Sekundární prevencí se rozumí zřizování dohledových systémů, které usnadňují včasnou identifikaci raných varovných signálů a/nebo následků. Terciální prevence je vykládána jako eliminace, management a zmírnění dlouhodobých účinků nebo dopadů, které se již vyskytly.

Informace z literatury potvrzují, že veřejné zásahy shora jsou méně úspěšné než ty, které vycházejí z vlastní iniciativy na úrovni jednotlivců či malých komunit. Je důležité mít na paměti, že takové zásahy zdola mohou být úspěšné pouze tehdy, je-li dobře známe související sociální, ekologické, kulturní a politické prostředí. Opatření činěná na úrovni komunit jsou vhodná, chceme-li směřovat lidi stejným směrem za účelem dosažení společného prospěchu a zvýšit jejich účast na rozhodování. Rozhodování na komunitní úrovni je budováno na systému vztahů sociálního kapitálu, který podporuje

správné plánování, rozhodovací proces a tím pádem implementaci stanovených cílů. Během adaptačního procesu lze samozřejmě efektivně využít zkušenosti ostatních komunit, což je též metodou využívání sociálního kapitálu.

System propojení citlivosti, zranitelnosti a adaptace

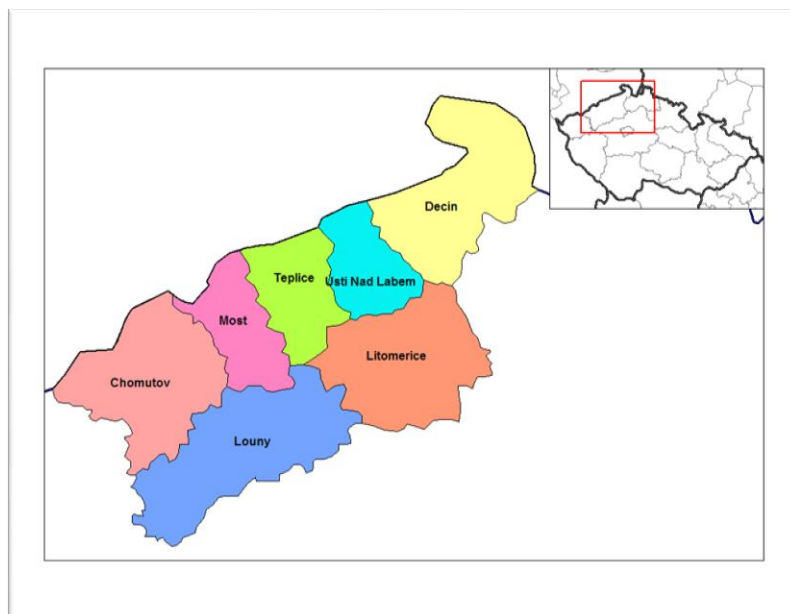


Obr. 4 – System propojení mezi citlivostí, zranitelností a adaptací

Popis studované oblasti Ústeckého kraje

Populace studované oblasti

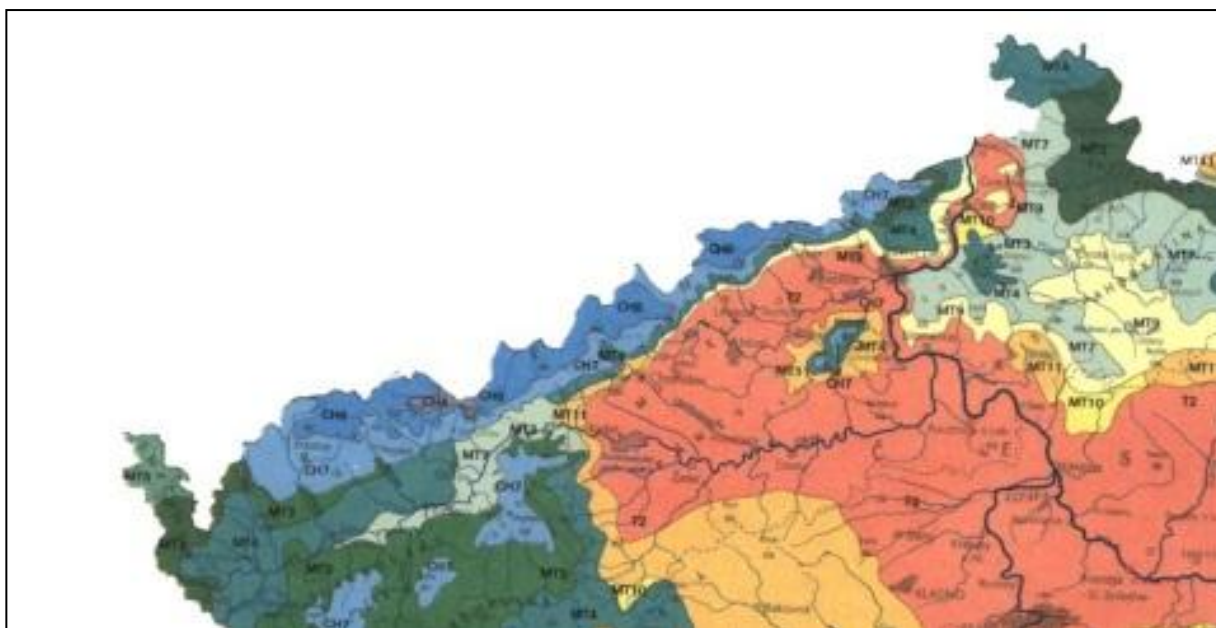
Ústecký kraj má 7 okresů (Ústí nad Labem, Děčín, Litoměřice, Teplice, Most, Chomutov a Louny), jeho rozloha je 5 335 km², počet obyvatelstva je 827 508 (30. 3. 2012), hustota obyvatelstva je 156,7 obyvatel/km². V Ústeckém kraji žije relativně mladé obyvatelstvo. Průměrný věk v kraji je necelých 40 let. Postupný vývoj indikátoru, který odkazuje na stárnutí populace, má zvyšující se tendenci po celou dobu sledovaného období. Specifikem Ústeckého kraje je, že po 2. světové válce se obyvatelstvo kompletně obměnilo. Rychlý rozvoj průmyslu v kraji, pracovní příležitosti a výhodné sociální podmínky (podnikové byty a mateřské školy, výhodné platové podmínky) přitahovaly vysoké množství mladých lidí z celé republiky, obzvláště v 70. a 80. letech 20. století. Obyvatelstvo Ústeckého kraje stárne. Ze studovaných výsledků je zřejmé, že i nadále se bude v populaci zmenšovat věková skupina 0 -14 let (v roce 2008 tvořila 15 %) a zvětšovat skupina 15 – 64 let (v roce 2008 tvořila 15 %) a nad 65 let (v roce 2008 tvořila 13 %).



Obr. 5 – Mapa studované oblasti

Klimatická charakteristika ústeckého kraje (dle Quitta, 1971)

Ústecký kraj má, stejně jako zbytek České republiky, kontinentální klima s velkou proměnlivostí mezi čtyřmi ročními obdobími. Česká republika je rozdělena do tří klimatických zón – teplá, mírně teplá a studená. Největší část ústeckého kraje spadá do kategorie klimatu T2 (dle Quitta, 1971 – obr. 6 a tabulka 3)



Obr. 6 – Mapa klimatických zón České republiky, Quitt 1971

Tabulka 3 – Charakteristika klimatických zón České republiky, Quitt 1971

	TEPLÁ		MÍRNĚ TEPLÁ								CHLADNÁ			
	T2 oranžová	T4 červená	MT2 khaki	MT3 tmavě zelená	MT4 olivová	MT5 zelená	MT7 světle zelená	MT9 světle žlutá	MT10 žlutá	MT11 okrová	CH4 šedá	CH6 modrá	CH7 světle modrá	
LetD	50-60	60-70	20-30			30-40		40-50			0-20	10-30		
HVO	160-170	170-180	140-160	120-140	140-160						80-120	120-140		
MD	100-110		110-130	130-160	110-130	130-140	110-130			160-180	140-160			
LD	30-40		40-50				30-40			60-70		50-60		
°C I	-2 - -3		-3 - -4		-2 - -3	-4 - -5	-2 - -3	-3 - -4	-2 - -3		-6 - -7	-4 - -5	-3 - -4	
°C IV	8-9	9-10	6-7						7-8		2-4		4-6	
°C VII	18-19	19-20	16-17				17-18			12-14	14-15	15-16		
°C X	7-9	9-10	6-7				7-8			4-5	5-6	6-7		
s ³ 1mm	90-100	80-90	120-130	110-120		100-120			90-100	120-140	140-160	120-130		
s VO	350-400	300-350	450-500	350-450			400-450		350-400	600-700		500-600		
s VZ	200-300		250-300						200-250		400-500		350-400	
sp	40-50		80-100	60-100	60-80	60-100	60-80		50-60		140-160	120-140	100-120	
o>0,8	120-140	110-120	150-160	120-150	150-160	120-150						130-150	150-160	
o<0.2	40-50	50-60	40-50			50-60	40-50			30-40		40-50		

Charakteristika T2 – dlouhé léto, teplé a suché, velmi krátká přechodná období s horkým nebo mírně teplým jarem a podzimem, krátká, mírně teplá, suchá a velmi suchá zima s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.

Počet letních dnů: 50-60

Počet dnů s průměrnou teplotou. 10 ° C a více: 160-170

Počet mrazivých dnů: 100-110

Počet ledových dnů: 30-40

Průměrná teplota v lednu (°C): -2 až -3

Průměrná teplota v dubnu (°C): 8-9

Průměrná teplota v červenci (°C): 18-19

Průměrná teplota v říjnu (°C): 7-8

Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více: 90-100

Celkové srážky v pěšební sezóně v mm: 350-400

Celkové srážky v zimě v mm: 200-300

Počet dnů se sněhovou pokrývkou: 40-50

Počet oblačných dnů: 120-140

Počet jasných dnů: 40-50

Zdroje znečištění vzduchu a údaje o expozici

Zdroje

Celkové množství škodlivin vypuštěných do ovzduší a působících na provoz v Ústeckém kraji má během posledních deseti let sestupnou tendenci. Prachové částice (PM) a oxid uhelnatý zůstávají v posledních třech letech nezměněny; stabilní mírný pokles je pozorován u organických látek. Snižování emisí organických látek je požadováno směrnicemi EU, které jsou implementované do legislativy České republiky.

Hlavní zdroj znečištění ovzduší v ústeckém regionu jsou uhelné elektrárny (ČEZ, a. s.) umístěné v okresech Chomutov, Louny a Teplice. Množství emisí SO₂ a NO₂ vypouštěných těmito zdroji má v posledních letech sestupnou tendenci. Významnější pokles v emisích NO_x je spojen s nárůstem CO.

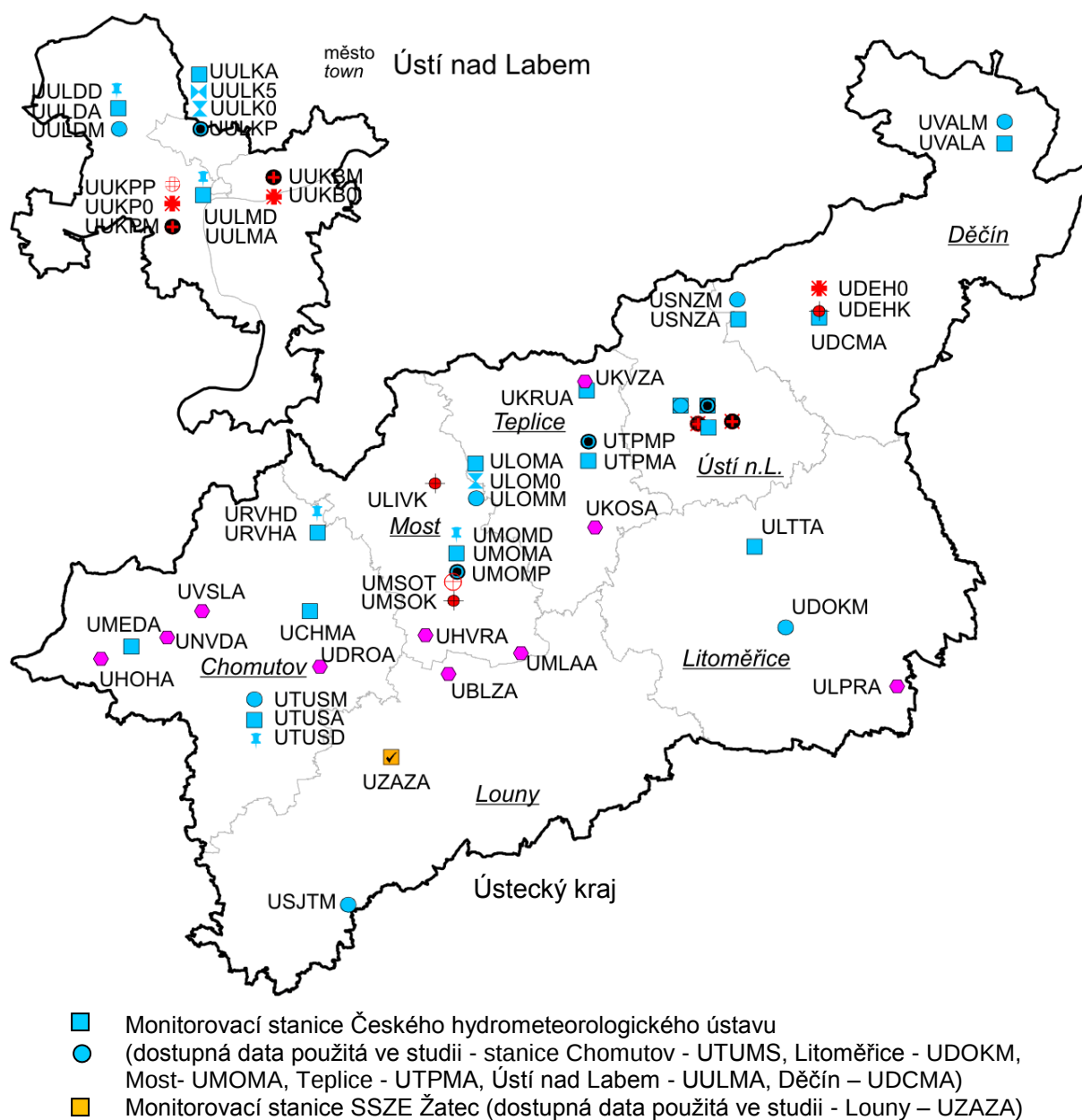
Tabulka 4 – Hlavní zdroje znečištění ovzduší v Ústeckém kraji, 2010 (vyjádřeno v tunách za rok)

Škodlivina	Silnice	Vytápění	Průmysl
SO ₂	35,7	2 118,6	55 851,00
NO _x	6 461,9	456,9	50 561,60
Primary PM ₁₀ *	1 778,3	1 236,4	2 150,60
CO	9 845,1	6 258,9	8 622,10

Údaje o expozici

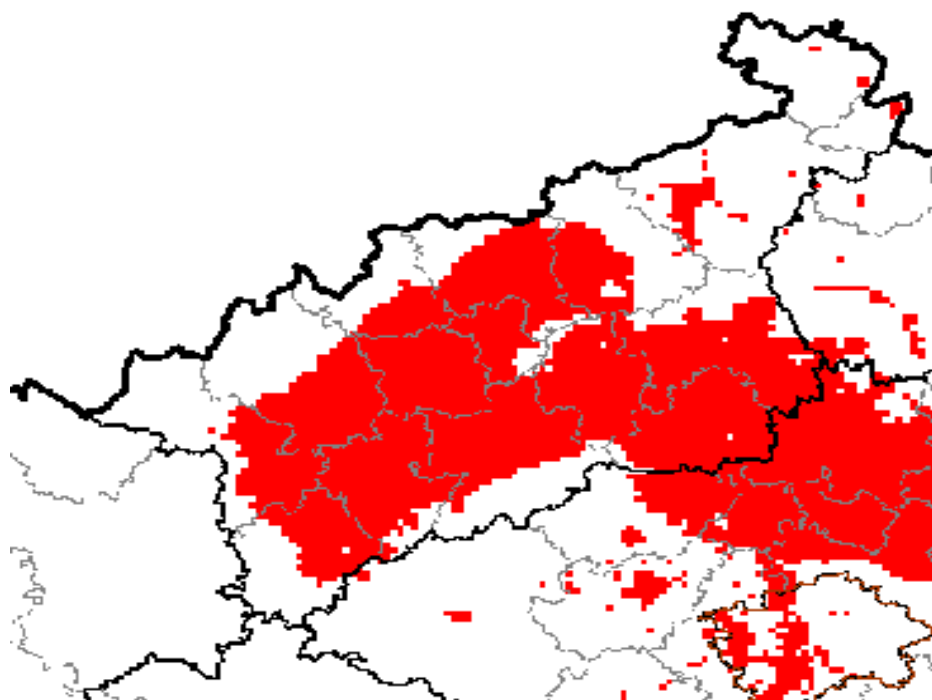
Kvalita ovzduší v ústeckém kraji je hodnocena na základě údajů získaných z automatických měřicích stanic zahrnutých do Informačního systému kvality ovzduší (ISKO). V roce 2010 byla odečtena data z celkem 35 měřicích stanic, 19 z nich provozovaných CHMI, 5 Zdravotním ústavem v Ústí nad Labem, 10 provozuje ČEZ a 1 SSZE v Žatci.

Síť monitorovací stanic znečištění ovzduší použitých ve studii jsou zobrazeny na mapě níže.



Obr. 6 – Mapa monitorovacích stanic

Data získaná z měřících stanic jsou dále zpracována a použita k ohraničení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO), tj. k výpočtu % území zóny či aglomerace, kde dochází překračování limitu u jedné či více škodlivin.



Obr. 7 – Mapa Ústeckého kraje (OZKO)

Tabulka 5 – Průměrné denní hodnoty, směrodatná odchylka a 5. a 95. percentil pro škodliviny v (2006-2010)

Rok	Škodlivina	Denní průměr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Směrodatná odchylka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5. percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95. percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Děčín					
2006	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	39	27	14	84
2007	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	30	18	10	64
2008	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	32	18	12	71
2009	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	33	22	13	74

2010	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	35	25	9	83
		Most			
2006	Ozon (8hod. denní max.)	48	26	7	85
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	41	36	10	97
2007	Ozon (8hod. denní max.)	48	23	8	87
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	31	20	8	66
2008	Ozon (8hod. denní max.)	45	24	6	82
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	29	17	9	61
2009	Ozon (8hod. denní max.)	44	23	6	80
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	32	21	9	70
2010	Ozon (8hod. denní max.)	47	27	9	80
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	35	27	9	80
		Teplice			
2006	Ozon (8hod. denní max.)	42	26	5	83
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	43	38	14	114
2007	Ozon (8hod. denní max.)	42	23	6	82
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	31	21	10	73
2008	Ozon (8hod. denní max.)	32	19	5	63
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	38	28	11	96
2009	Ozon (8hod. denní max.)	48	25	6	88
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	27	20	10	63
2010	Ozon (8hod. denní max.)	50	34	8	83
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	32	34	8	83
		Louny			
2006	Ozon (8hod. denní max.)	54	26	10	94
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	36	28	11	85
2007	Ozon (8hod. denní max.)	61	22	23	98
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	25	15	9	53
2008	Ozon (8hod. denní max.)	56	24	12	90
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	17	10	7	40

2009	Ozon (8hod. denní max.)	49	26	7	87
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	19	17	7	46
2010	Ozon (8hod. denní max.)	48	15	4	51
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	19	15	4	51
		Litoměřice			
2006	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	32	20	10	71
2007	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	23	19	5	61
2008	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	21	17	5	51
2009	Ozon (8hod. denní max.)	X	X	X	X
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	24	21	6	66
2010	Ozon (8hod. denní max.)	X	23	7	75
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	27	23	7	75
		Chomutov			
2006	Ozon (8hod. denní max.)	56	26	12	96
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	31	24	9	69
2007	Ozon (8hod. denní max.)	54	23	13	92
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	25	17	6	54
2008	Ozon (8hod. denní max.)	50	23	9	83
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	24	14	7	49
2009	Ozon (8hod. denní max.)	48	21	11	80
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	26	17	8	60
2010	Ozon (8hod. denní max.)	49	22	7	67
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	29	22	7	67
		Ústí nad Labem			
2006	Ozon (8hod. denní max.)	33	23	4	76
2006	PM ₁₀ (denní průměr)	44	38	15	105
2007	Ozon (8hod. denní max.)	38	22	3	74
2007	PM ₁₀ (denní průměr)	33	19	12	70

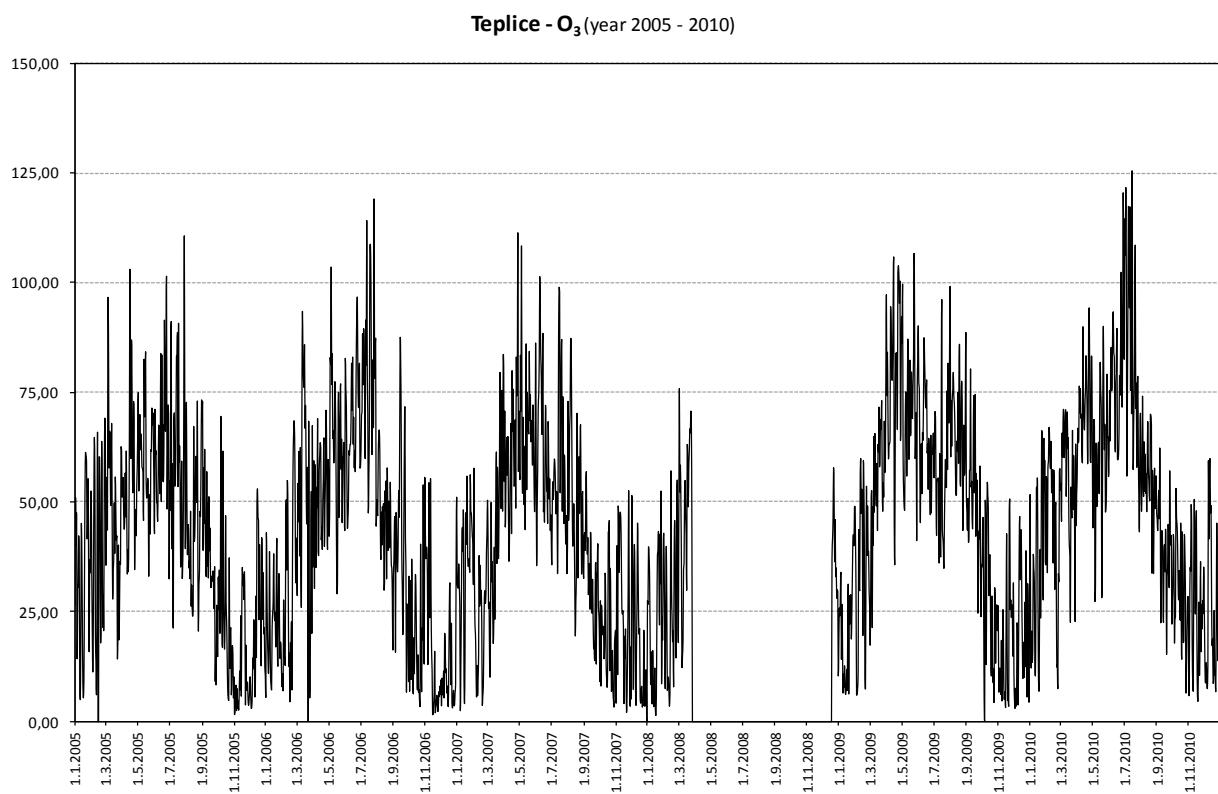
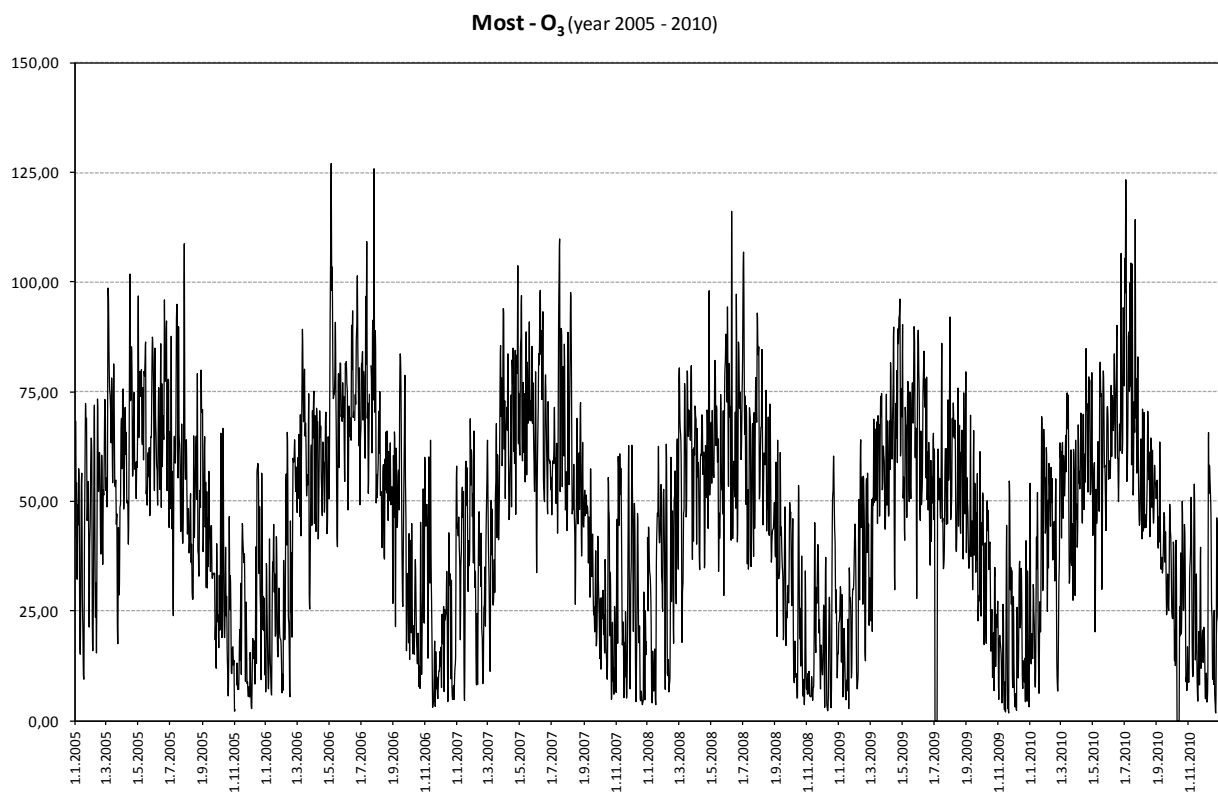
2008	Ozon (8hod. denní max.)	36	23	2	74
2008	PM ₁₀ (denní průměr)	33	21	12	73
2009	Ozone (denní průměr)	35	22	2	70
2009	PM ₁₀ (denní průměr)	32	22	12	71
2010	Ozon (8hod. denní max.)	39	28	10	85
2010	PM ₁₀ (denní průměr)	33	28	10	85

Rok	Škodlivina	Denní průměr (µg/m ³)	Směrodatná odchylka (µg/m ³)	5. percentil (µg/m ³)	95. percentil (µg/m ³)
		Děčín			
2006	SO ₂	10	14	1	32
2006	NO ₂	26	12	12	46
2007	SO ₂	7	8	1	19
2007	NO ₂	23	8	13	40
2008	SO ₂	7	6	1	20
2008	NO ₂	23	9	12	39
2009	SO ₂	7	8	1	21
2009	NO ₂	23	10	12	42
2010	SO ₂	6	9	1	22
2010	NO ₂	24	11	12	47
		Most			
2006	SO ₂	11	12	3	32
2006	NO ₂	25	13	10	49
2007	SO ₂	10	13	2	24
2007	NO ₂	22	10	9	41
2008	SO ₂	9	8	3	23
2008	NO ₂	23	9	10	38
2009	SO ₂	X	X	X	X
2009	NO ₂	22	10	10	40
2010	SO ₂	X	X	X	X
2010	NO ₂	24	12	10	49
		Teplice			
2006	SO ₂	14	20	3	50
2006	NO ₂	35	16	17	59
2007	SO ₂	12	23	3	25
2007	NO ₂	28	10	15	48
2008	SO ₂	13	9	3	30
2008	NO ₂	33	14	12	55
2009	SO ₂	10	14	2	25
2009	NO ₂	21	11	8	42
2010	SO ₂	10	11	2	27
2010	NO ₂	22	12	9	47
		Louny			
2006	SO ₂	X	X	X	X
2006	NO ₂	22	12	8	48
2007	SO ₂	X	X	X	X
2007	NO ₂	17	8	7	32
2008	SO ₂	X	X	X	X
2008	NO ₂	16	7	8	30
2009	SO ₂	X	X	X	X

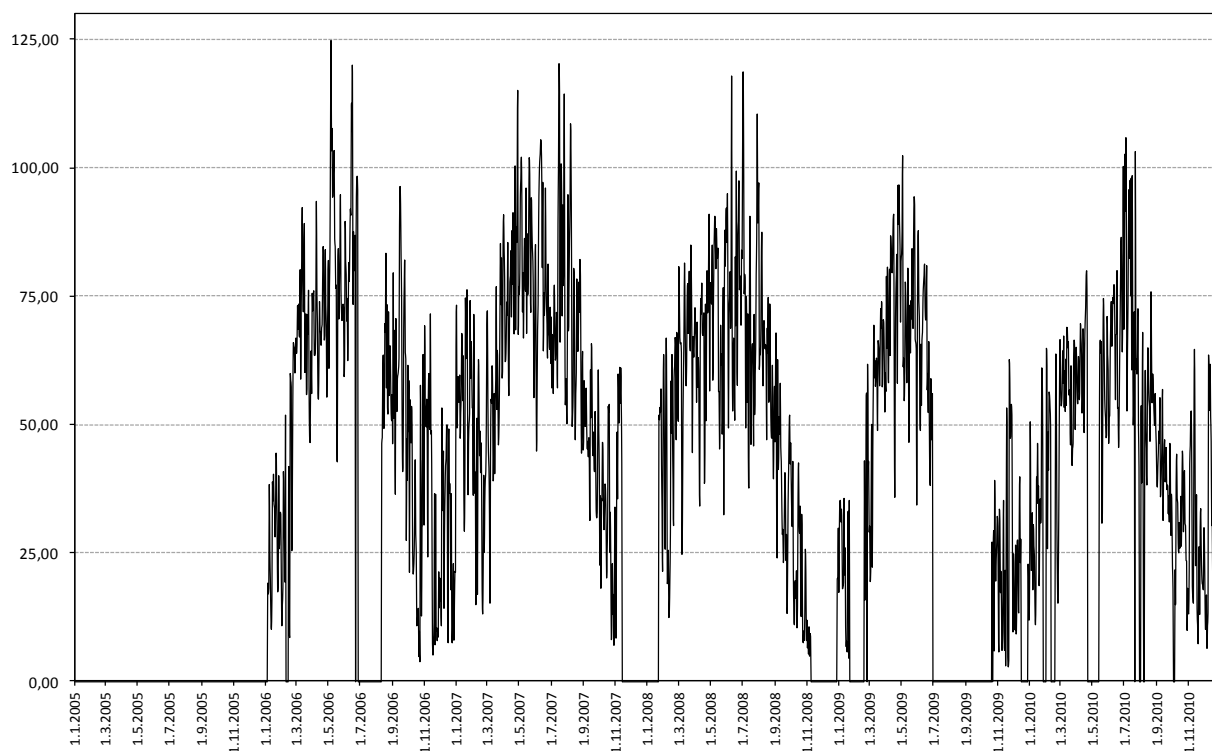
2009	NO ₂	16	8	8	32
2010	SO ₂	X	X	X	X
2010	NO ₂	17	10	7	40
		Litoměřice			
2006	SO ₂	3	3	1	9
2006	NO ₂	25	19	7	63
2007	SO ₂	3	2	1	7
2007	NO ₂	16	9	6	34
2008	SO ₂	3	2	1	7
2008	NO ₂	16	8	6	31
2009	SO ₂	3	3	1	9
2009	NO ₂	17	8	7	31
2010	SO ₂	4	4	1	13
2010	NO ₂	17	10	8	36
		Chomutov			
2006	SO ₂	8	8	2	24
2006	NO ₂	16	10	7	38
2007	SO ₂	7	6	2	17
2007	NO ₂	14	7	6	28
2008	SO ₂	5	4	1	14
2008	NO ₂	12	7	4	27
2009	SO ₂	7	8	1	18
2009	NO ₂	15	6	7	28
2010	SO ₂	8	7	1	23
2010	NO ₂	16	7	8	32
		Ústí nad Labem			
2006	SO ₂	13	15	2	41
2006	NO ₂	32	14	12	54
2007	SO ₂	11	13	2	21
2007	NO ₂	29	10	14	49
2008	SO ₂	8	6	2	18
2008	NO ₂	28	11	13	46
2009	SO ₂	7	8	1	18
2009	NO ₂	27	10	13	46
2010	SO ₂	9	11	1	23
2010	NO ₂	29	13	13	55

Metoda analýzy a hodnocení úrovně znečištění ovzduší včetně rozsahu povědomí veřejnosti o úrovni znečištění při smogových situacích regulovaném výnosem (číslo 330/2012, platný od 15. října 2012) v České republice.

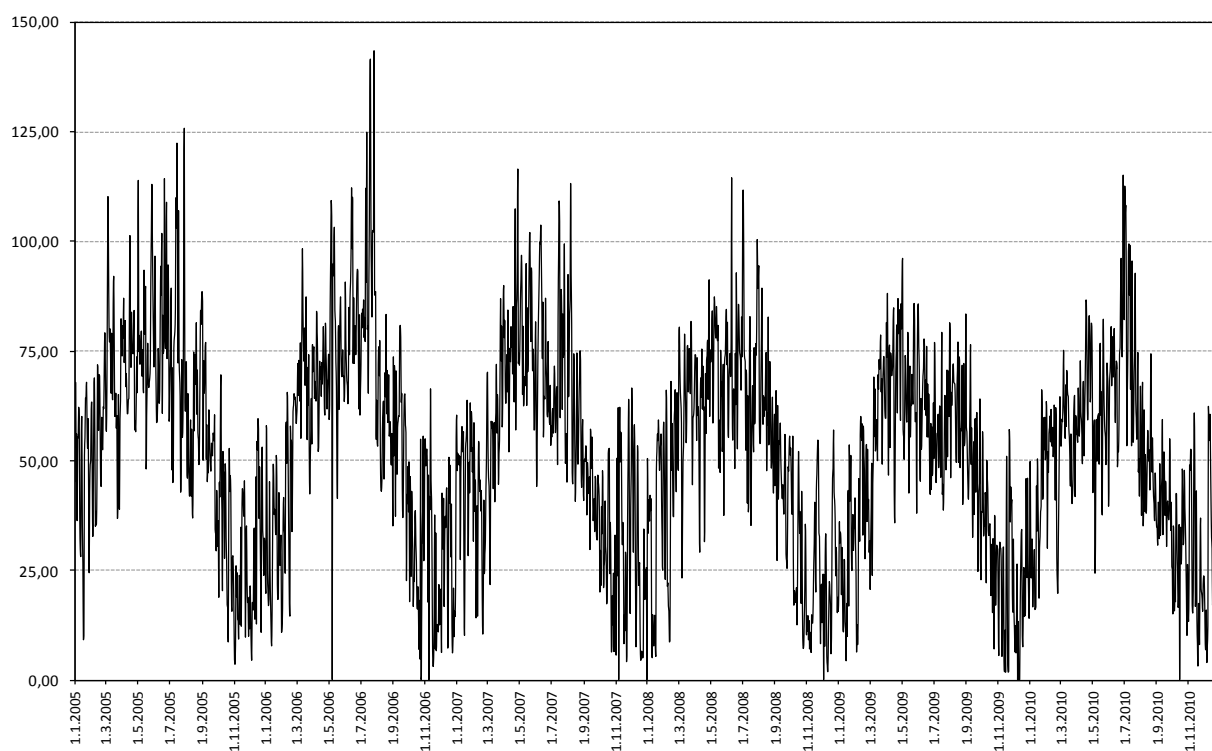
Koncentrace Ozonu ve studované oblasti

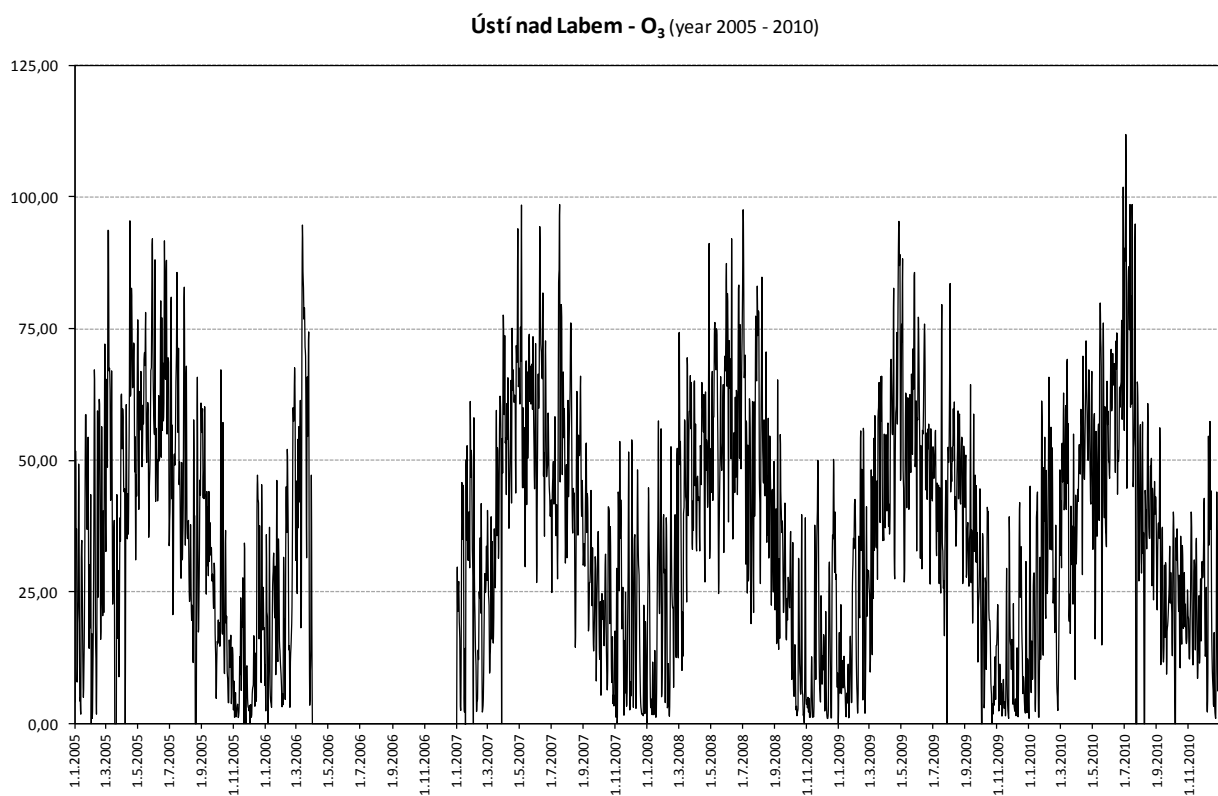


Louny - O₃ (year 2005 - 2010)



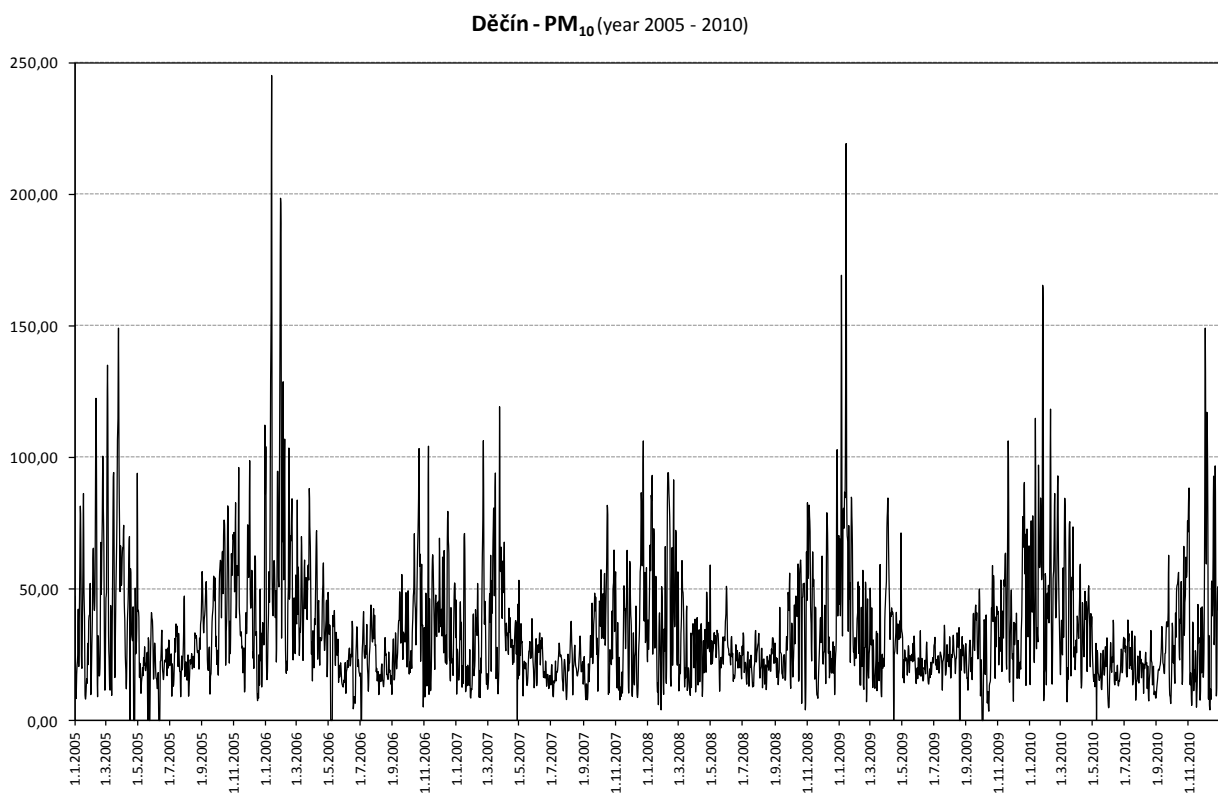
Chomutov - O₃ (year 2005 - 2010)



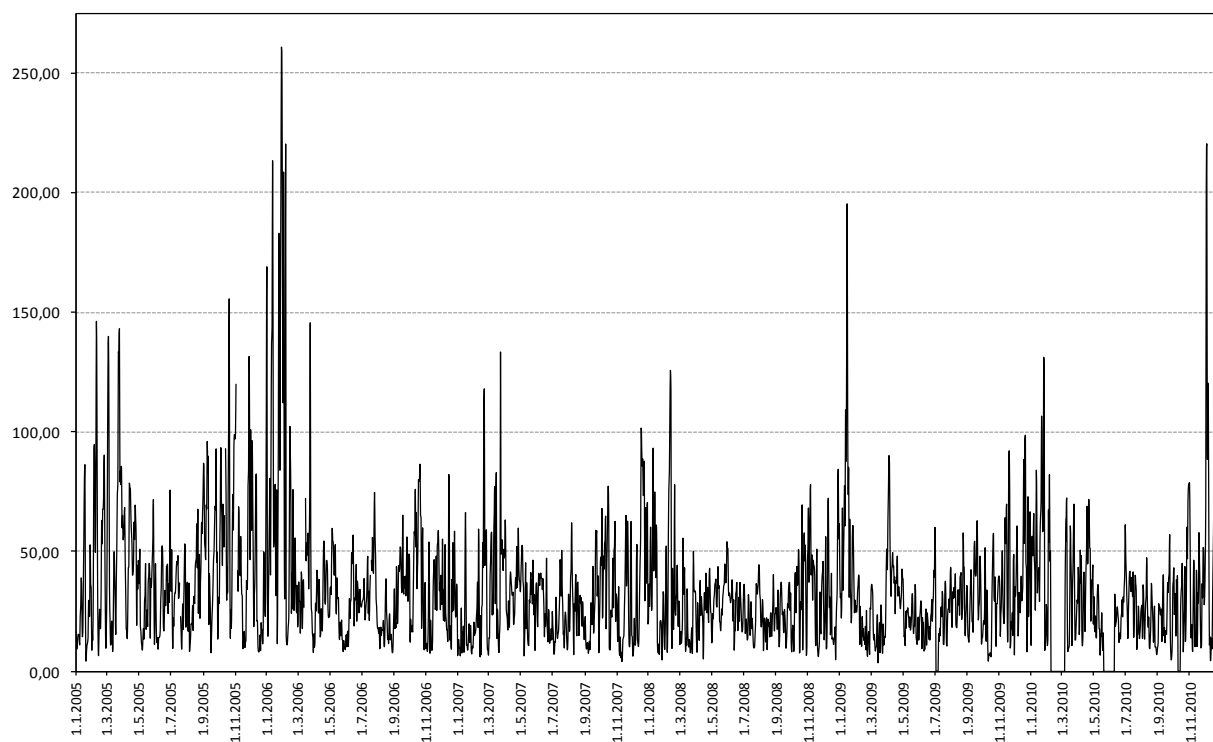


Obr. 7 – Koncentrace ozonu ve studované oblasti – pouze 5 hlavních okresů Ústeckého kraje (žádná dostupná data z Děčína a Litoměřic)

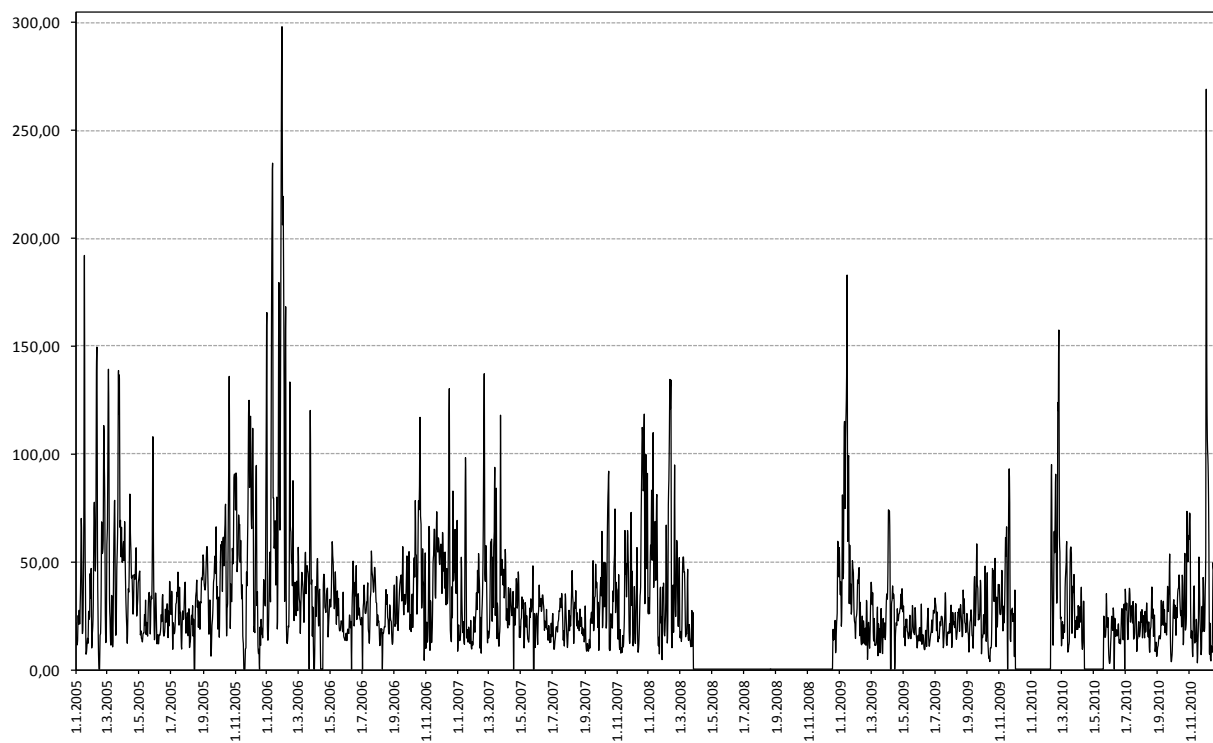
Koncentrace PM₁₀ ve studované oblasti



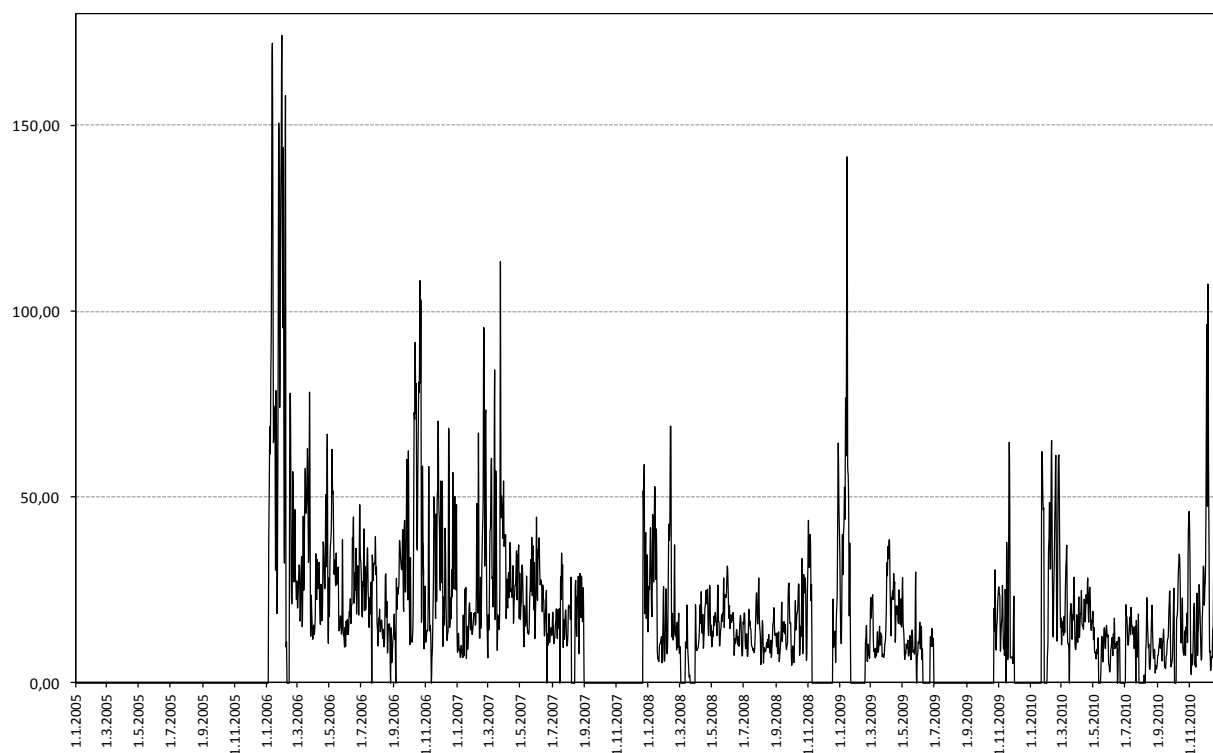
Most - PM₁₀(year 2005 - 2010)



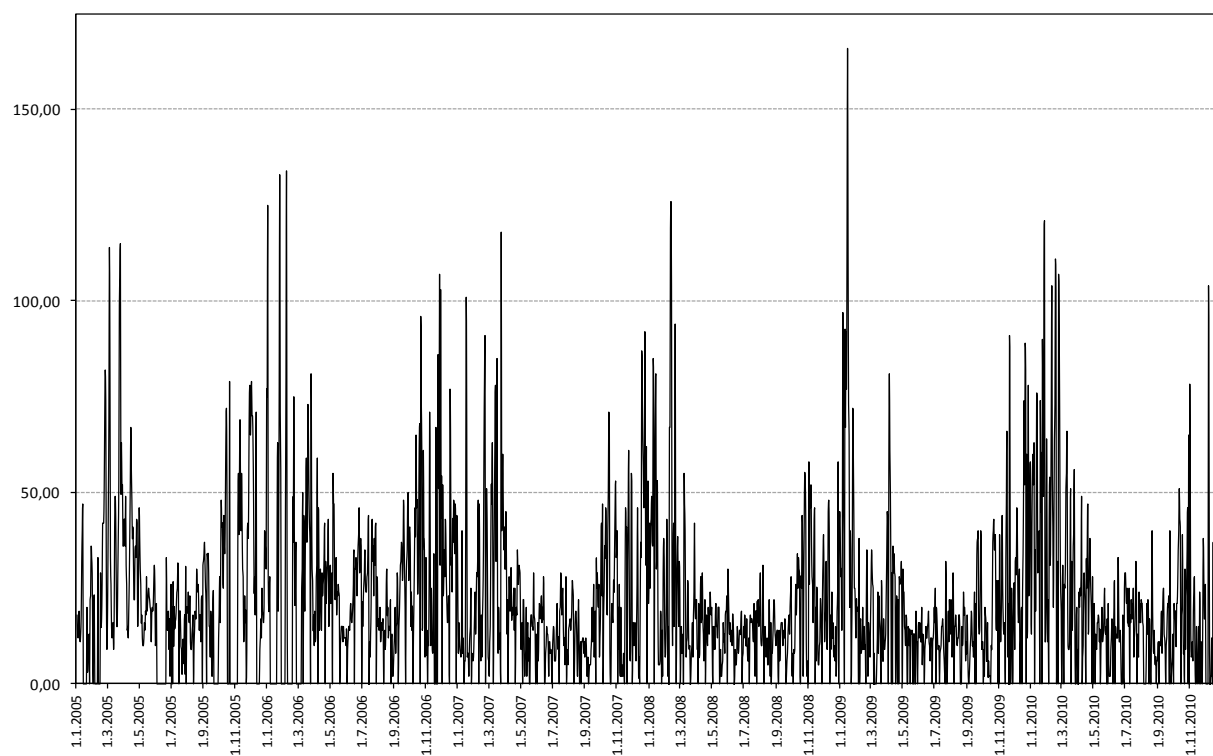
Teplice - PM₁₀(year 2005 - 2010)



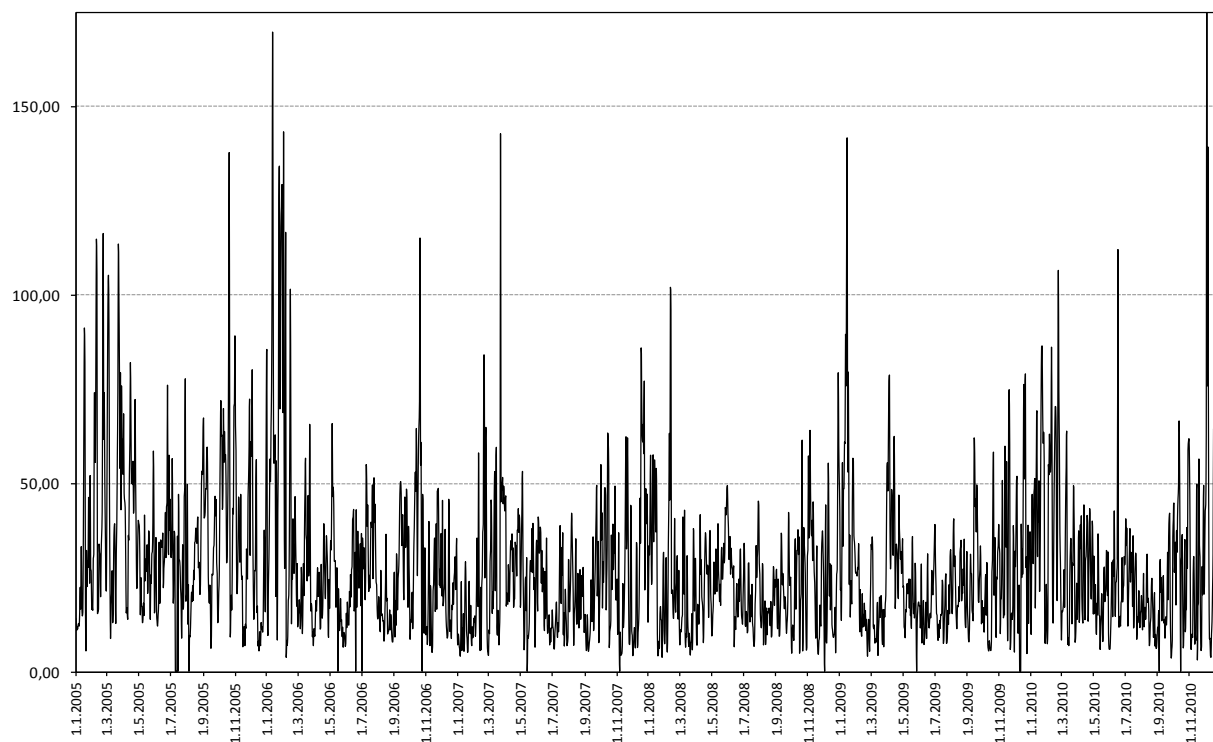
Louny - PM₁₀ (year 2005 - 2010)



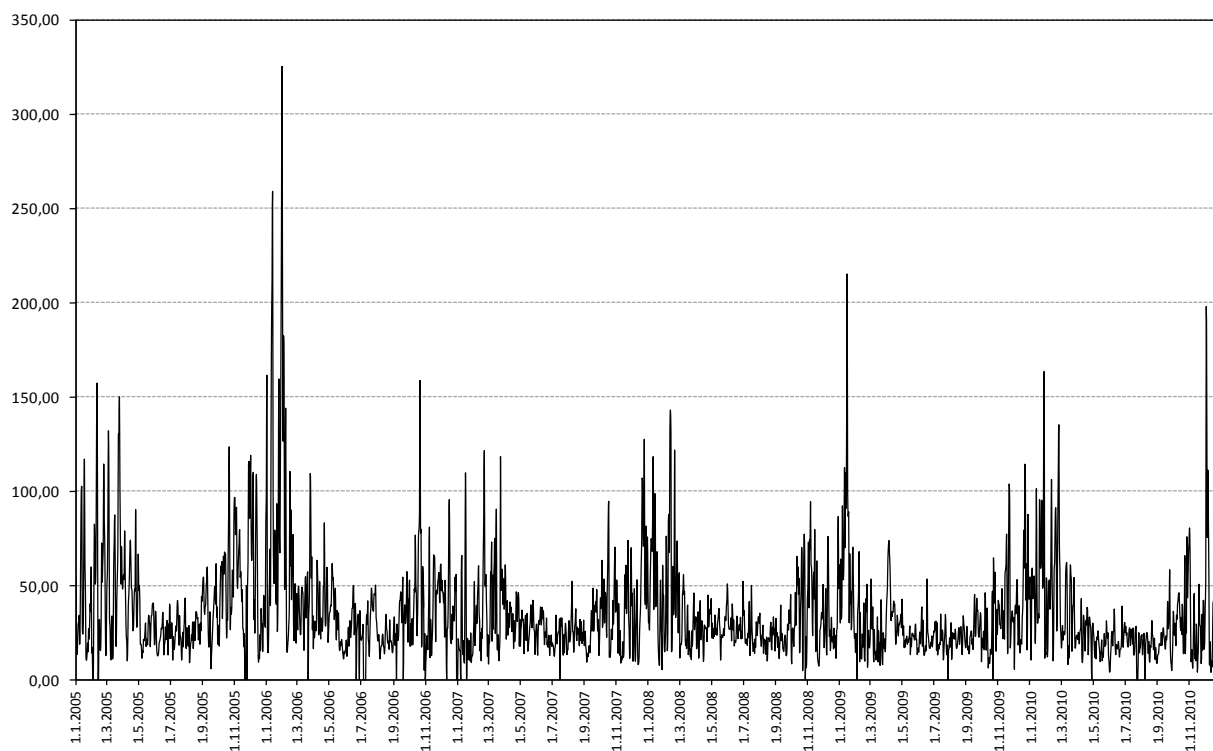
Litoměřice - PM₁₀ (year 2005 - 2010)



Chomutov - PM_{10} (year 2005 - 2010)



Ústí nad Labem - PM_{10} (year 2005 - 2010)

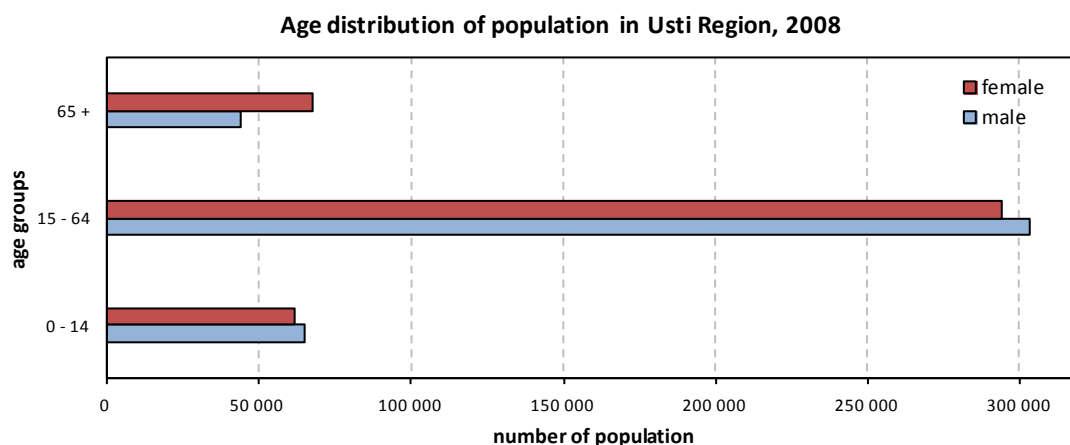
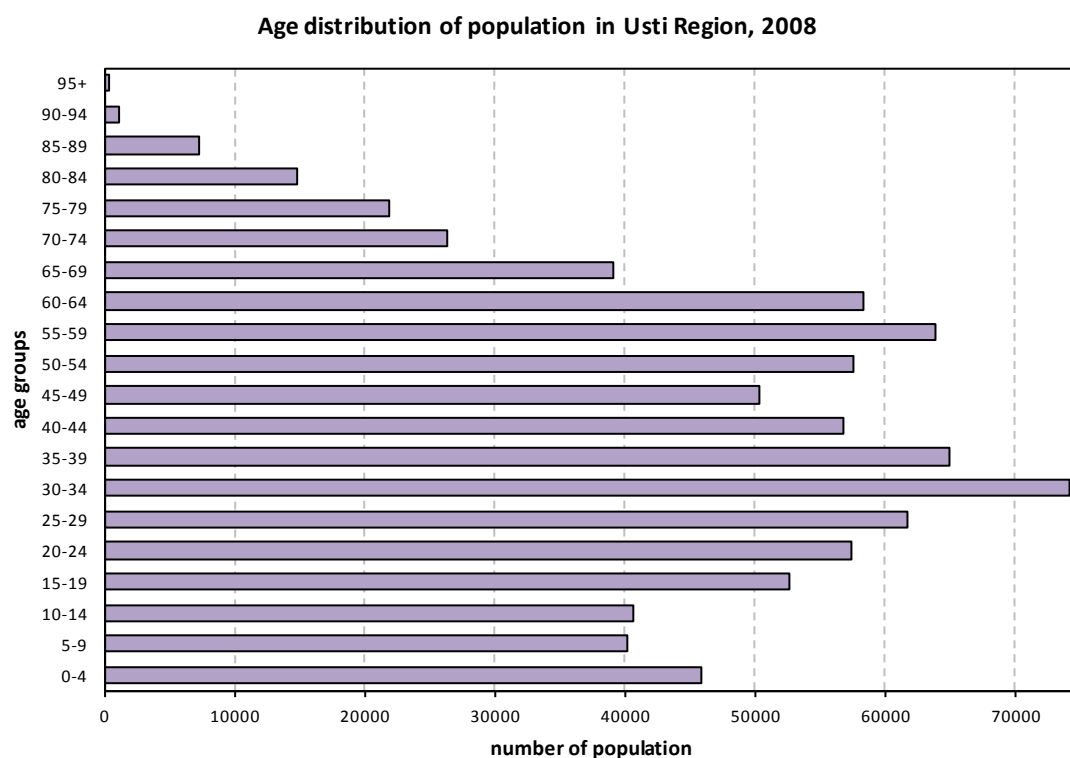


Obr. 8 – Koncentrace PM_{10} ve studované oblasti - 7 hlavních okresů Ústeckého kraje

Zdravotnické údaje

Demografické údaje:

Data o obyvatelstvu byla získána z ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky)



Obr. 9 a 10 – Počet obyvatel, rozložení věku obyvatelstva v r. 2008

Údaje o úmrtnosti byly získány z ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky) za roky 2006 – 2010.

Tabulka 6 – Roční průměrné hodnoty a roční míra na 100 000 úmrtí (2008)

Zdravotní důsledky	ICD10	Věk	Roční průměr (muži)	Roční míra na 100 000 (muži)	Roční míra (ženy)	Roční míra na 100 000 (ženy)
Úmrtnost bez vnějších příčin*	A00-R99	všichni	4 126	1 003	4 146	980
Kardiovaskulární úmrtnost	I00-I99	všichni	1 994	484,8	2354	556,4
Respirační úmrtnost	J00-J99	všichni	231	56,2	229	54,1
Úmrtnost – rakovina plic	C33-34	všichni	391	95,1	151	35,7

* Úmrtnost bez vnějších příčin nezahrnuje násilná úmrtí, jako následkem zranění, sebevraždy, zabíjení nebo nehody

Tabulka 7 – Roční průměrné hodnoty a roční míra na 100 000 hospitalizovaných osob (2008)

Zdravotní důsledky	ICD10	Věk	Roční průměr (muži)	Roční míra na 100 000 (muži)	Roční průměr (ženy)	Roční míra na 100 000 (ženy)
Celkem		všichni	86 939	21 142,0	116 387	27 510,2
Choroby oběhového systému		všichni	15 461	3 759,8	13 941	3 295,2
Choroby oběhového systému		všichni	6 744	1 640,0	4 995	1 180,7
Nádory		všichni	8361	2033,2	9139	2160,2

Změny v úmrtnosti v průběhu času: standardizovaná míra úmrtnosti 2006-2010

Standardized Death Rates*/100 000 inhabitants, Ústí 2006-2010					
	2006	2007	2008	2009	2010
all causes	776,37	765,61	749,61	720,29	799,39
CVD	356,36	305,64	305,81	316,62	344,83
Resp dis	42,30	34,20	35,13	43,13	53,06
Lung cancer	46,87	50,87	49,74	45,66	53,28
Standard: European population, 1976					

Metodologie

Kalkulace

- krátkodobého dopadu PM₁₀ na celkovou úmrtnost bez vnějších příčin, v souvislosti s kardiovaskulárními a respiračními chorobami v Ústí nad Labem
- krátkodobého dopadu PM₁₀ na celkovou úmrtnost pro Chomutov, Litoměřice, Most, Teplice, Děčín, Louny

Použitou metodou bylo vyhodnocení nárůstu úmrtnosti při zvýšených koncentracích PM₁₀.

Analýza nadměrné úmrtnosti ve dnech, kdy denní koncentrace PM_{10} přesáhly limitní hodnotu ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tabulky 8 - 10 ukazují nadměrnou úmrtnost z různých příčin ve dnech, kdy byly denní koncentrace $PM_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Můžeme prohlásit, že krátkodobý dopad koncentrace PM ve dnech, kdy denní koncentrace překročily limit, je v Ústeckém kraji omezený. Zvážíme-li vliv na celkovou úmrtnost, 2 – 6 případů na 100 000 obyvatel lze připsat tzv. dnům „špičky“ v Ústí, nejvyšší průměrná úmrtnost byla zachycena ve městech Most a Teplice (7 – 8 případů). V případech specifických případů úmrtnosti je tento vliv ještě nižší; 1 – 3 případy z důvodu kardiovaskulárních onemocnění a 1 případ způsobený respiračními chorobami na 100 000 obyvatel ve městě Ústí.

Tabulky 8 - 10 ukazují nadměrnou úmrtnost z různých příčin ve dnech, kdy byly denní koncentrace $PM_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v Ústí nad Labem. Toto je příklad modelové situace.

Tabulka 8 – Úmrtí bez vnějších příčin (ICD10A00-Q99)

Rok	Počet dní za rok překračujících $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Počet úmrtí	Počet úmrtí na 100 000
2006	86	5,3	5,6
2007	53	1,7	1,8
2008	53	2	2,1
2009	48	1,9	2,0
2010	64	3,3	3,5

Připsatelná úmrtí ve dnech, kdy denní koncentrace PM_{10} přesahovaly $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Celkový počet a počet na 100 000 obyvatel (95% meze intervalu spolehlivosti) připsatelný akutním účinkům PM_{10} .

Tabulka 9 – Úmrtí na kardiovaskulární choroby (ICD10: I00-I99)

Rok	Počet dní překračujících $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Počet úmrtí	Počet úmrtí na 100 000
2006	86	3,3	3,5
2007	53	0,9	0,9
2008	53	1,1	1,2
2009	48	1,2	1,3
2010	64	2,9	3,0

Připsatelná úmrtí ve dnech, kdy denní koncentrace PM_{10} přesahovaly $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Celkový počet a počet na 100 000 obyvatel (95% meze intervalu spolehlivosti) připsatelný akutním účinkům PM_{10} .

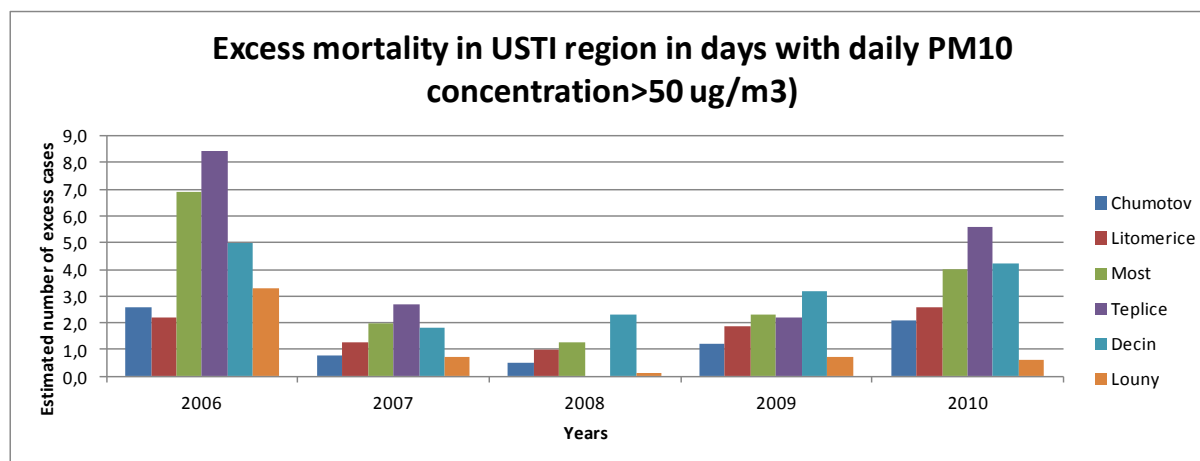
Tabulka 10 – Úmrtí na respirační choroby (ICD10:J00-J99)

Rok	Počet dní překračujících 50 µg/m ³	Počet úmrtí	Počet úmrtí na 100 000
2006	86	0,6	0,6
2007	53	0,1	0,1
2008	53	0,2	0,2
2009	47	0,2	0,2
2010	63	0,4	0,4

Připsatelná úmrtí ve dnech, kdy denní koncentrace PM₁₀ přesahovaly 50 µg/m³. Celkový počet a počet na 100 000 obyvatel (95% meze intervalu spolehlivosti) připsatelný akutním účinkům PM₁₀.

Tabulka 11 – Počet dní s denní průměrnou koncentrací PM₁₀ >50 µg/m³ a počet připsatelných úmrtí ze všech příčin v 6 městech Ústeckého kraje, 2006-2010

	Chomutov		Litomerice		Most		Teplice		Decin		Louny	
year	# of days>50 ug/m3	# of excess death	# of days>50 ug/m3	# of excess death	# of days>50 ug/m3	# of excess death	# of days>50 ug/m3	# of excess death	# of days>50 ug/m3	# of excess death	# of days>50 ug/m3	# of excess death
2006	45	2,6	37	2,2	82	6,9	82	8,4	74	5,0	69	3,3
2007	24	0,8	30	1,3	58	2,0	45	2,7	44	1,8	16	0,7
2008	16	0,5	19	1,0	38	1,3	27	*	54	2,3	6	0,1
2009	35	1,2	29	1,9	46	2,3	25	2,2	55	3,2	8	0,7
2010	48	2,1	41	2,6	61	4,0	40	5,6	73	4,2	16	0,6



Obr. 11 – Nadměrná úmrtnost v Ústeckém kraji ve dnech, kdy denní byla koncentrace PM₁₀ >50 µg/m³ 2006-2010

Analýza dopadů na zdraví

Analýza příznivých dopadů snížení škodlivin v ovzduší na zdraví

TAB vybíral různé scénáře, aby vyhodnotil dopady krátkodobého a dlouhodobého vystavení znečištěnému ovzduší na zdraví. Scénáře pro každou škodlivinu jsou rozebírány níže. (Metoda HIA je rozepsaná v příloze 1)

Krátkodobé dopady PM₁₀

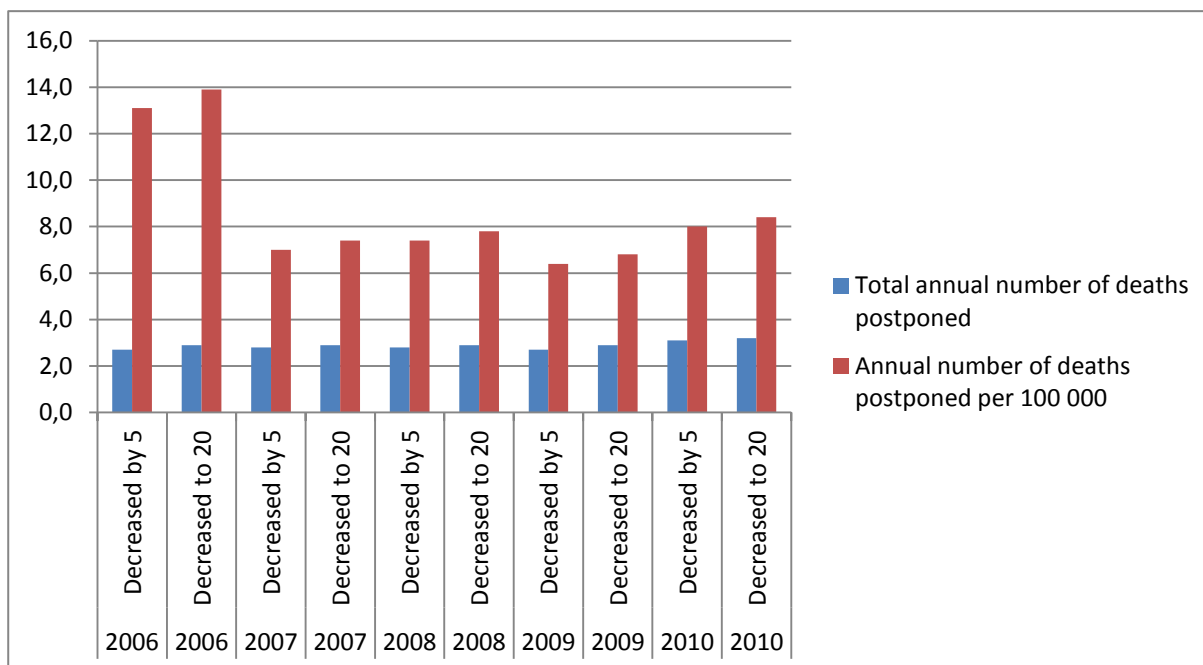
Pro PM₁₀ jsme nejdříve zvažovali scénář, kdy se roční průměr PM₁₀ sníží o 5 µg/m³ a dále scénář, kdy se roční průměr PM₁₀ sníží na 20 µg/m³, což je směrnice WHO pro roční kvalitu ovzduší (WHO-AQG).

Protože průměrné denní koncentrace PM₁₀ byly mezi 31,6-43,5 µg/m³, snížení na 20 µg/m³ by mohlo zabránit 3 případům úmrtí z celkové úmrtnosti bez vnějších příčin. Snížení o 5 µg/m³ všech 24hodinových hodnot PM₁₀ by zabránilo podobnému počtu úmrtí ze stejných příčin ve městě Ústí.

Tabulka 12 – Potenciální přínos snížení ročních koncentrací PM₁₀ pro celkovou úmrtnost bez vnějších příčin* v Ústí nad Labem

Rok	Scénář	Celkový počet oddálených úmrtí	Celkový počet oddálených úmrtí na 100 000
2006	Snížení o 5 µg/m ³	2,7	13,1
2006	Snížení na 20 µg/m ³	2,9	13,9
2007	Snížení o 5 µg/m ³	2,8	7,0
2007	Snížení na 20 µg/m ³	2,9	7,4
2008	Snížení o 5 µg/m ³	2,8	7,4
2008	Snížení na 20 µg/m ³	2,9	7,8
2009	Snížení o 5 µg/m ³	2,7	6,4
2009	Snížení na 20 µg/m ³	2,9	6,8
2010	Snížení o 5 µg/m ³	3,1	8,0
2010	Snížení na 20 µg/m ³	3,2	8,4

* Úmrtnost bez vnějších příčin nezahrnuje násilná úmrtí, jako zranění, sebevraždy, zabití či nehody



Obr. 12 – Potenciální přínos snížení ročních koncentrací PM₁₀ pro celkovou úmrtnost ve městě Ústí in 2006-2010

Dlouhodobé dopady PM_{2,5}

Pro PM_{2,5} jsme nejprve zvažovali scénář, kde je roční průměr PM_{2,5} snížený o 5 µg/m³, poté scénář, kde je roční průměr PM_{2,5} snížený na 10 µg/m³ (WHO AQG).

Dlouhodobé snížení koncentrace PM_{2,5} o 5 µg/m³ by zabránilo 15- 32 případům úmrtí ze všech příčin, další snížení PM_{2,5} (to 10 µg/m³), by zabránilo případům úmrtí dvakrát až třikrát více (27-89), (Tabulka 13). Podobného prospěchu by mohlo být dosaženo u kardiovaskulární úmrtnosti (Tabulka 14). Tento prospěch lze též vyjádřit přínosy pro očekávanou střední délku života u třicetiletého člověka, kvůli sníženému riziku smrti u všech příčin ve městě Ústí. Tento ukazatel ukazuje váhu scénáře snižování roční průměrné koncentrace na 10 µg/m³.

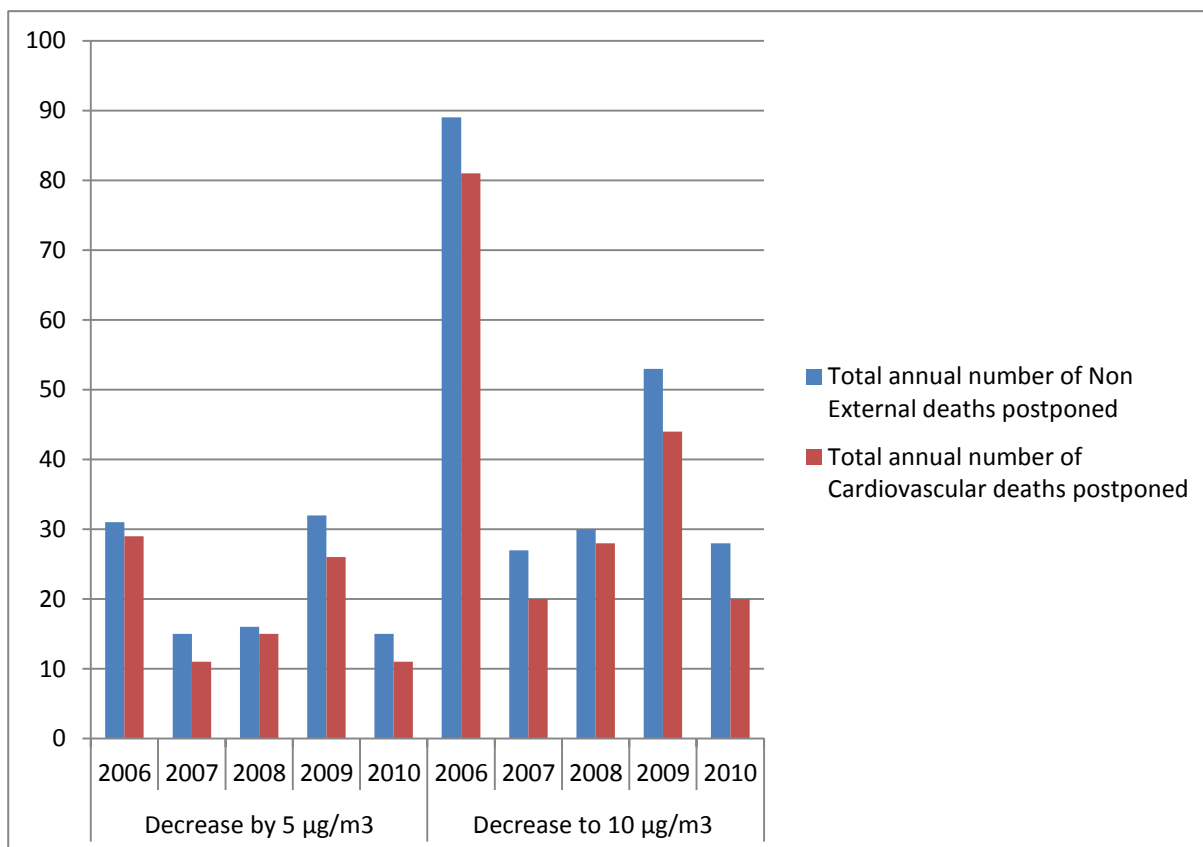
Tabulka 13 – Potenciální přínos snížení ročních koncentrací PM_{2,5} pro celkovou úmrtnost a průměrnou délku života

Rok	Scénář	Celkový roční počet oddálených úmrtí	Celkový roční počet oddálených úmrtí na 100 000	Přírůstek průměrné délky života
2006	Snížení o 5 µg/m ³	31	52	0,3
2006	Snížení na 10 µg/m ³	89	149	10,4
2007	Snížení o 5 µg/m ³	15	54	0,3
2007	Snížení na 10 µg/m ³	27	96	6,1
2008	Snížení o 5 µg/m ³	16	50	0,3
2008	Snížení na 10 µg/m ³	30	94	6,1

2009	Snížení o 5 µg/m ³	32	53	0,3
2009	Snížení na 10 µg/m ³	53	88	5,9
2010	Snížení o 5 µg/m ³	15	53	0,3
2010	Snížení na 10 µg/m ³	28	96	6,1

Tabulka 14 – Potenciální přínos snížení ročních koncentrací PM_{2,5} pro celkovou kardiovaskulární úmrtnost

Rok	Scénář	Celkový počet oddálených úmrtí	Celkový počet oddálených úmrtí na 100 000
2006	Snížení o 5 µg/m ³	29	48
2006	Snížení na 10 µg/m ³	81	135
2007	Snížení o 5 µg/m ³	11	39
2007	Snížení na 10 µg/m ³	20	69
2008	Snížení o 5 µg/m ³	15	47
2008	Snížení na 10 µg/m ³	28	88
2009	Snížení o 5 µg/m ³	26	44
2009	Snížení na 10 µg/m ³	44	73
2010	Snížení o 5 µg/m ³	11	39
2010	Snížení na 10 µg/m ³	20	70



Obr. 13 – Potenciální přínos snížení ročních koncentrací PM_{2,5} na úmrtnost ve městě Ústí

Interpretace nálezů

Analýza expozice

V projektu TAB je zhodnocen očekávaný účinek dopadů zlepšování kvality ovzduší na celkovou úmrtnost ve dvou scénářích. Prachové částice jsou mezi škodlivinami ovlivňujícími zdraví hlavní škodlivinou – koncentrace škodlivin (hrubých a jemných). Expozice obyvatelstva je hodnocena měřením kvality ovzduší v měřicí síti poskytnuté CHMI. Ve všech městech v Ústeckém kraji jsou překračovány limity denních hodnot PM₁₀. Toto není klesající vývoj. Nejhorší situace je v Teplicích, Mostě a Ústí nad Labem.

Imisní koncentrace PM₁₀ nekorrespondují plně se snížením emise škodlivin. Bylo by vhodné vypočítat model expozice s alespoň dlouhodobým průměrem a vzít v úvahu výsledky měření. Na expozici může mít též velký vliv geografie. Např. Ústí nad Labem má největší sídliště se 40 000 obyvateli situované ve vyšší nadmořské výšce než je centrum města. Je pravděpodobné, že zdejší koncentrace se budou lišit od koncentrací naměřené v centru.

Zdravotní výsledky

K analýze dopadů na zdraví byly použity výsledky environmentálních a epidemiologických studií z velkých evropských a světových měst.

Krátkodobé dopady na zdraví

Pro krátkodobé dopady PM₁₀ byla využita funkce dávka/odpověď (d/r) u celkové úmrtnosti bez vnějších příčin. Pro analýzu přínosů snížení znečištění ovzduší byly použity dva scénáře:

- snížení o 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- snížení na 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Oba scénáře přinesly 3 případy (2-6 případů na 100 000 obyvatel) oddálení smrti ze všech příčin v Ústí nad Labem, 7-8 případů v Mostě a Teplicích. Specifická úmrtnost z kardiovaskulárních příčin byla snížena o 1 na 3 úmrtí, respektive 1 případ oddálení úmrtí z respiračních příčin na 100 000 obyvatel Ústí nad Labem.

Dlouhodobé dopady na zdraví

Pro dlouhodobé dopady $\text{PM}_{2,5}$ byla použita funkce dávka/odpověď (d/r) u celkové úmrtnosti bez vnějších příčin. Pro analýzu přínosů snížení znečištění ovzduší byly použity dva scénáře:

- snížení o 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- snížení na 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

První scénář by oddálil nebo zabránil mezi 15 až 32 úmrtím ze všech příčin. Druhý scénář snížil koncentrace prachových částic $\text{PM}_{2,5}$ na 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, což znamenalo zabránění nebo oddálení úmrtí ze všech příčin o 27-89, tj. třikrát více než první scénář.

Scénář, který snižuje koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ na 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ je v souladu s WHO AQG pro Evropu z roku 2005, a tím pádem s navrhovanými limitními hodnotami, které WHO implementovala v projektu EU Čistý vzduch pro Evropu (CAFE).

Oddálení úmrtí způsobených kardiovaskulárními chorobami kopírovalo výše zmíněnou celkovou úmrtnost (11 až 81 případů úmrtí, respektive 39 – 135 na 100 000 obyvatel).

Při vyhodnocování dlouhodobých účinků snižování ročních koncentrací $\text{PM}_{2,5}$ na 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se potenciální prospěch odrážel v očekávaných letech přežití (průměrná délka života), u osob ve věku 30 let představovalo přírůstek od 0,3 po 6,1 let.

Diskuse

Výsledky jsou vždy ovlivněny příjmem na hlavu, přístupem k lékařské péči a přístupem k informacím (citováno Alberinim). Ústecký kraj se bude pravděpodobně lišit od velkých epidemiologických studií d/r, ale také se budou lišit jednotlivá města v Ústeckém kraji. Jednotlivé faktory mohou zvyšovat vliv na zranitelnost populací vystavených vlivu škodlivin. Na úmrtnosti, od které byly odvozeny dopady znečištění ovzduší, se mohou podílet epidemie, dopady tropických dnů doprovázených vlnami veder, reálná migrace určitých skupin, z důvodů vznikajících v kraji, a další demografické ukazatele specifické pro náš kraj, hlavně některé okresy. Také se může uplatnit expozice škodlivinám z hlavních zdrojů znečištění umístěných mimo Ústecký kraj, kterou vzdálená měření znečištění nezachytí.

Bibliografie

Anna Páldy, Tamás Pándics, János Bobvos (2012): The Methodology Impacts of air pollution on human health: vulnerability – adaptability

Reference

www.chmi.cz
www.zuusti.cz
www.uzis.cz
databáze autorů

Příloha

Příloha 1 – výpočet krátkodobé nadměrné úmrtnosti v důsledku zvýšené koncentrace PM₁₀ za použití software AirQ2.2

The Air Quality Health Impact Assessment Tool (AirQ) je specializovaný software, který umožňuje uživateli analyzovat potenciální dopad vystavení dané škodlivině na lidské zdraví v definované městské oblasti během určitého časového období.

Tento nástroj je založený na analytickém přístupu, který kombinuje informace o vztahu mezi expozicí a odpovědí, aby určil očekávaný rozsah účinků expozice populace na zdraví.

Informace o vztahu vystavení-odpověď vycházejí z epidemiologických studií relativního rizika pro různé zdravotní cílové ukazatele. Údaje pro kalkulaci nadměrné úmrtnosti u expozice populace (údaje o populaci, míry výskytu pro požadované zdravotní cílové ukazatele a údaje o kvalitě ovzduší) budou poskytnuty.

Metodologii, jak používat tento software, lze nalézt na následující webové stránce:

<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/quantification-of-the-health-effects-of-exposure-to-air-pollution-the-air-quality-health-impact-assessment-software-airq-2.2/installation-instructions>

Hodnoty relativního rizika použité k výpočtu nadměrné úmrtnosti

Zdravotní důsledek	Věková skupina	RELATIVNÍ RIZIKO		
		PM ₁₀ -krátkodobě	PM _{2,5} -dlouhodobě	Ozon-krátkodobě
ÚMRTNOST				
Všechny případy bez vnějších příčin ICD10: A00-R99	0-X	1,0074 (1,0062-1,0086)	1,06 (1,02-1,1)	1,0031 (1,0017-1,0052)
Kardiovaskulární choroby ICD10: I00-I99	0-X	1,008 (1,005-1,018)	-	
Respirační choroby ICD10: J00-J99	0-X	1,012 (1,0048-1,037)	-	

Calculation of excess number of deaths due to air pollution

Distribution of concentration categories of air pollutants

Relative risk values

Attributable risk (AR)

Incidence (I)

Number of population (N)

$$N_{\text{excess deaths}} = I \times AR \times N$$

Number of excess death cases

Příloha 2 – Analýza dopadů na zdraví

Pro každý zvolený vztah mezi škodlivinami a zdravotními následky byla použita funkce

$$\Delta y = y_0 (1 - e^{-\beta \Delta x})$$

kdy Δy je výsledkem HIA

y_0 jsou výchozí data

Δx je snížení koncentrací definované daným scénářem

β je koeficient funkce koncentrace-odpověď ($\beta = \log(\text{RR per } 10 \mu\text{g}/\text{m}^3)/10$)

Dopad snížení koncentrace škodliviny na průměrnou délku života byl vypočítán za použití metodologie se standardní zkrácenou (věkové skupiny s rozsahem 5 let) úmrtností tabulkou, kdy se využila data o úmrtnosti u každé věkové skupiny. Použili jsme redukční faktor pro míru úmrtnosti, značený ${}_n D_x$, dle

$${}_n D_x^{\text{impacted}} = {}_n D_x * e^{-\beta \Delta x}$$

Δx je snížení koncentrace definované daným scénářem

β je koeficient funkce koncentrace-odpověď

Funkce koncentrace-odpověď (CRF) byly vybrány z literatury, přednostně z multi-městských studií lokalizovaných v Evropě. (Tabulka 1).

Tabulka 1 – Zdravotní důsledky a relativní rizika použité v HIA

HIA	Zdravotní důsledek	Věk	RR na 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ref
Krátkodobý dopad PM_{10}	Úmrtnost bez vnějších příčin	všichni	1.006 [1.004-1.008]	(4)
	Hospitalizace respirační chor.	všichni	1.0114 [1.0062-1.0167]	(5)
	Hospitalizace srdeční onem.	všichni	1.006 [1.003-1.009]	(5)
	Úmrtnost bez vnějších příčin	všichni	1.0031 [1.0017-1.0052]	(6)
Krátkodobý dopad O_3	Hospitalizace respirační chor.	15-64	1.001 [0.991-1.012]	(4)
	Hospitalizace respirační chor.	≥ 65	1.005 [0.998-1.012]	(4)
	Úmrtnost bez vnějších příčin	všichni	1.0031 [1.0017-1.0052]	(6)
Dlouhodobý dopad $\text{PM}_{2,5}$	Celková úmrtnost	>30	1.06 [1.02-1.11]	(7)
	Úmrtnost kardiovaskulární	>30	1.12 [1.08-1.15]	(8)

PM_{10}

V případě PM_{10} jsme nejprve zvážili scénář, kdy je roční průměr PM_{10} snížen o 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a poté scénář, kdy je ten samý roční průměr PM_{10} snížen na 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, což je směrnice o kvalitě ovzduší vydaná WHO (WHO-AQG).

Ukazatelem expozice PM_{10} byl roční průměr, vypočítaný jako aritmetický průměr denních koncentrací na vybraných stanicích. Korespondující Δx pro tyto dva scénáře jsou:

- Scénář 1, $\Delta x = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Scénář 2, $\Delta x = ([\text{PM}_{10}]\text{průměr} - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3)$.
 $\Delta x = 0$ pokud $[\text{PM}_{10}]$ průměr < 20

Ozon

Pro ozon stanovuje WHO dvě hodnoty denního maximálního osmihodinného průměru. Jako prozatímní cílová hodnota (WHO-IT1) je stanoveno $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Účel této prozatímní hodnoty je definovat kroky při postupném snižování znečištění ovzduší v nejvíce znečištěných oblastech. Hodnota, která je nastavena směrnicí o čistotě ovzduší (WHO-AQG), činí $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nejprve jsme zvážili scénář, kdy byly veškeré denní hodnoty nad $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sníženy na WHO-IT ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$), poté scénář, kdy byly všechny denní hodnoty nad $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sníženy na WHO-AQG ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a konečně scénář, kdy je denní průměr snížen o $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ukazatel expozice ozonu tvořilo nakumulované množství přesahující definované mezní hodnoty, vypočítané za využití osmihodinových denních hodnot

$$\Delta x = \frac{\sum_{i=1}^N O_i}{N}$$

Korespondující Δx pro dva scénáře jsou:

- Scénář 1, když $[\text{O}_3]_i \geq 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $O_i = ([\text{O}_3]_i - 160)$
když $[\text{O}_3]_i < 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $O_i = 0$
- Scénář 2, když $[\text{O}_3]_i \geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $O_i = ([\text{O}_3]_i - 100)$
když $[\text{O}_3]_i < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $O_i = 0$
- Scénář 3, kdy je roční průměr ozonu snížen o $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. $\Delta x = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PM_{2,5}

Pro PM_{2,5} jsme nejdříve zvážili scénář, kdy je roční průměr PM_{2,5} snížen o $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a poté scénář, kdy je roční průměr PM_{2,5} snížen na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (roční AQG dle WHO).

Ukazatel expozice PM_{2,5} byl roční průměr, vypočítaný jako aritmetický průměr denních koncentrací na vybraných stanicích. Korespondující Δx u těchto dvou scénářů jsou;

- Scénář 1, $\Delta x = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Scénář 2, $\Delta x = ([\text{PM}_{2,5}]_{\text{průměr}} - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3)$
 $\Delta x = 0$ když $[\text{PM}_{2,5}]_{\text{průměr}} < 10$