

Obsah

Předmluva	i
Činnosti zajišťované ve vazbě na cíle řešení a sledované úkoly	ii
I. Zadání	ii
II. Přehled plnění	ii
III. Závěr	iii
1. Úvod	1
2. Potřebné vstupní údaje	3
2.1. Vstupní údaje o zdrojích	3
2.1.1. Bodové zdroje	3
2.1.2. Plošné zdroje	5
2.1.3. Liniové zdroje	6
2.1.4. Chladicí věže tepelných elektráren	7
2.1.5. Podrobný výpočet doby trvání znečištění pro 1 zdroj	8
2.2 Klimatické vstupní údaje	8
2.2.1. Klimatické údaje pro běžné výpočty znečištění ovzduší	8
2.2.2. Klimatické údaje pro výpočet znečištění ovzduší od chladících věží	10
2.2.3. Údaje pro výpočet koncentrací za inverzí a bezvětrí	12
2.3. Údaje o terénu a budovách	12
2.3.1. Vstupní údaje o referenčním bodu	12
2.3.2. Údaje o topografii terénu	12
2.3.3. Údaje pro výpočet znečištění v zástavbě	13
2.3.4. Údaje pro výpočet znečištění při bezvětrí a inverzi	13
2.4. Údaje o imisních limitech a přípustných koncentracích znečišťujících látek	13
3. Výpočet znečištění ovzduší pro komínové exhalace	15
3.1. Základní rovnice pro zvlněný terén	15
3.2. Rychlost větru	17
3.3. Stanovení efektivní výšky kouřové vlečky	19
3.3.1. Základní vztahy	19
3.3.2. Korekce převýšení na stabilitu atmosféry	21
3.3.3. Převýšení v malých vzdálenostech	22
3.3.4. Převýšení vlečky při chladných exhalacích	23
3.3.5. Převýšení vlečky v případě více blízkých zdrojů	24
3.4. Korekce efektivní výšky na vliv terénu	25
3.5. Rozptylové parametry s_y , s_z	26
3.6. Zahrnutí depozice a transformace znečišťujících látek do výpočtu	29

3.7. Zeslabení vlivu nízkých zdrojů na znečištění ovzduší na horách	31
3.8. Výpočet koncentrací prachu	34
4. Výpočet hlavních charakteristik znečištění ovzduší	37
4.1. Výpočet maximálních krátkodobých koncentrací	37
4.2. Výpočet průměrných ročních koncentrací	39
4.3. Výpočet doby překročení zvolených koncentrací	40
4.4. Diskuse výsledků výpočtu koncentrací	41
5. Některé další aplikace výpočtu znečištění ovzduší	42
5.1. Stanovení potřebné výšky komína	42
5.2. Výpočet podílů jednotlivých zdrojů na znečištění ovzduší	44
5.3. Výpočet denních průměrných koncentrací	45
5.4. Koncentrace znečišťujících látek ve směsi	45
5.5. Výpočet doby překročení zvolených koncentrací pro zdroj se sezónně proměnnou emisí	47
5.6. Výpočet depozice plyných znečišťujících látek a spadu prachu	48
6. Výpočet koncentrací z plošných zdrojů	50
7. Výpočet koncentrací z liniových zdrojů	52
8. Výpočet extrémního znečištění ovzduší při inverzích a bezvětří	55
9. Rozptyl exhalací z chladících věží tepelných elektráren	59
10. Interpretace výsledků	64
11. Závěr	65
Literatura	66

P Ř E D M L U V A

Předkládaná studie byla vypracována na objednávku Ministerstva životního prostředí České republiky v rámci Programu péče o životní prostředí MŽP ČR a podle smlouvy o dílo mezi ČHMÚ a firmou EKOAIR na jedné straně a MŽP na straně druhé s evidenčním číslem projektu GA/3224/93.

Smluvně potvrzené řešení obsahuje navazuje na studii vypracovanou v loňském roce, která se týkala návrhu koncepce základních rovnic výpočtového modelu stanovení charakteristik znečištění ovzduší ze stacionárních zdrojů. V následující části materiálu je v členění podle jednotlivých částí uveden přehled plnění cílů řešení a sledovaných úkolů vyplývajících z výše uvedené smlouvy a dokladované v přílohové části příslušnými zprávami.

Předkládaná zpráva obsahuje v souladu se smlouvou zpracované podrobnosti celé metodiky a konkrétní hodnoty potřebných konstant. Před uvedením do praxe musí být předkládaná metodika ještě verifikována na dostatečně rozsáhlém souboru dat v dalším období, tak jak již bylo předpokládáno v náplni práce pro rok 1995.

Činnosti zajišťované ve vazbě na cíle řešení a sledované úkoly

I. ZADÁNÍ

A. Cíl řešení

Konečným cílem projektu je vytvořit obecně závaznou metodiku výpočtu znečištění ovzduší tak, aby odpovídala jak současné naší i světové úrovni znalostí v oboru fyziky mezní vrstvy atmosféry, tak i potřebám praxe včetně požadavkům Hygienické služby, orgánům státní správy i vedení podniků. Pro rok 1994 bylo cílem zpracovat podrobnosti celé metodiky včetně uvedení konkrétních hodnot používaných parametrů.

B. Sledované úkoly

- ♦ kvalitativní vyhodnocení řady parametrů nutných ke konkrétním výpočtům
- ♦ příprava vstupních dat pro ověření modelu, převedení úlohy na počítač
- ♦ vypracování roční závěrečné zprávy

II. PŘEHLED PLNĚNÍ

A. Cíl řešení

V rámci řešení projektu v průběhu roku 1994 byl konkretizován návrh koncepce základních rovnic výpočtového modelu, stanoveny podrobnosti jeho řešení a konkrétní hodnoty jednotlivých parametrů vstupujících do výpočtu.

B. Sledované úkoly

- ♦ kvalitativní vyhodnocení řady parametrů nutných ke konkrétním výpočtům

Tento sledovaný úkol je obsahem zprávy, která je uvedena v příloze tohoto materiálu. Na výsledky řešení projektu v roce 1993 navazuje stanovení číselných hodnot parametrů modelu a stanovení pomocných postupů při inicializaci vstupních dat. Dále jsou popsány

vstupní údaje jaké metodika potřebuje včetně dostupnosti vstupů v praxi a jaké výstupní informace metodika poskytuje.

- ♦ příprava vstupních dat pro ověření modelu, převedení úlohy na počítač

Jako testovací území nového modelu jsme předběžně vybrali Berounskou kotlinu. Tato oblast umožní kromě klasických výpočtů znečištění ovzduší též otestovat některé nové postupy, jako je například výpočet znečištění ovzduší při klidu a pod inverzí v údolí, vliv liniových zdrojů apod. V současné době jsou připravena data zdrojů typu REZZO 1 za rok 1992 a větrná růžice. Definitivní potvrzení výběru testovacího území bude možné až po dohodě s Okresním úřadem v Berouně ohledně poskytnutí podkladů pro stanovení emisí ze zdrojů typu REZZO 3. Pak bude též možno pokračovat v přípravě dat o zdrojích typu REZZO 2 a REZZO 3.

Pokud jde o převedení úlohy na počítač, připravují se programy pro provedení testovacího výpočtu.

- ♦ vypracování roční závěrečné zprávy

Bod je splněn tímto materiálem.

III. ZÁVĚR

Z výše uvedeného vyplývá, že zadané úkoly pro rok 1994 byly splněny a závěrečná zpráva bude po provedeném oponentním řízení předána v souladu s textem uzavřené smlouvy do 30.11.1994 MŽP ČR.

Celkové náklady na řešení projektu č.j.: GA/3224/93 "Metodika výpočtu znečištění ovzduší ze stacionárních zdrojů" vynaložené nositelem činily podle předloženého rozpočtu 150.000 Kč.

Vlastní zdroje nositele činily 0,00 Kč. Účelová dotace ze státního rozpočtu ČR k úhradě nákladů do tržeb činila 150.000 Kč.

Účelová dotace byla poskytnuta zálohově podle bodu 5.1. a 5.2. smlouvy na řešení projektu takto:

1. záloha ve výši	45.000	-	srpen 1994
2. záloha ve výši	60.000	-	září 1994
3. záloha ve výši	45.000	-	bude poskytnuta do 5 dnů po závěrečném kontrolním dnu.

Vzhledem k tomu, že kontrolní den je stanoven na 24.11.1994, závěrečné vyúčtování je součástí předání výsledků řešení projektu, finanční náklady ve výši 3. zálohy kryje do doby úhrady nositel z vlastních zdrojů.

Rekapitulace čerpání nákladů ve vztahu k příloze č. 2 smlouvy

	plán	skut. čerp.	rozdíl
a) přím.mat.nákl.	3 000,00	17 884,35	-14 884,35
b) služby	5 500,00	4 200,00	+1 300,00
služby dodavatelů	125 000,00	125 000,00	0,00
c) cestovní nákl.	1 500,00	0,00	+1 500,00
f) mzdy (cíl. odměny, dohody)	15 000,00	3 000,00	+12 000
celkem	150 000,00	150 084,35	-84,35

Z uvedeně rekapitulace vyplývá:

- byla provedena úprava předloženého rozpočtu v jednotlivých položkách s tím, že při účelnosti vynaložených finančních prostředků byla účelová dotace na řešení tohoto projektu překročena o částku 84,35 Kč.
Překročení o tuto částku kryje nositel projektu z vlastních zdrojů.
Mzdové náklady byly použity pouze k proplacení dohody o provedení práce (oponentní posudek).

Přílohy: 1 Kopie faktur
2. Smlouvy dodavatelů

1. Úvod

Tato práce úzce navazuje na zprávu "Základní část metodiky výpočtu znečištění ovzduší za stacionárních zdrojů" [1], která byla vypracovaná jako závěrečná zpráva za první rok (1993) řešení zadaného úkolu a která obsahuje ideový návrh nové metodiky výpočtu znečištění ovzduší včetně popisu základních rovnic výpočetního modelu a fyzikálního odůvodnění navrhovaných změn. Postupy a vztahy zde odvozené nebudou proto v předkládané práci popisované a v textu bude v souvislosti s nimi na předcházející zprávu odkazováno.

Předkládaná práce představuje ucelený návrh nové metodiky výpočtu znečištění ovzduší. Obsahuje nejen popis výpočetního modelu, ale i různých parametrizací a pomocných postupů, na jejichž použití často značným způsobem závisí výsledek výpočtu. Metodika umožňuje ze vstupních údajů o zdrojích znečištění, klimatických charakteristik a údajů o topografii terénu vypočítat v libovolném bodě charakteristiky znečištění ovzduší způsobeného uvažovanými zdroji (např. krátkodobé koncentrace, roční průměry koncentrací aj.). Využívá se přitom znalostí o rozptylu znečišťujících látek a dalších procesech probíhajících v mezní vrstvě atmosféry.

Základní část metodiky tvoří výpočet znečištění ovzduší plynnými látkami i prachem (popílkem) z komínových exhalací. Volitelně lze výpočet provádět i pro časově proměnný zdroj, stanovovat podíly jednotlivých zdrojů na celkovém znečištění, stanovovat průměrné denní koncentrace a přípustné koncentrace ve směsi látek a vypočítávat potřebnou výšku komína a velikost depozice znečišťujících látek.

Kromě toho však metodika umožňuje počítat znečištění ovzduší i od jiných typů zdrojů a za speciálních rozptylových podmínek. Konkrétně jde o:

- a) znečištění ovzduší z plošných a liniových zdrojů
- b) znečištění ovzduší z chladících věží tepelných elektráren
- c) znečištění ovzduší při extrémně nepříznivých rozptylových podmínkách - inverzích a bezvětří

Matematický model použitý v metodice byl však odvozen za určitých předpokladů, které vedou k některým omezením použitelnosti metodiky. Nejdůležitějším omezením je fakt, že znečištění ovzduší podle této metodiky lze počítat nejvýše na vzdálenost 100 km od zdroje. Metodika tedy patří mezi způsoby výpočty pro krátké a střední vzdálenosti a nelze ji používat pro např. dálkový přenos znečištění nebo pro výpočty týkající se regionů srovnatelných s velikostí ČR apod.

Vzhledem k tomu, že před uvedením do praxe musí být předkládaná metodika ještě verifikována na dostatečně rozsáhlém souboru dat, může se její definitivní verze poněkud odlišovat od toho, co je obsahem této práce.

2. Potřebné vstupní údaje

Vstupní údaje potřebné k výpočtu znečištění ovzduší lze rozdělit na několik kategorií. Jde o údaje o zdrojích znečištění ovzduší, údaje klimatické, údaje o topografii terénu a referenčních bodech, ve kterých se bude výpočet provádět, informace o výšce a rozmístění budov v zájmovém území a údaje o nejvyšší přípustných koncentracích znečišťujících látek ve volném ovzduší (imisních limitech). Potřebné vstupní údaje se dále liší podle typu zdroje (bodové, plošné, chladičí věže atd.) a podmínek v atmosféře modelovaných výpočtem (výpočet za běžných podmínek nebo za bezvětří).

2.1. Vstupní údaje o zdrojích

2.1.1. Bodové zdroje

Za bodové zdroje se považují zejména komíny a výduchy, jejichž rozměr je zanedbatelný oproti vzdálenostem, ve kterých se počítá znečištění ovzduší. U bodových zdrojů je nutné znát tyto údaje:

1. Poloha, tj. souřadnice x_z , y_z (m) v nějaké zvolené souřadné síti
2. Nadmořská výška z_z (m) terénu v místě zdroje
3. Výška H (m) koruny komína (konce výduchu) nad terénem. Tato veličina však může být teprve požadovaným výsledkem výpočtu
4. U spalovacích procesů
 - a) Množství spáleného paliva S_h (kg/h, m^3/h) za hodinu při jmenovitém výkonu spalovacího zařízení
 - b) Roční množství spáleného paliva S_r (kg/r, m^3/r)
5. U technologií: roční provozní doba P_r (hod./rok)

Následující vstupní údaje 6), 7) a 8) se v případě spalovacích procesů udávají při jmenovitém výkonu spalovacího zařízení.

6. Objem spalin (u spalovacích procesů) nebo vzdušiny (u technologií) V_s odcházející komínem nebo výduchem. V_s se udává v Nm^3/s , tj. přepočtený na normální podmínky (teplotu $0^\circ C$ a tlak $101325 Pa$).
7. Množství znečišťující látky M (g/s) odcházející komínem (výduchem). M se stanoví:

- a) Pokud je známa koncentrace K_E (mg/Nm³) znečišťující látky ve spalínách, pak jako součin

$$(2.1) \quad M = 10^{-3} \cdot K_E \cdot V_s$$

Koncentrace znečišťujících látek ve spalínách (vzdušině) se často udává přepočtená na referenční spaliny, tj. suché a s referenčním obsahem kyslíku O_r (%). Potom je nutné znát navíc:

W (%) - obsah vodní páry ve skutečných spalínách (vzdušině)

O_s (%) - obsah kyslíku ve skutečných spalínách

Hodnota K_E se pak vypočte z koncentrace K_{Er} v referenčních spalínách podle vztahu

$$(2.2) \quad K_E = K_{Er} \cdot \frac{\left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot 21 - O_s}{21 - O_r}$$

pokud je O_s udán vzhledem k vlhkým skutečným spalínám, nebo

$$(2.3) \quad K_E = \left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot \frac{21 - O_s}{21 - O_r},$$

pokud je O_s udán vzhledem k suchým skutečným spalínám.

- b) V ostatních případech z hodinového množství spáleného paliva S_h (kg/h, m³/h) při jmenovitém výkonu spalovacího zařízení a z emisního faktoru f_E (g/kg, g/m³) uvedeného v Metodickém pokynu [2]:

$$(2.4) \quad M = \frac{S_h f_E}{3600} \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right)$$

kde η je účinnost opatření omezujících únik znečišťující látky v % (tj. odsiřovacího zařízení, odlučovačů popílku, filtrů aj.).

V případě emisí SO₂ a prachu ze spalovacích procesů závisí emisní faktory na jakostních znacích paliva, konkrétně na procentuelním obsahu popelovin A_p nebo síry S_p v původním vzorku pevného paliva a na obsahu síry v kapalném palivu. U pevných paliv se hodnoty A_p , S_p vypočtou z obsahu popelovin A_s a síry S_s v sušině a z obsahu vody W_p (%) podle vztahů

$$(2.5) \quad A_p = \left(1 - \frac{W_p}{100}\right) \cdot A_s$$

$$(2.6) \quad S_p = \left(1 - \frac{W_p}{100}\right) \cdot S_s$$

Pokud se emisní faktor podle [2] vztahuje k jiným jednotkám než k množství spáleného paliva, pak

- a) Pokud je známa koncentrace K_E (mg/Nm³) znečišťující látky ve spalínách, pak jako součin

$$(2.1) \quad M = 10^{-3} \cdot K_E \cdot V_s$$

Koncentrace znečišťujících látek ve spalínách (vzdušině) se často udává přepočtená na referenční spaliny, tj. suché a s referenčním obsahem kyslíku O_r (%). Potom je nutné znát navíc:

W (%) - obsah vodní páry ve skutečných spalínách (vzdušině)

O_s (%) - obsah kyslíku ve skutečných spalínách

Hodnota K_E se pak vypočte z koncentrace K_{Er} v referenčních spalínách podle vztahu

$$(2.2) \quad K_E = K_{Er} \cdot \frac{\left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot 21 - O_s}{21 - O_r}$$

pokud je O_s udán vzhledem k vlhkým skutečným spalínám, nebo

$$(2.3) \quad K_E = K_{Er} \left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot \frac{21 - O_s}{21 - O_r},$$

pokud je O_s udán vzhledem k suchým skutečným spalínám.

- b) V ostatních případech z hodinového množství spáleného paliva S_h (kg/h, m³/h) při jmenovitém výkonu spalovacího zařízení a z emisního faktoru f_E (g/kg, g/m³) uvedeného v Metodickém pokynu [2]:

$$(2.4) \quad M = \frac{S_h f_E}{3600} \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right)$$

kde η je účinnost opatření omezujících únik znečišťující látky v % (tj. odsiřovacího zařízení, odlučovačů popílku, filtrů aj.).

V případě emisí SO₂ a prachu ze spalovacích procesů závisí emisní faktory na jakostních znacích paliva, konkrétně na procentuelním obsahu popelovin A_p nebo síry S_p v původním vzorku pevného paliva a na obsahu síry v kapalném palivu. U pevných paliv se hodnoty A_p , S_p vypočtou z obsahu popelovin A_s a síry S_s v sušině a z obsahu vody W_p (%) podle vztahů

$$(2.5) \quad A_p = \left(1 - \frac{W_p}{100}\right) \cdot A_s$$

$$(2.6) \quad S_p = \left(1 - \frac{W_p}{100}\right) \cdot S_s$$

Pokud se emisní faktor podle [2] vztahuje k jiným jednotkám než k množství spáleného paliva, pak

$$(2.7) \quad M = A \cdot P \cdot f_E \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right)$$

kde P je počet jednotek, na které je emisní faktor vztažený

A je převodní rozměrový koeficient určený tak, aby M vycházelo v g/s.

Pokud je potřeba počítat denní průměr koncentrací c_d , je třeba znát rovněž počet hodin za den P_d , kdy je zdroj v provozu.

- 8) Teplotu t_s (°C) spalin nebo vzdušiny v koruně komína (výduchu).
- 9) V případě, že $t_s < 80^\circ\text{C}$, pak navíc vnitřní průměr komína (výduchu) D_v (m).
- 10) V případě výpočtu znečištění ovzduší prachem je potřeba znát kromě celkové emise prachu (popílku) M ještě hustotu ρ_c (kg/m³) prašných částic a procentuelní zastoupení α_p jednotlivých prašných frakcí (v závislosti na průměru prašných částic d, tj. na křivce zrnitosti prachových částic odcházejících z komína (výduchu)). Pokud rozdělení velikosti prašných částic není známo, předpokládá se, že se bude řídit následující tabulkou:

Četnosti zastoupení prašných frakcí podle průměru částic (%)

Interval velikosti prašných částic (μm)	0 - 15	15 - 30	30 - 40	nad 40
Střední velikost částic (μm)	7	22	35	50
spalování tuhých paliv bez odlučovačů	35	35	20	10
spalování kapalných paliv bez odlučovačů	65	25	8	2
mechanické odlučovače	83	15	2	0
elektrostatické odlučovače	95	5	0	0
tkaninové filtry, mokré pračky	99	1	0	0

U výduchů z odprašení technologických procesů je nutné rozdělení částic znát, pokud vypouštěný vzduch není čištěný.

2.1.2. Plošné zdroje

Výpočet znečištění ovzduší z plošných zdrojů se provádí tak, že se plošný zdroj rozdělí na dostatečný počet čtvercových elementů plochy a výsledné znečištění se vypočítá jako součet příspěvků od všech elementů. Pro každý element je proto třeba znát následující údaje:

- 1) Poloha jeho středu, tj. souřadnice x_z , y_z (m) středu ve zvolené souřadné síti.
- 2) Nadmořská výška z_z (m).

- 3) Rozměr elementu, tj. délka strany čtverce y_0 (m). Pokud jsou elementy stejně veliké, znamená y_0 zároveň vzdálenost středů sousedních elementů.
- 4) Emise M_E (g/s) znečišťující látky z elementu. Pokud je zadána plošná intenzita emise M_p (g/(m²s)) pro dané místo, vypočítá se M_E :

$$(2.8) \quad M_E = M_p \cdot y_0^2$$

- 5) Pokud se emitující plocha nenachází na povrchu země, je nutné znát výšku h_p (m) nad zemí, ve které emitující plocha je. Pokud se za plošný zdroj považuje část obce se zástavbou s lokálními topeništi, odpovídá h_p průměrné efektivní výšce, do které se exhalace z lokálních topenišť dostanou a stanoví se jako střední výška budov v plošném elementu zvýšená o 10 m.

2.1.3. Liniové zdroje

Za liniové zdroje se považují téměř výhradně komunikace s automobilovým provozem. Podobně jako u plošných zdrojů se rozdělí na dostatečný počet délkových elementů a výsledné znečištění se vypočítá jako součet příspěvků od všech elementů. Pro každý element je nutné znát tyto údaje:

- 1) Poloha jeho středu, tj. souřadnice x_z , y_z (m) středu ve zvolené souřadné síti.
- 2) Nadmořská výška z_z (m).
- 3) Délka elementu y_0 (m). Pokud jsou elementy stejně dlouhé, znamená y_0 zároveň vzdálenost středů sousedních elementů.
- 4) Šířka silnice x_0 (m).
- 5) Emise M_E (g/s) znečišťující látky z elementu. Pokud je zadána délková intenzita emise M_L (g/(ms)) pro dané místo, vypočítá se M_E :

$$(2.9) \quad M_E = M_L \cdot y_0$$

Délková intenzita emisí znečišťujících látek z automobilového provozu se určí na základě emisních faktorů pro různé typy vozidel, které jsou publikované např. ve [4]. Pro daný úsek komunikace je tedy třeba znát hustotu provozu jednotlivých typů vozidel.

2.1.4. Chladicí věže tepelných elektráren

Pokud se používá u některé tepelné elektrárny vypouštění spalin pomocí chladících věží, pak jsou nutné následující vstupní údaje:

- 1) Počet chladících věží N .
- 2) Jejich poloha, tj. souřadnice x_z, y_z (m) ve zvolené souřadné síti.
- 3) Nadmořská výška terénu z_z (m) v místě chladících věží.
- 4) Výška chladících věží H (m).
- 5) Doby v roce, po které jsou v činnosti:

1 chladicí věž	P_{r1} (hod/rok)
2 chladicí věže . . .	P_{r2} (hod/rok)
.....
N chladících věží . .	P_{rN} (hod/rok)
- 6) Objem spalin V_s (m^3/s) vypouštěných do každé chladicí věže. V_s se udává při teplotě t_s , tedy nepřepočtený na normální podmínky.
- 7) Teplota t_s ($^{\circ}\text{C}$) spalin vypouštěných do chladicí věže.
- 8) Možství znečišťující látky M (g/s) odcházející každou chladicí věží. Pokud hodnoty M neuvede zadavatel, určí se stejným způsobem jako v případě komínů v kapitole 2.1.1.
- 9) Průměr chladicí věže D_v (m) v koruně.
- 10) Při výpočtu znečištění ovzduší prachem křivku zrnitosti prašných částic (stejně jako v kapitole 2.1.1.), pokud se ve spalinách vyskytují částice s velikostí nad $15\text{ }\mu\text{m}$.
- 11) Závislost teploty t_{ch}' ($^{\circ}\text{C}$) vlhkého vzduchu opouštějícího chladicí věž (bez zavedení spalin do věže) na vnější teplotě t_e a relativní vlhkosti r .
- 12) Závislost objemu V_{ch}' (m^3/s) vlhkého vzduchu opouštějícího chladicí věž (bez zavedení spalin do věže) na vnější teplotě t_e a relativní vlhkosti r .

Pokud závislosti 11) a 12) nejsou k dispozici, pak postačí 4 hodnoty t_{ch}' a V_{ch}' :

1. při nízké t_e a nízké r
2. při nízké t_e a vysoké r
3. při vysoké t_e a nízké r
4. při vysoké t_e a vysoké r .

2.1.5. Podrobný výpočet doby trvání znečištění pro 1 zdroj

V případě podrobného výpočtu doby trvání znečištění ovzduší pro 1 zdroj znečištění (komín) jsou třeba stejné vstupní údaje jako v kapitole 2.1.1., avšak údaje v bodech 4), 6), 7) a 8) je nutné znát při všech provozních režimech zdroje. Jednotlivé provozní režimy se určí z časové křivky výkonu (vytížení) dané provozní jednotky během roku.

2.2 Klimatické vstupní údaje

Klimatické údaje potřebné pro výpočty znečištění ovzduší se obvykle týkají období 1 roku. Pouze při některých speciálních aplikacích této metodiky je možné použít údaje pro jednotlivé sezóny nebo jiný konkrétní časový úsek. V takových případech je však nutné před vlastním výpočtem připravit i tyto klimatické údaje, protože nebývají běžně k dispozici, na rozdíl od standardních týkajících se ročního období.

Roční zpracování potřebných klimatických údajů je třeba provádět z dostatečně rozsáhlého souboru pozorovaných dat, minimální doba jejich časové řady je 5let. Pozornost je třeba věnovat rovněž tomu, zda jsou údaje z té které meteorologické nebo klimatické stanice reprezentativní pro dané místo výpočtu. Posouzení této reprezentativnosti je však záležitost značně komplikovaná, závisí nejen na topografii terénu a vzdálenosti stanice od místa výpočtu, ale i na typu klimatických údajů a spadá spíše do oboru "odborných odhadů", takže nemůže být součástí metodiky.

2.2.1. Klimatické údaje pro běžné výpočty znečištění ovzduší

Běžnými výpočty znečištění ovzduší rozumíme výpočty od zdrojů, jejichž charakteristiky nejsou přímo ovlivňované meteorologickými podmínkami (např. tedy od bodových, plošných a liniových zdrojů, nikoliv však od chladících věží). Pro takové výpočty je nejdůležitějším klimatickým vstupním údajem větrná růžice rozlišená podle rychlosti větru a teplotní stability atmosféry.

Rychlost rozptýlu znečišťujících látek v atmosféře závisí zejména na dvou veličinách: rychlosti větru a intenzitě termické turbulence.

Rychlost větru se v metodice popisuje pomocí 3 tříd rychlosti stejných jako v dosavadní metodice:

Třída rychlosti větru	Rozmezí rychlostí (m/s)	Třídní rychlost (m/s)
1. slabý vítr	0 - 2,5	1,7
2. střední vítr	2,5 - 7,5	5
3. silný vítr	nad 7,5	11

Rychlostí větru se přitom rozumí rychlost zjišťovaná ve standardní meteorologické výšce 10 m nad zemí.

Intenzita termické turbulence závisí velmi silně na termické stabilitě atmosféry, tj. na jejím teplotním zvrstvení. Tato stabilita se v metodice popisuje pomocí stabilitní klasifikace Bubník-Koldovský odvozené v ČHMÚ (viz [3]), která se používá i v dosavadní metodice. Stabilitní klasifikace obsahuje 5 tříd stability ovzduší:

Třída stability	Vertikální teplotní gradient (°C/100m)	Popis
I. superstabilní	$\gamma < -1,6$	Silné inverze, velmi špatné podmínky rozptylu
II. stabilní	$-1,6 \leq \gamma < -0,7$	Běžné inverze, špatné podmínky rozptylu
III. izotermní	$-0,7 \leq \gamma < 0,6$	Slabé inverze, izotermie nebo malý kladný teplotní gradient. Často se vyskytující mírně zhoršené rozptylové podmínky
IV. normální	$0,6 \leq \gamma \leq 0,8$	Indiferentní teplotní zvrstvení, běžný případ dobrých rozptylových podmínek
V. konvektivní	$\gamma > 0,8$	Labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl znečišťujících látek

Vertikální teplotní gradient je definován:

$$(2.10) \quad \gamma = -\frac{\partial T}{\partial z}$$

kde $T(z)$ je závislost teploty v atmosféře na výšce.

Ne všechny třídy stability atmosféry se vyskytují za všech rychlostí větru. Následující tabulka obsahuje rozmezí rychlostí větru a výskyt jednotlivých tříd rychlosti větru při jednotlivých třídách stability ovzduší:

Třída stability	Rozmezí vyskytujících se rychlostí větru (m/s)	Výskyt tříd rychlosti větru
I	0 - 2	1
II	0 - 5	1, 2
III	rychlost není omezena	1, 2, 3
IV	rychlost není omezena	1, 2, 3
V	0 - 5	1, 2

V praxi tak dochází k výskytu 11 kombinací tříd stability a tříd rychlosti větru. Větrná růžice, která je vstupem pro výpočet znečištění ovzduší, musí tedy obsahovat relativní četnosti směru větru z 8 základních směrů pro těchto 11 různých rozptylových podmínek a kromě toho četnost bezvětrí pro každou třídu stability atmosféry. Četnosti se udávají v % s přesností na 2 desetinná místa.

Další klimatickou charakteristikou používanou pro výpočet znečištění ovzduší je četnost výskytu horní hranice inverze v různých nadmořských výškách, podle které se počítá zeslabení vlivu nízkých zdrojů na referenční body na horách. Protože však v současné době neexistují na více místech měření tohoto typu, je nezbytné použít pro celé území ČR výsledky takových měření ze stanice Praha-Libuš. Hodnoty výskytu horní hranice inverze potom nebudou vstupním údajem, ale vnitřními údaji metodiky.

2.2.2. Klimatické údaje pro výpočet znečištění ovzduší od chladících věží

Pro tento výpočet je nutné mít k dispozici stejnou větrnou růžici rozdělenou podle tříd stability atmosféry a rychlosti větru jako u běžných výpočtů znečištění ovzduší v kapitole 2.2.1. Protože však charakteristiky zdroje (objem a teplota vzduchu odcházejícího z chladicí věže) závisí na vnějších podmínkách (teplotě a relativní vlhkosti okolního vzduchu), je nutné znát navíc tyto údaje:

- 1) Matice hodnot g_r pro každou třídu stability ovzduší

Hodnoty g_r představují relativní četnosti výskytu situace s teplotou v dané třídě teploty a s relativní vlhkostí v dané třídě relativní vlhkosti a to pro danou třídu stability ovzduší. Třídy teploty a relativní vlhkosti zvolíme např. takto:

Teplota vzduchu t_e (°C)		Relativní vlhkost vzduchu r (%)							
interval	třídní teplota	interval tř. vlhkost	< 50 40	50 - 70 60	70 - 80 75	80 - 85 83	85 - 90 88	90 - 95 93	> 95 98
< -10	-12		g_{rt}						
-10 - -5	-7								
-5 - 0	-2								
0 - 5	2								
5 - 10	7								
10 - 15	12								
15 - 20	17								
20 - 25	22								
25 - 30	27								
> 30	32								

Pro hodnoty g_{rt} v tabulce (matici) bude pro každou třídu stability platit:

$$(2.11) \quad \sum_r \sum_t g_{rt} = 1$$

Vzhledem k tomu, že stabilitní klasifikace rozeznává 5 tříd stability ovzduší, je třeba mít k dispozici 5 takových matic hodnot g_{rt} . Hodnoty g_{rt} se získají statistickým zpracováním pozorování z meteorologické stanice, která je pro sledované místo reprezentativní.

2) Matice hodnot f_{rt} .

Hodnoty f_{rt} vyjadřují průměrné relativní množství zkondenzované vodní páry ve vzduchu při dané kombinaci teploty a vlhkosti vzduchu. V praxi se při výpočtu průměrných hodnot dají nahradit poměrem

$$(2.12) \quad f_{rt} = \frac{D_{m,rt}}{D_{rt}}$$

kde $D_{m,rt}$ je trvání situací s výskytem mlhy při teplotě t a relativní vlhkosti r za dané období

a D_{rt} je celková doba trvání situací s teplotou t a relativní vlhkostí r .

Pro hodnoty f_{rt} se volí stejné třídy teploty t_e a relativní vlhkosti r jako pro hodnoty g_{rt} . Vyčíslení matice f_{rt} se provede stejně jako u g_{rt} statistickým zpracováním meteorologických pozorování.

2.2.3. Údaje pro výpočet koncentrací za inverzí a bezvětří

Pro výpočet extrémního znečištění za inverzí a bezvětří je třeba znát výšku L (m) horní hranice inverze nad dnem údolí, pro které se výpočet provádí, a dobu T (hod.) nepřetržitého trvání podmínek inverze a současného bezvětří.

2.3. Údaje o terénu a budovách

2.3.1. Vstupní údaje o referenčních bodech

Pro každý referenční bod, pro který se počítá znečištění ovzduší, je nutné znát tyto údaje:

- 1) Poloha referenčního bodu, tj. souřadnice x_r , y_r (m) ve zvolené souřadné síti.
- 2) Nadmořská výška terénu z_r (m) v místě referenčního bodu.
- 3) Pokud je referenční bod umístěn jinde než v úrovni terénu, (např. na budově), pak jeho výšku l nad terénem (výšku budovy).

2.3.2. Údaje o topografii terénu

Hodnoty vypočtených koncentrací v referenčním bodě závisí mimo jiné na tvaru terénu mezi zdrojem a referenčním bodem. V případě, že terén mezi zdrojem a referenčním bodem není rovný, je třeba o jeho tvaru mít informace.

V praxi se výpočty provádějí obvykle v pravidelné nebo nepravidelné síti referenčních bodů. Z údajů o jejich poloze a nadmořských výškách terénu v jejich místě počítá speciální program tvar terénu ve sledované oblasti. Přesnost výpočtu profilu terénu mezi zdrojem a referenčním bodem tedy závisí na dostatečné hustotě referenčních bodů v jejich síti. Hustotu sítě referenčních bodů je proto nutné volit takovou, aby postihla všechny podstatné terénní útvary v daném území.

Mezi zdrojem a nejbližším referenčním bodem se předpokládá terén bez jakýchkoliv terénních útvarů. Naopak, pokud chceme podrobněji popsat terén mezi zdrojem a nějakým referenčním bodem, je nutné zvolit mezi nimi několik dalších referenčních bodů.

2.3.3. Údaje pro výpočet znečištění v zástavbě

Při výpočtu znečištění ovzduší v terénu zastavěném budovami se referenční body umísťují na budovách, tj. na horních hranách jejich fasád. Je vhodné umístit některé referenční body na nejvyšší budovy v okolí zdroje (zdrojů).

U podrobných výpočtů v malých vzdálenostech a při stanovování potřebných výšek komínů (výdechů) je nutné kromě výšek budov ležících v okolí zdroje znát rovněž jejich rozmístění a půdorysné rozměry. Tyto údaje lze odečíst z podrobných map.

2.3.4. Údaje pro výpočet znečištění při bezvětří a inverzi

Při výpočtu znečištění ovzduší při bezvětří a inverzi se předpokládá, že zdroje exhalují do objemu vzduchu uzavřeného z boků svahy údolí a sezhora horní hranicí inverze. K výpočtu objemu takto uzavřeného vzduchu je proto nutné z map odečíst plochy $P(z)$ údolí v různých výškách z nad dnem údolí.

2.4. Údaje o imisních limitech a přípustných koncentracích znečišťujících látek

Vypočtené koncentrace znečišťujících látek v referenčních bodech je nutné srovnat s jejich limitními hodnotami, aby bylo zřejmé, zda znečištění ovzduší v daných místech nepřekračuje přípustné hranice. Tyto limitní hodnoty jsou určeny buď pomocí imisních limitů nebo pomocí přípustných koncentrací.

Imisní limity jsou obsažené v Opatření FVŽP k zákonu č.309/91 (viz [11]) a to v Příloze 4. Tato příloha obsahuje koncentrace polévatého prachu, SO_2 , NO_x , CO , O_2 a Pb a Cd v polévatém prachu, které nesmí být ve volném ovzduší překročené nebo mohou být překročené jen po omezenou dobu v roce.

Pro ostatní znečišťující látky v ovzduší vyhlásují přípustné koncentrace, které nemají být ve volném ovzduší překročené, orgány Hygienické služby, většinou podle doporučení Referenční laboratoře Státního zdravotního ústavu v Praze.

Limitní hodnoty koncentrací znečišťujících látek se týkají zpravidla těchto časových období:

1) 30 minut

Limitní půlhodinové průměry koncentrací se obvykle označují k_{\max} (u imisních limitů IH_k), udávají se v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a znamenají nejvýše přípustnou krátkodobou koncentraci. Tzv. krátkodobé koncentrace, které jsou základním výstupem výpočtů v popisované metodice, se týkají právě půlhodinových průměrů a jsou proto přímo srovnatelné s těmito limitními hodnotami.

2) 24 hodin

Limitní denní průměry koncentrací se označují k_d (u imisních limitů IH_d). Koncentrace srovnatelné s těmito limitními hodnotami se běžně v metodice nepočítají. Přesto metodika umožňuje jako jednu ze speciálních aplikací tyto denní průměry koncentrací vyčíslit.

3) 1 rok

Limitní hodnota pro roční průměrnou koncentraci se označuje k_r (u imisních limitů IH_r) a rovněž se udává v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vypočtené roční průměry koncentrací má metodika jako svůj standardní výstup, takže je možné přímé srovnání s těmito stanovenými limitními hodnotami.

Shrneme-li předchozí odstavce, je zřejmé, že pro srovnání vypočtených hodnot je pro každou znečišťující látku potřeba znát:

k_{\max} - limitní hodnota pro krátkodobou koncentraci (nezbytné)

k_r - limitní hodnota pro průměrnou roční koncentraci (vhodné)

k_d - limitní hodnota pro průměrnou denní koncentraci (jen pro speciální aplikace)