

Ministerstvo dopravy

Metodický pokyn ke snižování prašnosti z dopravy

METODIKA
uplatnění výsledků výzkumu

2008

Metodický pokyn ke snižování prašnosti z dopravy

2008

Výstup řešení projektu:	PRAŠNOST DOPRAVY A JEJÍ VLIVY NA IMISNÍ ZATÍŽENÍ OVZDUŠÍ SUSPENDOVANÝMI ČÁSTICEMI
Identifikační kód CEZ:	1F54H/098/520
Zpracovatel:	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV)
Odpovědný řešitel:	Vladimír Adamec (vladimir.adamec@cdv.cz)
Spoluřešitelé:	Jiří Pospíšil (VUT), Roman Ličbinský (CDV), Jiří Huzlík (CDV), Miroslav Jícha (VUT)
Metodika schválena:	Metodický pokyn přijat oponentním řízením Ministerstva dopravy projektu 1F54H/098/520: "Prašnost dopravy a její vliv na imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi".

Předmluva

Metodický pokyn byl vypracován jako reakce na řadu odborných studií, které ve svých závěrech jednoznačně prokazují spojitost mezi znečištěním ovzduší pevnými částicemi, jejichž významným zdrojem je i doprava, a výskytem respiračních a kardiovaskulárních onemocnění vedoucích až k případům úmrtí. Nejvíce ohroženou skupinou jsou obyvatelé žijící v blízkosti silničních komunikací se zvýšenou intenzitou dopravy. Tento metodický pokyn, jako první ucelený dokument, přispívá ke snižování negativních vlivů těchto částic, zejména v různých typech obytné zástavby.

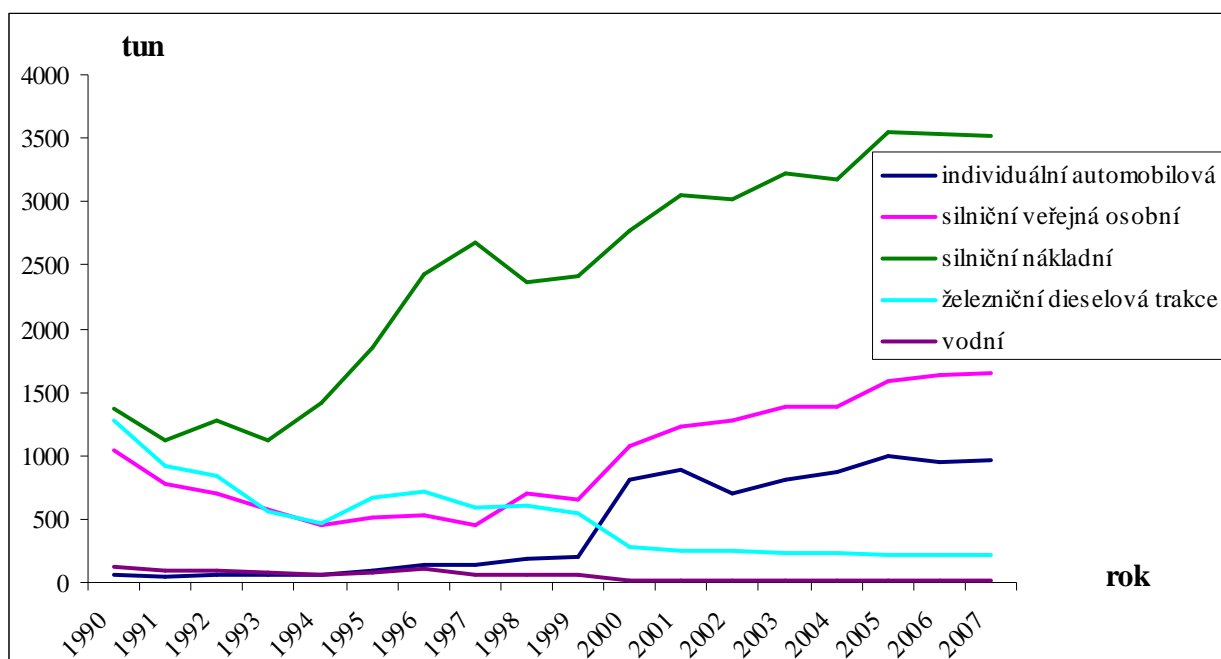
Obsah

1	Úvod.....	6
2	Účel a předmět metodického pokynu	6
3	Nástin problematiky	7
4	Výklad pojmů	8
5	Použité podklady	9
6	Metodická část.....	9
6.1	Požadavky na hardware a software	9
6.2	Uživatelské rozhraní	9
6.3	Použité emisní faktory	10
6.4	Volené parametry	11
6.5	Řešené prvky.....	11
6.5.1	Typ charakteristické zástavby	11
6.5.2	V1 Silnice ve volném prostoru.....	12
6.5.3	U1 Uliční kaňon	12
6.5.4	P2 Křižovatka Ú/Ú	12
6.5.5	P3 Rezidenční čtvrť	13
6.5.6	P4 Malé panelové domy.....	13
6.5.7	P5 Navazující panelové domy.....	14
6.6	Směr větru	14
6.7	Rychlost větru	14
6.8	Rychlost jízdy	15
6.9	Intenzita dopravy.....	15
6.10	Opatření ke snížení koncentrace částic PM ₁₀	15
6.11	Zobrazované výsledky	16
7	Doporučení a informace pro orgány státní správy	16
7.1	Opatření na celostátní úrovni	16
7.2	Opatření na regionální a městské úrovni.....	17
8	Seznam použitých zkratk.....	18
9	Použitá literatura	19
10	Platnost metodického pokynu	19

1 Úvod

V současné době se hovoří ve spojitosti s dopravou a zdravím člověka převážně o dopravních nehodách. Zatímco u dopravních nehod je poranění nebo úmrtí jasným a zřetelným jevem, negativní vlivy, jako např. znečištění ovzduší, jsou jevem pozvolným, velmi často s nevratným poškozením organismů. V této souvislosti pak můžeme hovořit o problematice dopravních nehod jako o rizicích krátkodobých, zatímco o emisích produkovaných dopravou jako o rizicích dlouhodobých, která jsou bohužel vnímána méně intenzivně než nehodovost.

Mezi nejzávažnější škodliviny emitované také z dopravy, s prokazatelnými negativními účinky na zdraví člověka, zejména ve velkých městech s intenzivní dopravou, patří emise pevných částic (PM) v ovzduší. Nebezpečnost nespočívá jen v jejich mechanických vlastnostech, ale především v obsahu rizikových organických (polyaromatické uhlovodíky) nebo celé řady anorganických polutantů jako jsou kovy, dusičnany, amonné ionty, sírany apod.



Obr. 1 Vývoj emisí pevných částic produkovaných jednotlivými druhy dopravy

Celkové emise a vlastnosti emitovaných částic jsou významně ovlivňovány faktory jako je typ dopravního prostředku, váha, rychlost, použité palivo, seřízení motoru, účinnost odstraňování částic z výfukových plynů (přítomnost katalyzátoru), stáří, stav vozovky a celkový terén a údržba.

Emise PM v ovzduší vznikající při provozu motorových vozidel mají prokazatelně negativní účinky na lidské zdraví a to především ve velkých městech s intenzivní dopravou. Dlouhodobé vystavení jejich účinkům zkracuje očekávanou délku života. Navíc poznatky z posledních let ukazují, že i nižší koncentrace než jsou stanovené limity mohou vyvolávat poškození zdraví člověka a to zejména při dlouhodobé expozici. Nezanedbatelné jsou i změny v imunitním systému člověka, kdy může docházet jak ke změnám ve smyslu navození imunodeficitu, tak i rozvoje autoimunity či alergické reakce.

2 Účel a předmět metodického pokynu

Jak vyplývá z výše uvedeného, nabývá problematika prašnosti na aktuálnosti a stává se tak jednou z priorit výzkumu nejen u nás, ale i ve světě. Metodický pokyn, určený zejména pro orgány státní správy a samosprávy, je nástrojem pro snižování negativního vlivu prašnosti z

dopravy na zdraví a životní prostředí způsobených PM v ovzduší. Nedílnou součástí metodického pokynu je softwarový produkt TIMIS, vč. manuál k ovládání, který slouží k rychlé orientaci ve výběru možných opatření vedoucích ke snížení prašnosti v charakteristických prvcích městské zástavby. K tomuto účelu je v metodickém pokynu obsažen soubor konkrétních opatření na úrovni operativního i strategického řešení negativního vývoje imisních situací.

3 Nástin problematiky

Emise PM vznikající při provozu motorových vozidel (spalování pohonných látek, otěr pneumatik, brzdného obložení a povrchu vozovek, zejména u živičných povrchů apod.). V atmosféře se s nimi setkáváme v podobě složité heterogenní směsi z hlediska velikosti částic a jejich chemického složení [1], [2]. Možným důsledkem zvýšených koncentrací PM v ovzduší je také nárůst počtu úmrtí následkem chronické bronchitidy, která je na páté příčce celosvětové úmrtnosti, a infarktu myokardu, dále vznik alergických onemocnění, astmatu, respiračních a kardiovaskulárních problémů [3]. Některé studie poukazují dokonce i na možný vznik rakoviny, zejména respiračních orgánů [4], [5], [6], [7]. Podle dalších zdrojů byl rovněž pozorován 40% nárůst rakoviny plic při dlouhodobé expozici vysokým koncentracím výfukových plynů diesellových motorů [8]. Negativní účinek PM částečně závisí na jejich velikosti, protože právě velikost částic určuje, jak hluboko částice projdou dýchacím ústrojím. Do dýchacího traktu vstupují částice menší než 10 μm . Hrubé částice a část jemné frakce je zachycena již v horních cestách dýchacích a v průdušnici. Suspendované částice menší než 1 μm se dostávají až do plicních sklípků kde dochází k jejich akumulaci a tím se zhoršuje funkce plic [8]. Univerzita Provo v Utahu (USA) provedla velmi rozsáhlý výzkum, jehož výsledky jsou alarmující. Po dobu 15ti let vědci sledovali 500 000 lidí žijících ve velkých městech s velkým zatížením jemným prachem. Během sledovaného období 22% lidí zemřelo, z toho téměř polovina následkem srdeční zástavy. Studie uvádí, že zvýšení obsahů PM o 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ prokazatelně způsobilo 12% nárůst srdečních onemocnění a současně 18% nárůst ischemických onemocnění, která mohou vést až k infarktu [6]. Podrobná studie o dopadech znečištění ovzduší na zdraví obyvatel byla zpracována v osmi největších městech Itálie, kde byly zjištěny průměrné koncentrace PM₁₀ za roky 1998 – 1999 vyšší než 45 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přitom snížením obsahů na 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ by bylo možné předejít 2 000 úmrtí [10]. APHEIS (Air Pollution and Health: a European Information System) zjistil, že pokles úrovně PM₁₀ o 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ může zabránit předpokládanému úmrtí 1 560 lidí a jestliže se úroveň PM₁₀ sníží na 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ může dojít ke snížení úmrtí až o 11 855 [3]. Švýcarsko, Francie a Rakousko řešilo koncem devadesátých let minulého století společný projekt o dopadech znečištění ovzduší na obyvatele. Počet úmrtí vztažených ke znečištění ovzduší v těchto zemích byl v roce 1996 cca. 40 000. Přibližně polovina je pak důsledkem znečištění pocházejícího přímo z dopravy [11], [12]. Ohroženi jsou především lidé s oslabeným imunitním systémem, astmatici, kardiaci a děti, které inhalují výfukové plyny téměř „přímo“ z výfuků. Podle zmíněných studií je s produkcí emisí přímo spojeno téměř 300 000 záchvatů bronchitidy u dětí mladších 15ti let oproti 25 000 záchvatů dospělých starších 25ti let a 135 000 astmatických záchvatů u dětí mladších 15ti let. Podle různých zdrojů [8], [13] na následky znečištění ovzduší zemře v Evropě ročně 102 000 – 368 000 lidí, z toho 36 000 – 129 000 úmrtí může být vnímáno jako důsledek dlouhodobé expozice vůči znečištění způsobeném dopravou v evropských městech. Z toho ještě přibližně 35% úmrtí může být přímo vztaženo ke znečištění pevnými částicemi [8]. Podle nejnovějších průzkumů provedených Evropskou unií však zemřelo v roce 2000 v celé EU na nemoci související se znečištěním ovzduší PM 348 900 lidí a jemný prach v průměru snižuje délku života každého Evropana o devět měsíců [14] a to i v případě expozice nižšími koncentracemi než jsou stanovené limity [15]. Znečištění ovzduší má na svědomí přibližně 7krát více životů než dopravní nehody na evropských silnicích [12].

4 Výklad pojmů

Databáze	určitá uspořádaná množina informací (dat) uložená na paměťovém médiu; v širším smyslu jsou součástí databáze i softwarové prostředky, které umožňují manipulaci s uloženými daty a přístup k nim
Doprava	a) úmyslný pohyb (jízda, plavba, let) dopravních prostředků po dopravních cestách nebo činnost dopravních zařízení, b) odvětví národního hospodářství, které zajišťuje a uskutečňuje přemísťování osob a věcí
Dopravní prostředek	technický prostředek, jehož pohybem se uskutečňuje přemísťování osob a věcí
Emisní faktor škodliviny	hmotnost této škodliviny vztažená na jednotku hmotnosti spáleného paliva, spotřebované energie, ujeté vzdálenosti nebo výkonu motoru
Hardware	fyzicky existující technické vybavení počítače
Intenzita dopravy	počet silničních vozidel nebo chodců, který projede určitým příčným řezem pozemní komunikace nebo jeho části za zvolené časové období
Křižovatka	je místo, v němž se pozemní komunikace protínají nebo spojují
Panelový dům	obytný objekt využívající konstrukční stěnový systém z prefabrikovaných panelů
Pevné částice	částice pevného a kapalného materiálu o velikosti od 1 nm až po 100 μm , které setrvávají po určitou dobu v ovzduší
PM ₁₀	částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost 50 %
Pozemní komunikace	komunikace určená zejména pro pohyb dopravních prostředků, cyklistů a chodců
Prašnost	znečištění ovzduší hmotnými částicemi, které rozptýleny ve vzduchu tvoří aerosoly, které dělíme podle mechanismu vzniku na prach (drcení pevných materiálů), kouř (spalování organických hmot) a dým (oxidace anorganických látek).
Rezidenční čtvrť	oblast zastavěná objekty o výšce nejvýše 3 nadzemních podlaží, kdy objekty tvoří spojitou zástavbu a rozsáhlé plochy mezi objekty jsou vyplněny vegetací parkového charakteru
Rychlost větru	představuje dráhu vzduchové částice, kterou proběhne za jednotku času
Rychlost jízdy	dráha dopravního prostředku, kterou urazí za jednotku času
Směr větru	vyjadřuje světovou stranu, odkud vítr vane
Software	programové vybavení počítače
Uživatelské rozhraní	je souhrn způsobů, jakými uživatelé ovlivňují chování strojů, zařízení, počítačových programů či komplexních systémů.

Uliční kaňon

pozemní komunikace uzavřená z obou stran souvislou zástavbou navazujících budov

5 Použité podklady

Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší.

Nařízením vlády č. 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší.

ČSN 01 8500 Základní názvosloví v dopravě

6 Metodická část

Databáze koncentračních map TIMIS vznikla jako dílčí výstup projektu Ministerstva dopravy 1F54H/098/520: "Prašnost dopravy a její vliv na imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi". Databáze umožňuje rychlý přístup k výsledkům parametrických studií provedených na numerických modelech městských oblastí, s cílem objasnit zákonitosti šíření suspendovaných částic PM₁₀ v blízkosti silničních komunikací, procházejících různými typy městské zástavby. Specifickým rysem použitého CFD modelování je detailní zahrnutí geometrie budov v blízkosti sledované komunikace. Dále postižení interakce mezi pohybujícími se automobily a okolním vzduchem. Vliv pohybu automobilů v městském prostředí silně ovlivňuje rychlostní pole vzdušné masy a v období bezvětří zcela určuje proudění v blízkosti zemského povrchu. Koncentrační pole v databázi TIMIS prezentují imisní příspěvek PM₁₀ způsobený silniční dopravou uvažovanou v řešených oblastech.

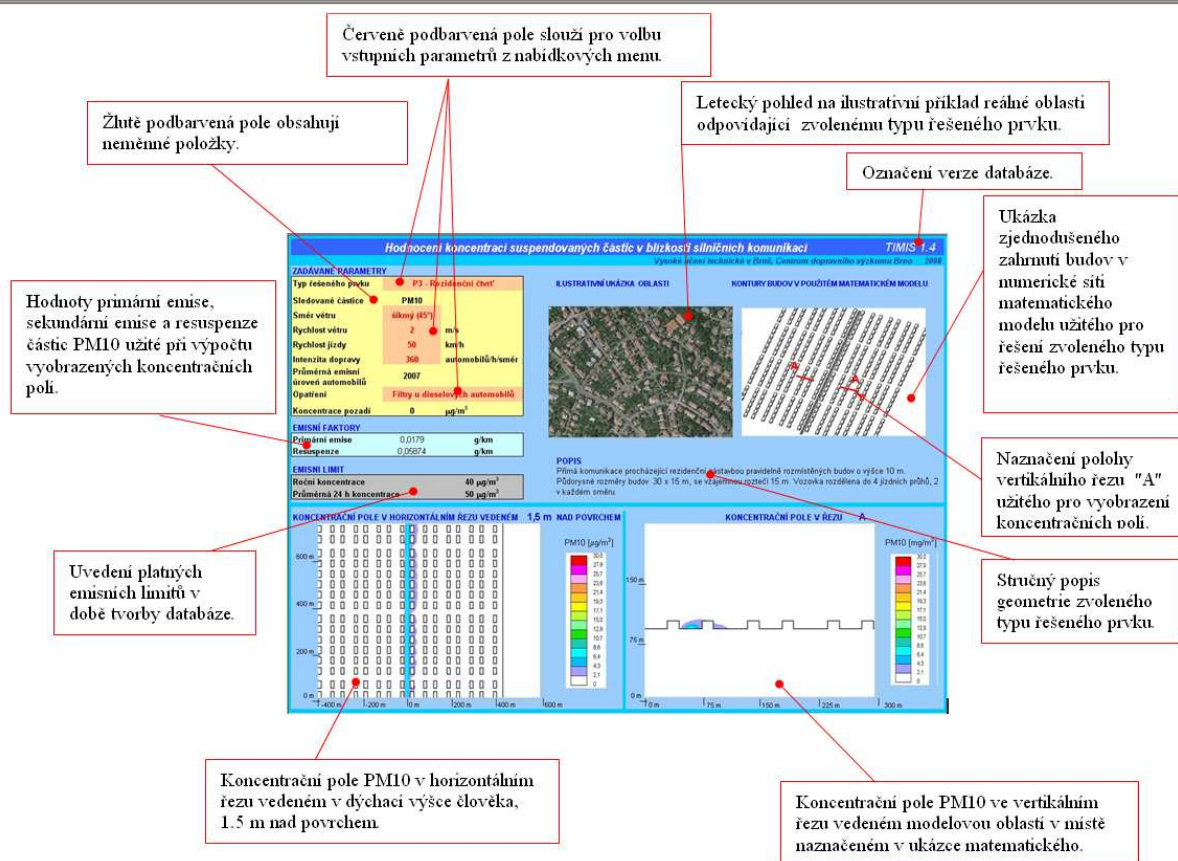
Vzhledem ke skutečnosti, že v prostředí městské zástavby „pod střechami budov“ není možno použít běžné rozptylové modely, představuje databáze TIMIS pomocný nástroj pro hodnocení imisní zátěže městských oblastí.

6.1 Požadavky na hardware a software

Databáze koncentračních map TIMIS je koncipována jako modul běžně dostupného software Microsoft Excel. Pro její spuštění je nutné užívat Microsoft Excel 2003 nebo novější a tomuto software odpovídající PC. Užívání databáze neklade žádné významné požadavky na výkon počítače.

6.2 Uživatelské rozhraní

Ovládání databáze TIMIS je realizováno prostřednictvím úvodní obrazovky, která se uživateli zobrazí po spuštění aplikace. Přestože soubor aplikace obsahuje více listů, je jejich zobrazení uživateli blokováno a v průběhu práce s databází pracuje pouze s rozhraním uvedený na obr. 2.



Obr. 2 Uživatelské rozhraní databáze TIMIS

Ovládání databáze spočívá ve volbě parametrů z nabídkových menu, na základě které je vyobrazeno odpovídající koncentrační pole. Pole umožňující volbu jsou v tabulce zadávaných parametrů podbarvena cihlovou barvou. Pole s jiným podbarvením nejsou určena ke změnám uživatelem, a jejich obsah je chráněn proti nežádoucímu přepisu. Pro změnu hodnoty cihlově podbarvených polí, je nutné v prvním kroku pole aktivovat kliknutím. U aktivovaného pole se objeví symbol rozbalovacího menu, ze kterého je možno volit hodnotu parametru. Význam dalších částí uživatelského rozhraní je přehledně uveden na obr. 2.

6.3 Použité emisní faktory

Emisní faktory, použité pro popis produkce částic PM₁₀ na komunikacích zahrnutých v numerických modelech řešených oblastí, byly získány jako součet primární emise částic PM₁₀ a sekundární emise částic včetně resuspenze. Konkrétní hodnoty emisních faktorů byly získány z interní databáze Centra dopravního výzkumu, v.v.i. a dostupných studií prezentovaných v letech 2004-2008. Použité emisní faktory zohledňují průměrnou emisní úroveň vozového parku pohybujícího se po komunikacích v ČR - odpovídající stavu roku 2007, viz tab. 1.

Tab. 1 Použité hodnoty základního stavu produkce částic

	Primární emise flotily [g/km/auto]	Sekundární emise + resuspenze [g/km/auto]	Celková emise [g/km/auto]	Celková emise [g/s/auto]
Základní emise PM10 pro 30 km/h	0,06805	0,0662	0,13425	0,00112
Základní emise PM10 pro 50 km/h	0,06060	0,0662	0,12680	0,00176
Základní emise PM10 pro 90 km/h	0,0654	0,0662	0,13160	0,00329

Vliv testovaných opatření a provozních režimů byl zohledněn do hodnoty emisního faktoru způsobem uvedeným v tab. 2. Konkrétní hodnota emisního faktoru použitá při řešení jednotlivých variant je zobrazena vždy v okně uživatelského rozhraní pod soupisem zadávaných parametrů.

Tab. 2 Použité modifikace emisních faktorů vyjadřující vliv testovaných opatření

Provozní režim		Koeficient snížení primární emise [1]	Primární emise [g/km/aut]	Koeficient sekundární emise [1]	Sekundární emise + resuspenze [g/km/aut]	Celková emise [g/km/aut]
30 km/h	Základní stav	1,00	0,0681	1,00	0,0662	0,1343
	Užití částicových filtrů 99%	0,40	0,0272	1,00	0,0662	0,0934
	Zavedení CNG BUS	0,80	0,0544	1,00	0,0662	0,1206
	Zvýšení podílu zeleně	1,00	0,0681	0,70	0,0463	0,1144
	Čištění komunikací	1,00	0,0681	0,85	0,0563	0,1243
50 km/h	Základní stav	1,00	0,0606	1,00	0,0662	0,1268
	Užití částicových filtrů 99%	0,40	0,0242	1,00	0,0662	0,0904
	Zavedení CNG	0,80	0,0485	1,00	0,0662	0,1147
	Zvýšení podílu zeleně	1,00	0,0606	0,70	0,0463	0,1069
	Čištění komunikací	1,00	0,0606	0,85	0,0563	0,1169
90 km/h	Základní stav	1,00	0,0654	1,00	0,0662	0,1316
	Užití částicových filtrů 99%	0,40	0,0262	1,00	0,0662	0,0924
	Zavedení CNG	0,80	0,0523	1,00	0,0662	0,1185
	Zvýšení podílu zeleně	1,00	0,0654	0,70	0,0463	0,1117
	Čištění komunikací	1,00	0,0654	0,85	0,0563	0,1217

6.4 Volené parametry

Tato kapitola seznamuje s dostupnými rozsahy volených parametrů a objasňuje jejich význam. Stručný soupis dostupných voleb jednotlivých parametrů je uveden v tab. 3.

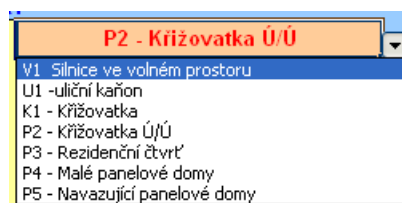
Tab. 3 Stručný soupis dostupných variant vyřešených pro všechny typy řešených prvků

Sledované částice	Směr větru	Rychlost větru [m/s]	Rychlost jízdy [km/h]	Intenzita provozu [aut/h/směr]	Opatření
PM10	podélný	2	30	360	Základní stav
	šikmý (45°)	4	50	720	Filtry u dieselových automobilů
	kolmý		90	1440	Přechod autobusů MHD na CNG Čištění komunikací Zvýšení podílu zeleně

6.5 Řešené prvky

6.5.1 Typ charakteristické zástavby

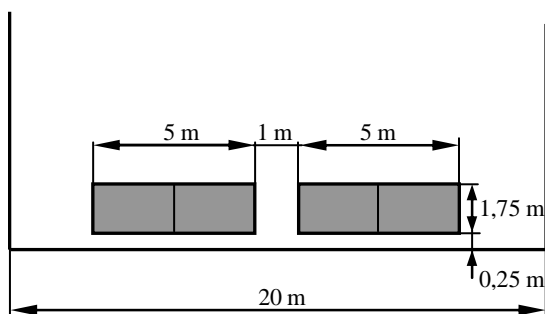
Nabídkové menu databáze umožňuje výběr z 5ti typů řešených prvků.



Obr. 3 Nabídkové menu pro Typ řešeného prvku

Zvolené prvky uspořádání okolí silniční komunikace reprezentují oblasti vyskytující se s velkou četností v městských sídlech na území ČR. Numerické modely vybraných oblastí byly tvořeny jednotnou metodikou, kdy nad vozovkou, v místech jízdních pruhů, byla zadána odpovídající produkce částic PM₁₀ generovaných silniční dopravou. Schématické naznačení polohy kontrolních objemů užitých pro zahrnutí vlivu pohybujících se automobilů je uvedeno na obr. 4. Vyobrazení naznačuje geometrické uspořádání protisměrně jedoucích jízdních pruhů na čtyřproudé komunikaci.

Shodné kontrolní objemy byly využity i pro zadání zdroje produkovaných částic PM_{10} , čímž je hned u zdroje simulováno intenzivní rozvíření generovaných částic v úplavu za automobily.



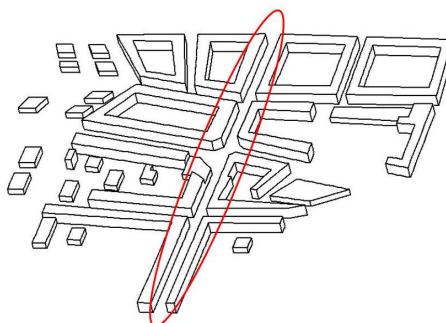
Obr. 4 Naznačení polohy objemů pro zahrnutí vlivu pohybujících se automobilů a produkce částic

6.5.2 V1 Silnice ve volném prostoru

Numerický model ideálního přímého úseku komunikace s obousměrným provozem procházející v otevřeném rovinném terénu. Tento prvek byl vybrán jako základní prvek silniční sítě. Geometrická jednoduchost tohoto prvku je výhodou, která umožňuje sledovat disperzi suspendovaných částic bez ovlivnění proudového pole geometrií skutečné oblasti, která musí být pro modelové účely vždy v jisté míře zjednodušena, což může představovat významné odchylky od reality.

Půdorysný rozměr oblasti popsané numerickým modelem je 1×1 km s výškou 200 m. Úsek přímé silniční komunikace je umístěn ve středu modelové oblasti, orientován ve směru jedné z os souřadného systému.

6.5.3 U1 Uliční kaňon



Obr. 5 Pohled na lokální modelovou oblast a její blízké okolí a bloky budov v matematickém modelu

Model uličního kaňonu v centrální části městské zástavby pětipatrových navazujících budov představuje další řešený prvek vyskytující se v zastavěných oblastech s velkou četností.

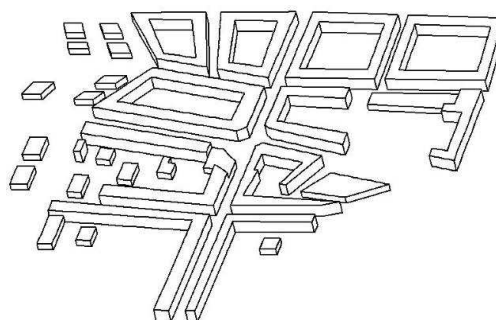
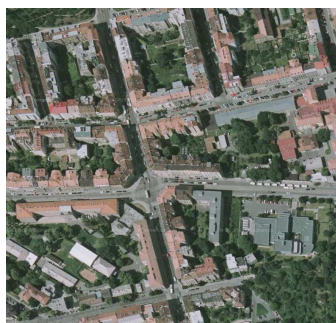
Do podoby matematického modelu byla zpracována oblast městské zástavby o půdorysném rozměru 1×1 km v okolí významného silničního tahu uzavřené okolními budovami vytvářejícími charakteristický uliční kaňon, viz obr. 5. Výška budov tvořící zástavbu je 19 m. Vytvořený matematický model zohlednil geometrii budov nacházejících se v modelové oblasti jak po stránce půdorysných rozměrů, tak i výšky. Bloky budov zachycené v matematickém modelu jsou znázorněny na obr. 5.

6.5.4 P2 Křižovatka Ú/Ú

Zvolená modelová křižovatka představuje další charakteristický prvek vyskytující se s vysokou četností v městské zástavbě a měla by být užita k lepšímu poznání šíření suspendovaných částic generovaných dopravou v obdobných konfiguracích městské zástavby.

Do podoby matematického modelu byla zpracována oblast městské zástavby o půdorysném rozměru 1x1 km v okolí významné městské křižovatky. Výška budov tvořící zástavbu je 19 m. Vytvořený matematický model zohlednil geometrii budov nacházejících se v modelové oblasti jak po stránce půdorysných rozměrů, tak i výšky. Bloky budov zachycené v matematickém modelu jsou znázorněny na obr. 6.

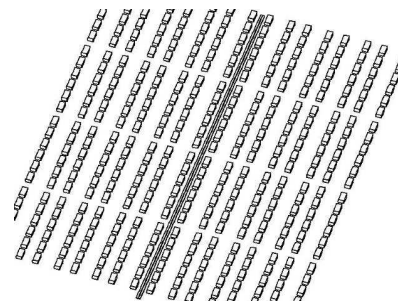
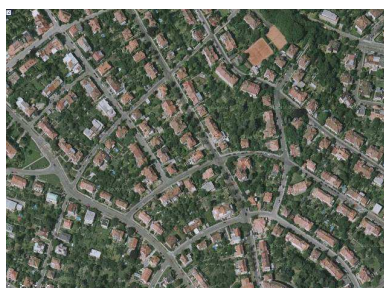
Intenzita provozu zadávaná v nabídkovém menu odpovídá intenzitě provozu na severo-jihní komunikaci. Intenzita provozu na východo-západní komunikaci je ve všech případech uvažována poloviční.



Obr. 6 Pohled na lokální modelovou oblast Údolní / Úvoz a její blízké okolí, bloky budov v matematickém modelu

6.5.5 P3 Rezidenční čtvrť

Zástavba domů v rezidenčních oblastech vytváří pravidelná uspořádání podél komunikací. Vlastní domy jsou nejčastěji tvořeny objekty o výšce dvou až tří nadzemních podlaží (obr. 7). V zástavbě rezidenčních čtvrtí se objevují odlišné typy domů, což bylo při tvorbě modelu zohledněno definováním tzv. charakteristického domu.



Obr. 7 Ukázka pohledu na rezidenční čtvrť a uspořádání budov zahrnutých v matematickém modelu

Byla zvolena pravidelná konfigurace charakteristických budov o výšce 10 m. Zvolená konfigurace budov byla přenesena do matematického modelu, kde vytváří řady budov (o půdorysném rozměru 30 x 15 m) s roztečí 15 m. Vždy po 6 objektech byla rozteč zvětšena, což postihuje přítomnost příčné obslužné komunikace. Půdorysný rozměr modelované oblasti byl 1 x 1 km. Výsledné uspořádání budov zahrnutých v matematickém modelu je patrné z obr. 7.

6.5.6 P4 Malé panelové domy

Jako další oblast s charakteristickým uspořádáním budov bylo vybráno území městských částí s čtyřpatrovými panelovými domy, s geometrií blízkou krychli (tzv. „kostky“). Tyto domy jsou v různých městech uspořádány v různých roztečích a vzájemných polohách, viz příklad na obr. 8. Strategie tvorby matematického modelu byla užitá shodná jako v předchozích případech. Byla definována charakteristická konfigurace budov a ta byla opakovaně použita v matematickém modelu zahrnujícím území 1 x 1 km, viz obr. 8. Geometrie budov byla v případě panelových domů zadána jednotná (20 x 20 x 20 m).



Obr. 8 Ukázka možné konfigurace malých panelových domů a jejich uspořádání v matematickém modelu

6.5.7 P5 Navazující panelové domy

Další zpracovaná oblast s charakteristickou konfigurací budov je sídliště s navazujícími panelovými domy. Tato konfigurace budov se nachází v řadě městských částí velkých měst na území ČR. Navazující panelové domy vytváří dlouhé řady významně ovlivňující proudění v přízemní vrstvě vzduchu. Mezi jednotlivými domy se nachází rozsáhlé asfaltové plochy tvořící obslužné komunikace a chodníky. Zbytek povrchu mezi domy je tvořen zatravněným povrchem doplněným keři a stromy.



Obr. 9 Ukázka městské části s navazujícími panelovými domy a jejich znázornění v matematickém modelu

Strategie tvorby matematického modelu byla shodná jako v případě předchozích modelů charakteristických typů zástavby. Byla definována charakteristická konfigurace rovnoběžně uspořádaných budov, a ta byla opakovaně použita v matematickém modelu zahrnujícím území 1 x 1 km, viz obr. 9. Charakteristický rozměr budov zahrnutých v matematickém modelu byl zvolen 17 x 15 x 90 m.

6.6 Směr větru

Nabídkové menu umožňuje volbu kolmého, šikmého (45°) nebo podélného směru větru. Orientace se vždy vztahuje k hlavnímu (severojižnímu) silničnímu tahu. Za účelem získání těchto vstupních dat je nutné kontaktovat příslušnou pobočku Českého hydrometeorologického ústavu.

6.7 Rychlost větru

Nabídkové menu nabízí volbu rychlostí větru 2 m.s⁻¹ a 4 m.s⁻¹. Uvedené rychlosti odpovídají rychlosti větru ve výšce 10 m nad povrchem. Za účelem získání těchto vstupních dat je nutné kontaktovat příslušnou pobočku Českého hydrometeorologického ústavu.

6.8 Rychlost jízdy

Nabídkové menu nabízí volbu ze tří rychlostí jízdy, 30 km.h⁻¹, 50 km.h⁻¹ a 90 km.h⁻¹. Tyto rychlosti jízdy byly užity při zadání vlivu pohybu automobilů v numerických modelech a poskytly vyobrazovaná koncentrační pole. Za účelem získání těchto vstupních dat je nutné kontaktovat příslušný odbor orgánu státní správy nebo Ředitelství silnic a dálnic. Tento prvek je možné považovat rovněž za opatření akutní, tedy mající okamžitý vliv, jelikož změna rychlosti jízdy automobilů vede současně ke změně v produkci PM.

6.9 Intenzita dopravy

V nabídkovém menu jsou pro volbu připraveny intenzity provozu 360, 720 a 1440 aut.hod.⁻¹.směr⁻¹. Tyto intenzity provozu vyjadřují počet automobilů pohybující se na sledované silniční komunikaci v jednom směru. Vzhledem k tomu, že ve všech zahrnutých případech je uvažována komunikace s protisměrným provozem, je celkové zatížení komunikace rovno dvojnásobku volené intenzity provozu v jednom směru. Za účelem získání těchto vstupních dat je nutné kontaktovat příslušný odbor orgánu státní správy nebo Ředitelství silnic a dálnic. Tento prvek lze rovněž považovat za opatření akutní, jelikož změna v intenzitě dopravy na příslušném úseku komunikace vede současně ke změně produkovaného množství PM.

6.10 Opatření ke snížení koncentrace částic PM₁₀

Všechny typy řešených prvků umožňují zobrazit koncentrační pole pro *základní stav*, který odráží současné podmínky řešených prvků. Z hlediska dopravy tento stav odpovídá průměrnému složení vozového parku v ČR v roce 2007, tomu odpovídající emisní faktor je uveden v tab. 1. Zde uvedená opatření lze považovat za strategická, tzn. jejich dlouhodobější plánování, realizace a současně i vliv na produkci PM.

Opatření č. 1 - Filtry u dieselových automobilů

Toto opatření předpokládá použití filtrů částic ve výfukovém potrubí všech automobilů s dieselovým pohonem, zastoupených v uvažovaném vozovém parku. Toto opatření předpokládá průměrné snížení primární emise částic PM₁₀ o 60 %, emise sekundárních částic a resuspenze zůstává tímto opatřením nezměněna.

Opatření č. 2 - Přechod autobusů MHD na CNG

Toto opatření odráží předpokládanou náhradu autobusů s dieselovým pohonem za autobusy na CNG. Uvažované zastoupení autobusů ve vozovém parku odpovídá stavu na II. městském okruhu města Brna. Toto opatření předpokládá průměrné snížení primární emise částic PM₁₀ o 20 %, emise sekundárních částic a resuspenze zůstává tímto opatřením nezměněna.

Opatření č. 3 - Čištění komunikací

Toto opatření odráží předpokládané průběžné odstraňování částic deponovaných na vozovce užitím čistících vozů. Toto opatření předpokládá zachování primární emise částic PM₁₀, emise sekundárních částic a resuspenze je tímto opatřením snížena o 15 %.

Opatření č. 4 - Zvýšení podílu zeleně

Toto opatření odráží předpokládané plošné zvýšení podílu zeleně v řešených oblastech o 20 %. Vzhledem k zaměření na městské oblasti jde především o rozšíření travnatých ploch. Toto opatření předpokládá zachování průměrné primární emise částic PM₁₀, emise sekundárních částic a resuspenze je tímto opatřením snížena o 30 %.

6.11 Zobrazované výsledky

Výsledky řešení disperze částic PM₁₀ na zvolených oblastech jsou vyobrazeny ve formě koncentračních polí prezentujících imisní příspěvek částic PM₁₀ generovaných silniční dopravou na sledované komunikaci. Levý koncentrační pole v uživatelském menu ukazuje koncentrační pole PM₁₀ v horizontálním řezu vedeném v dýchací výšce člověka, 1,5 m nad povrchem. Pravé koncentrační pole bylo získáno ve vertikálním řezu "A-A" vedeném v místech naznačených v zobrazeném pohledu na numerický model.

Při hodnocení konkrétní oblasti je nutné znát celkové imisní zatížení hodnocené oblasti. V takovém případě je nutné příspěvek významné komunikace přičíst ke koncentraci místního pozadí.

7 Doporučení a informace pro orgány státní správy

7.1 Opatření ke snížení prašnosti na celostátní úrovni

Název opatření	Charakteristika opatření	Přínos opatření
Uplatňování emisních limitů evropské unie pro nová vozidla	Nová vozidla musí splňovat příslušné limity EURO pro množství emitovaných polutantů: CO, HC, NO _x a PM u dieselových vozidel.	Produkce emisí se nezvyšuje tak rychle jako dopravní objemy a výkony.
Operativní kontrola emisních parametrů vozidel	Měření emisních parametrů vozidel za provozu.	Snížení počtu vozidel nesplňující stanovené emisní parametry.
Podpora zavádění vozidel s alternativním pohonem	Využití dotací k částečnému pokrytí nákladů na přestavbu vozidel na alternativní paliva a pohony (např. Program úspor energie a využití alternativních paliv v resortu dopravy).	Modernizace vozového parku a zvýšení zájmu o vozidla šetrnější k ŽP.
Montáž částicových filtrů do vozidel	Zadržování pevných nebo kapalných emisí PM výfukových plynů filtry ve výfukovém potrubí.	Snížení počtu PM o 75 až 80 % (HDV), 15 % (dieselová LDV), 95 % (dieselová IAD).
Přestavba vozidel na LPG, CNG	Vývoj a výroba vozidel na alternativní paliva, přestavba stávajících vozidel.	Výrazné snížení emisí PM ze spalovacích procesů.
Telematická opatření	Liniové řízení dopravního proudu, lokalizace pohybu mobilních telefonů po silniční síti.	Řízená komunikace vykazuje mnohem větší propustnost než při neřízeném provozu.

Mezi další opatření na národní úrovni patří např.: vyčíslení externalit v dopravě a jejich postupná internalizace, posuzování vlivu na životní prostředí při přípravě, realizaci a údržbě dopravní infrastruktury (EIA), strategická posuzování koncepcí (SEA), zajištění účasti veřejnosti na rozhodování o projektech dopravy, širší využití logistiky a telematiky, výzkum zdravotních účinků nelimitovaných polutantů z dopravy a jejich směsí a rozvoj informační a vzdělávací činnosti v oblasti vlivů dopravy na životní prostředí.

7.2 Opatření ke snížení prašnosti na regionální a městské úrovni

Název opatření	Charakteristika opatření	Přínos opatření
Omezení vjezdu	Zákaz vjezdu HDV do vybraných městských částí, jejich zásobování LDV, realizace zádržných systémů.	Zlepšení kvality ovzduší v městských částech.
Zavedení zón snížené rychlosti	Snížení rychlosti ve vybraných městských částech.	Zlepšení kvality ovzduší v městských částech.
Placené vjezdy (mýto)	Zavedení poplatků za vjezdy do vybraných městských částí.	Snižuje atraktivnost automobilové dopravy. Výnosy z mýtného mohou spolufinancovat realizaci opatření k ochraně ovzduší.
Zlepšení kvality MHD a komfortu cestujících	Zvýšení atraktivnosti MHD (bezbariérové provedení, pohodlí, zkrácení doby jízdy, frekvence spojů), využití elektrické trakce, plynulost pohybu vozidel (preferenze na světelných křižovatkách, vyčlenění vyhrazených pruhů).	Zkrácení přepravních dob (na úkor IAD) dojde ke zvýšení ekonomických a environmentálních přínosů (nižší náklady na provoz, rychlejší oběhy vozidel, menší spotřeba pohonných hmot).
Snížení emisí autobusů MHD	Zavedení nízkoemisních vozidel a vozidel na alternativní pohon.	Výrazné snížení emisí PM ze spalovacích procesů.
Čištění komunikací	Čištění povrchu vozovek.	Výrazné omezení resuspenze částic.
Mobilní a válcové myčky kol, stacionární mycí zařízení	Instalace zařízení na čištění kol, mycí zařízení nákladních aut u výjezdů ze stavby a pod.	Snížení prašnosti zejména v okolí staveb a prašných provozů.
Vypracování regulačního řádu k omezení provozu při smogových situacích	Vymezení situací, délka, rozsah a technické opatření k omezení a zastavení provozu, stanovení výjimek ze zákazu provozu, zajištění dostupnosti uzavřeného území MHD apod.	Okamžité snížení emisí PM..
Regulace parkování, podpora systémů „Park and Ride“	Omezení vjezdu zvýšením parkovného, multimodální uskutečnění cesty, vybudování záchytných parkovišť.	Zabránění dalšímu zvyšování atraktivity automobilové dopravy a indukci dopravy.
Zavedení systému „Bike and Ride“	Vybudování úschoven kol (bezpečné umístění, ochrana proti povětrnostním podmínkám).	Zatraktivnění cyklistické dopravy i pro obyvatele méně fyzicky zdatné. Posílení funkce multimodální dopravy s vyloučením automobilu.
Výstavba obchvatů a nových komunikací	Stavba obchvatů, tangentů a systémů okružních komunikací, v dostatečné vzdálenosti od oblastí bydlení.	Snížení emisí pevných částic z dopravy v hustě obydlených oblastech.
Rozvoj integrovaných dopravních systémů (IDS)	Rozšíření městské veřejné dopravy na úroveň regionu, optimalizace linkového vedení a přepravní kapacity linek, přestavby a úpravy přestupních terminálů.	Zvýšení preference MHD. Změnou přepravní dělby práce ve prospěch MHD dojde rovněž ke snížení emisí.

Název opatření	Charakteristika opatření	Přínos opatření
Snížení emisí ze sekundární prašnosti cílenou výsadbou městské zeleně	Městská zeleň (vzrostlé rostliny i křoviny a trávničky) snižuje množství PM v ovzduší a má pozitivní vliv na emise CO ₂ .	Průměrný účinek filtrace vzduchu se pohybuje v rozmezí 60-70 %, podle druhu, hustoty a výšky porostu.
Snížení emisí z dopravy vlivem obnovy vozového parku smluvních partnerů měst	Při zadávání veřejných zakázek upřednostňovat firmy s nízkoemisními vozidly splňující nejpřísnější limity EURO a vozidly na alternativní pohon	Pokles produkce PM v případě nákladních vozidel plnicích emisní normy Euro V na max. 0,02g.kWh ⁻¹ .
Snížení rychlosti	Při plynulém provozu nebo nižší rychlosti (50 – 80 km.hod ⁻¹) je produkováno méně emisí.	Snížení rychlosti na městském dálničním úseku na 80 km.hod ⁻¹ představuje snížení koncentrací PM ₁₀ ve vzdálenosti 50 m od vozovky o 4 µg.m ⁻³ .
Využití výpočetních modelů pro celkové snižování přepravní náročnosti území	Vytvářet, udržovat a využívat výpočetní systémy modelování dopravy pro operativní potřeby dopravního plánování a ověřování koncepčních variant, vč. hodnocení dopravních opatření sloužící pro multimodální prognózy změn v dopravě.	Prognóza zjistí potenciál ke snížení negativních vlivů dopravy.
Telematická opatření	Zavádění inteligentních dopravních systémů (měřící zařízení dopravního proudu, navigační systémy pro parkování, klasifikace dopravy, zátěžová mapa, moduly pro komunikaci s telematickými systémy).	Řízení provozu na komunikaci umožňuje plynulejší dopravní proud a tím menší zátěž ovzduší emisemi.

8 Seznam použitých zkratk

CFD	numerické modelování umožňující vizualizaci dějů
CNG	stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)
CO	oxid uhelnatý
EIA	proces posuzování vlivu na životní prostředí (Environmental Impact Assessment)
HC	nespálené uhlovodíky
HDV	těžká nákladní vozidla s hmotností nad 3,5 tun (Heavy Duty Vehicles)
IAD	individuální automobilová doprava
LDV	lehká nákladní vozidla s hmotností nepřevyšující 3,5 tuny (Light Duty Vehicles)
LPG	zkapalněný ropný plyn (Liquefied Petroleum Gas)
MHD	městská hromadná doprava
NO _x	oxidy dusíku
PM	pevné částice (Particulate Matter)
SEA	strategická posuzování vlivů koncepcí na životní prostředí (Strategic Environmental Assessment)
STK	stanice technické kontroly motorových vozidel
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

9 Použitá literatura

- [1] US EPA: Air Quality Criteria for Particulate Matter Vol. 1, 2004.
- [2] US EPA: Air Quality Criteria for Particulate Matter Vol. 2, 2004
- [3] THE PEP: Transport-related health effects with a particular focus on children, air pollution, THE PEP, WHO, UNECE, 2004, 133 p.
- [4] Krzyzanowsky, M., Kuna-Dibbert, B., Schneider, J. (Eds.): Health effects of transport-related air pollution, WHO Europe, 2005, 205 p., ISBN 92-890-1373-7.
- [5] Dockery, D.W., Pope, C.A.: Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Ann. Rev. Public Health* 1994, 15, p. 107-132.
- [6] Pope, C.A. Epidemiology of Fine Particulate Air Pollution and Human Health: Biologic Mechanisms and Who's at Risk? *Environ Health Perspect* 2000,108, 4, p. 713-723.
- [7] Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G.D.: Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002, 287, p. 1132-1141.
- [8] Dora, C., Phillips, M.(Eds.): Transport, environment and health. WHO, 2000, 81 p., ISBN 92-890-1356-7.
- [9] Weijer, E. P., Even A., Kos, G.P.A., Groot, A.T.J., Erisman, J.W., ten Brink, H.M.: Particulate matter in urban air: health risks, instrumentation and measurements and political awareness, ECN-Clean Fossil Fuels Air Quality, 2001, 68 p.
- [10] Martuzzi, M., Galassi, C., Ostro, B., Forastiere, F., Bertollini, R.: Health impact assessment of air pollution in the eight major Italian cities. WHO, 2002, 53 p.
- [11] Filliger, P., Poybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (Eds): Health costs due to road-traffic related air pollution. WHO and Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications, Bureau for Transport Studies, Switzerland, 1999, 81 p.
- [12] Künzli et al.: Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, 2000, Vol. 356.
- [13] WHO: Averting the three outriders of the transport apocalypse: Road accidents, Air And Noise Pollution. Press Release, WHO/57, WHO, 1998.
- [14] Watkiss, P., Pye, S., Holland, M.: CAFE CBA: Baseline analysis 2000 to 2020, CAFE Programe, 2005, 112 p.
- [15] Černá, M., Pochmanová, D., Pastorková, D. Šmíd, J.: Mutagenita polétavého prachu (PM₁₀) v ovzduší Teplic a Prachatic. *Hygiena, Suppl.*, 1999, roč. 44, č. 2, s. 16-24. ISSN: 1210-7840.

10 Platnost metodického pokynu