

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ÚNIK
A ŠÍŘENÍ NEBEZPEČNÝCH ŠKODLIVIN

Bakalářská práce

Autor: Martin Tesař

Vedoucí práce: ing. Jan Horák

2007

Abstrakt

Factors influencing the escape and spread of harmful substance

Currently, harmful substances are released to the air more often and they threaten the safety of people because of their increasing amount being operated, stored and transported in the Czech Republic. The present threat is that the disasters in which harmful substances are released do not occur sporadically. Unintentional release may appear during their treatment, storage or transportation for many reasons, especially due to a natural disaster, technical cause or human failure. New causes of release have occurred recently – malicious intent and terrorist attack.

This thesis creates a complex view of the branches of science and other areas dealing with the spread of harmful substances in the air. Emission of harmful substances is influenced by many factors which are very difficult or sometimes impossible to model mathematically. There exist a lot of mathematical models which differ according to the factor they treat. They concern models of outflow, dispersion and evaporation.

The fire brigade in České Budějovice uses only one calculation model for estimating the emission of harmful substances - model ROZEX 2001.

The result of this thesis may be used as a model for analysis and assessment of harmful substance release.

Prohlášení

V Českých Budějovicích dne 16.5.2007

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum: 16.5.2007

Martin Tesař

OBSAH

Úvod	1
1. Současný stav	1
1.1 Proudění v přízemní vrstvě a mezní vrstvě atmosféry	1
1.1.1 <i>Vliv přízemního proudění na oblak kontaminantu</i>	2
1.1.2 <i>Vliv vertikální překážky na proudění vzduchu</i>	3
1.1.3 <i>Vliv návrší a hřebenů na proudění vzduchu</i>	6
1.1.4 <i>Vliv osamělých (dominantních) kopců</i>	8
1.1.5 <i>Vliv údolí, řečiště s vysokými břehy a táhlých sníženin</i>	9
1.1.6 <i>Vliv velkých vodních ploch</i>	11
1.1.7 <i>Vliv roklí, lesního porostu a křovisek</i>	11
1.1.8 <i>Vliv sídlišť na proudění vzduchu</i>	15
2. Cíl práce a hypotézy	16
2.1 Cíl práce	16
2.2 Hypotéza	17
2.2.1 <i>Modely pro výpočet úniku škodlivin</i>	18
2.2.2 <i>Modely výtoku</i>	18
2.2.3 <i>Modely rozptylu</i>	19
2.2.4 <i>Modely vypařování</i>	20
2.2.5 <i>Modely požárů</i>	21
2.2.6 <i>Modely výbuchů</i>	21
2.2.7 <i>Domino efekty</i>	22
2.2.8 <i>Modely zranitelnosti</i>	22
3. Metodika	23
3.1 Vliv atmosféry na nebezpečné škodliviny	23
3.1.1 <i>Hustota a hutnota plynu</i>	24
3.1.2 <i>Stavová rovnice</i>	24
3.1.3 <i>Avogadrova konstanta</i>	25
3.1.4 <i>Vlastnosti plyných nebezpečných škodlivin</i>	25

3.2 Popis jevů	25
3.2.1 <i>Koncentrace nebezpečných škodlivin</i>	26
3.2.2 <i>Oblak nebezpečných škodlivin</i>	27
3.2.3 <i>Rozptyl oblaku nebezpečných škodlivin</i>	27
3.2.4 <i>Difúze nebezpečných škodlivin</i>	28
3.2.5 <i>Vypařování kapalných nebezpečných škodlivin</i>	30
3.2.6 <i>Těkavost kapalně toxické látky</i>	30
3.2.7 <i>Hustota, viskozita a pohyb aerosolů</i>	31
3.2.8 <i>Přízemní proudění</i>	32
3.3 Vliv teplotního zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry	32
3.3.1 <i>Teplotní inverze</i>	32
3.3.2 <i>Izotermie</i>	34
3.3.3 <i>Konvekce</i>	34
3.3.4 <i>Turbulence</i>	36
3.4 Význam účelové typizace synoptických situací	38
3.4.1 <i>Proudění v atmosféře</i>	39
3.4.2 <i>Rozložení tlakových útvarů</i>	39
3.4.3 <i>Teplotní zvrstvení</i>	40
3.4.4 <i>Vliv teploty vzduchu</i>	42
3.4.5 <i>Přenos v přízemní vrstvě atmosféry</i>	43
3.5 Vliv atmosférických srážek	43
3.5.1 <i>Aerosoly v atmosféře</i>	44
3.5.2 <i>Sedimentace částic</i>	45
3.5.3 <i>Homogenita rozptýlení částic</i>	45
4. Diskuse	46
4.1 Rozex 2001	47
5. Závěr	48
6. Seznam použité literatury	49
7. Klíčová Slova	51
8. Přílohy	

8.1 Nejběžnější nebezpečné škodliviny

8.2 Havarijní karta pro oblast zamoření amoniakem

8.3 Výpočty modelu ROZEX po zamoření amoniakem

Úvod

Práci na téma faktory ovlivňující únik a šíření nebezpečných škodlivin jsem si vybral proto, že vzhledem k velkému a stále vzrůstajícímu množství nebezpečných škodlivin provozovaných, skladovaných a přepravovaných na našem území, dochází stále častěji k jejich úniku do ovzduší a tím k ohrožení obyvatelstva. Účinky těchto úniků jsou dány řadou faktorů. Tyto faktory jsou popsány různými vědními disciplínami (např. chemie, fyzika, meteorologie) a jsou ovlivněny i dalšími okolnostmi. Moderní společnost je dnes závislá na výhodách, které jim výroba celého spektra chemikálií přináší. Česká republika patří k zemím, kde je značně rozvinut chemický průmysl. Avšak mnohé z chemických látek, ze kterých vznikají požadované výrobky, jsou v dnešní době nebezpečné - buď jsou jedovaté pro člověka a jeho prostředí, nebo jsou hořlavé, nebo obojí. K nezanedbatelným rizikům současnosti patří, že havárie spojené s únikem škodlivin nejsou ojedinělým jevem. K neúmyslnému úniku škodlivin (chemikálií) do okolí může dojít během jejich zpracování, skladování nebo přepravy vlivem mnoha příčin, především jako následek živelné pohromy, technické příčiny, nebo selhání lidského faktoru. V posledních letech se objevují i nové příčiny úniku - úmysl, teroristický útok. V této práci bych chtěl popsat jakým způsobem se škodliviny v ovzduší šíří a pospat model pro výpočet šíření nebezpečných škodlivin v ovzduší, používaný Hasičským záchranným sborem ČR.

1. Současný stav

1.1 Zvláštnosti vzdušného proudění v přízemní vrstvě a mezní vrstvě atmosféry

Vzdušné proudění v přízemní vrstvě atmosféry významně ovlivňují terén, terénní předměty a rostlinná pokrývka. Vliv terénu na vítr podmiňuje řada faktorů, nejdůležitější však z nich je konkrétní meteorologická situace. V členité orografii bude

hrát velkou roli také vertikální stabilita spodních vrstev atmosféry všeobecně do výšky asi 500 až 1000 m. Přesně určit vliv terénu na vítr a zejména kvantitativní závislosti mezi nimi je velmi obtížné až nemožné.

Při hodnocení terénu z meteorologických hledisek musí být zvažován vliv :

- terénních tvarů (vyvýšeniny, doliny, údolí a rokliny),
- vodních ploch a toků,
- rostlinné pokrývky (lesní masivy, jednotlivé háje, křoviska, zahrady, obilí aj.),
- terénních předmětů (sídlíště, jednotlivé stavby apod.).

1.1.1 Vliv přízemního proudění na oblak kontaminantu

Zahrnuje dvě složky – směr a rychlost větru, které ovlivňují pohyb oblaku, jeho dosah a koncentrační poměry v oblaku

V důsledku vzestupných nebo sestupných proudů mění oblak kontaminantu svou polohu ve vertikálním směru.

Rychlost větru má vliv na intenzitu změn koncentrace toxických látek v oblaku kontaminovaného vzduchu.

Při slabém větru je koncentrace látek v daném prostoru vyšší, při silném se uplatňuje turbulence, což vede ke zředování kontaminantu v ovzduší.

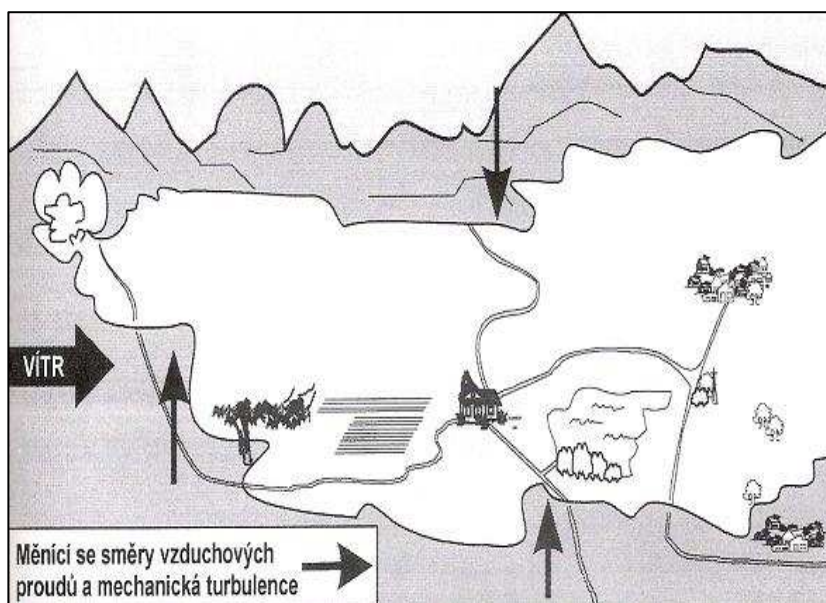
Na evoluci oblaku nebezpečných škodlivin se největší měrou podílejí děje související s jeho přemísťováním. Při svém pohybu oblak zachovává ostřejší ohraničení, po zastavení se poměrně rychle rozplývá. Tak jako pohyb nezamořeného vzduchu v atmosféře, má i pohyb oblaku nebezpečných škodlivin obecný směr a určitou rychlost.

Rychlost pohybu lze rozložit na složku horizontální (vítr) a složku vertikální (výstupný nebo sestupný pohyb).

Trajektorie přemísťování oblaku je dána směrem větru a rychlost jeho pohybu rychlostí větru. Na rychlosti větru závisí doba, za kterou oblak dosáhne určitého místa a rovněž i doba, po kterou oblak bude přes určité místo přecházet (tzv. zdánlivé setrvávání oblaku na místě). Výstupným nebo sestupným pohybem mění oblak svoji polohu ve vertikálním smyslu. V případě vzestupu (třeba i se zemského povrchu)

zpravidla dojde k jeho deformaci v důsledku zvyšování rychlosti větru s výškou. Naopak při poklesu se výška oblaku snižuje a zamořený vzduch zatéká do prohlubní v terénu.

Pro hodnocení pohybu nebezpečných škodlivin lze používat tzv. lokální trajektorové modely a v některých případech i výpočty trajektorií přenosu z bodů, z nichž jsou přimíšeniny emitovány. Takovéto postupy jsou velmi výhodné při dostatečně intenzivním vzdušném proudění. Nehodí se však pro meteorologické (synoptické) situace s rychlostí přízemního větru do $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ nebo pro úlohy makrometeorologického měřítka (řádově tisíce km, které jsou řešeny pomocí jiných modelů).



Obr. č. 1 - Změna směru šíření toxické látky „meandrováním“

1.1.2 Vliv vertikální překážky na proudění vzduchu

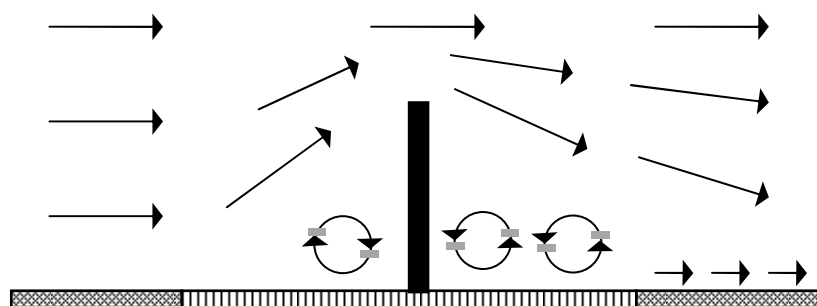
Vertikální překážka (zeď, hustý pás stromů s podrostem, řada domů apod.), pokud je pro vzduch nepropustná, způsobuje, že se před ní vzduch nashromáždí, stlačuje se a

jeho rychlost klesá až k nulovým hodnotám. Vytváří jakýsi polštář, po kterém se další vzduchová hmota přelévá přes překážku. Nad překážkou se proudnice zhušťují, takže svisle nad ní a v jejím nejbližším okolí se budou vyskytovat vyšší rychlosti proudění.

Vertikální pohyby jsou spojeny se změnami teploty. S ohledem na vertikální teplotní zvrstvení se mohou tlumit (stabilní zvrstvení, inverzní průběh teploty) nebo prodlužovat a zrychlovat (labilní zvrstvení, konvekce).

Vane-li vítr kolmo k překážce, vznikají víry různých rozměrů, s různě položenými osami otáčení a to jak na návětrné, tak i na závětrné straně překážky. Pohyby vírového charakteru budou rozvinutější při konvekci a v případech, kdy se vliv vertikálních překážek na chod větru násobí. Parametry vzdušného proudění se totiž mění již ve značné vzdálenosti před překážkou. Je-li překážka značně širší než její výška, začíná zrychlování a vyzvedávání proudnic ve vzdálenosti, která odpovídá desetinásobku její relativní výšky. Za překážkou vzniká tzv. aerodynamický (anemometrický) stín. Délka aerodynamického stínu je 15 až 20 krát delší než je výška vertikální překážky.

V místech před a hlavně za překážkou vznikají víry s vodorovnou osou. Jejich vznik podporují teplotní rozdíly v důsledku ohřevu vertikální překážky a terénu. Tyto víry jsou zpravidla cirkulačně uzavřeny a výměna vzduchu mezi nimi a všeobecným vzdušným prouděním je tedy omezená. Za překážkou často vzniká řada postupně se zmenšujících vírů, která však, zvláště za labilního zvrstvení, brání návratu všeobecného proudu k podloží. V tomto případě je za překážkou sice výměna vzduchu mezi víry a převládajícím (všeobecným) prouděním větší (obr.), ale vzdušné víry si i nadále uchovávají izolovaný charakter.



Obr. č. 2 - Vliv vertikální překážky na vítr

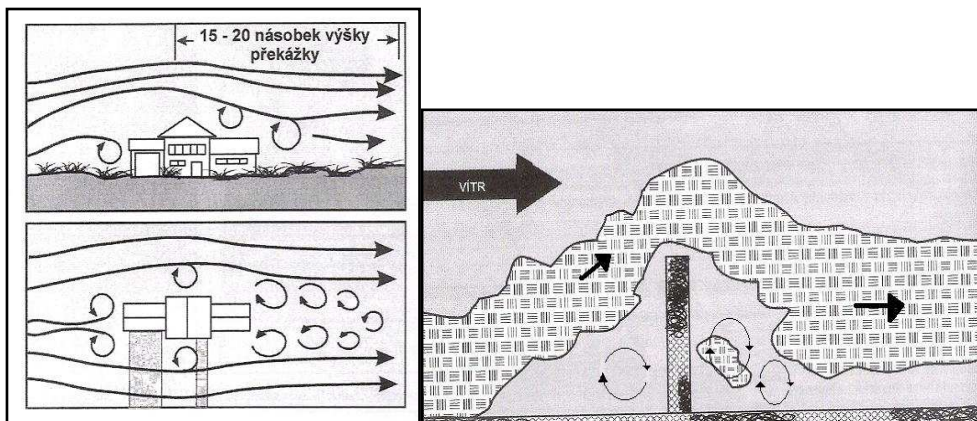
Uvedený příklad je schématický a obtékání vertikální překážky v reálných podmínkách mnohem složitější. Ne jejích bocích se vzduch snaží překážku obejít, proudnice se rozbíhají do stran, což značně komplikuje větrné poměry.

Je-li v proudu vzduchu unášen přes vertikální překážku oblak nebezpečných škodlivin, pak asi ve vzdálenosti rovnající se desetinásobku výšky překážky se bude zvedat a jeho pohyb zrychlovat. Při inverzi v něm vzroste koncentrace nebezpečných škodlivin; její maximální hodnoty budou pozorovány v určité výšce nad překážkou. Na závětrné straně se oblak nebezpečných škodlivin bude rozšiřovat a zvláště při stabilním zvrstvení (inverzi) klesat k zemi. Celkově se jeho vertikální mohutnost zvětší a koncentrace nebezpečných škodlivin zmenší.

V prostoru před a za překážkou, v tzv. polštáři vzduchu, který se neúčastní všeobecného pohybu, zůstane vzduch buď zcela nezamořený, nebo jen s nízkým obsahem škodlivin (v případě vzniku vírů a následné výměny vzduchu, při níž bude část oblaku škodlivin vtažena do tohoto prostoru). Za to však po přechodu vlastního oblaku škodlivin přes překážku se může udržovat určitá (někdy nebezpečná) koncentrace po obou jejích stranách a to i po skončeném chemickém poplachu.

Rozšíření oblaku nebezpečných škodlivin a jeho deformace v horizontálním i vertikálním směru (důsledek turbulentní výměny) vedou k jeho rychlému rozptýlu, takže hloubka proniknutí škodlivin bude všeobecně menší než v rovinném terénu bez překážek.

Je-li vertikální překážka orientována šikmo ke směru převládajícího proudění, bude se v přízemní vrstvě vždy měnit směr větru, takže může dojít k odklonu trajektorie pohybu oblaku, zejména v případě, kdy se jedná o rozměrnou překážku a malý úhel mezi směrem větru a orientací překážky.



Obr. č. 3,4 Vliv překážky na vítr

1.1.3 Vliv návrší a hřebenů na proudění vzduchu

Vliv návrší a hřebenů má celou řadu specifik. Především je závislý na relativním převýšení, zeměpisné orientaci, sklonu svahů a charakteru podloží. Velký praktický význam má místní cirkulace ovzduší s denní periodicitou (horské a údolní větry). Přes den se údolí intenzívně prohřívají, což napomáhá proudění vzduchu údolím v podélném směru vzhůru k horským hřebenům (tzv. údolní vítr). Naopak v noci stéká chladný vzduch po svazích do údolí (horský vítr). Nad horskými, stejně jako nad údolními větry vznikají protisměrné kompenzační vzdušné proudy.

Uvažujme určité zidealizované návrší se stejným sklonem na návětrné i závětrné straně. Při větru kolmém ke svahu se bude na návětrné straně vzduch zvedat a v důsledku zhuštění proudnic jeho rychlost směrem k hřebenu vzrůstat. Jak je zřejmé z následujícího vztahu, závisí velikost zesílení větru na sklonu svahu :

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{1}{\cos \alpha}, \quad \text{kde : } V_0 - \text{ rychlost větru před svahem}$$

V_1 - rychlost větru na svahu

α - úhel sklonu

Uvedený experimentální vztah je možné použít do sklonu svahu asi 30 °. U větších sklonů komplikují větrné poměry vertikální složky pohybů.

Velikost zesílení větru bude záviset na sklonu svahu. U svahů s 30% sklonem se rychlost větru zvýší přibližně o 15 %. U strmějších svahů komplikují poměry vertikální složky pohybů.

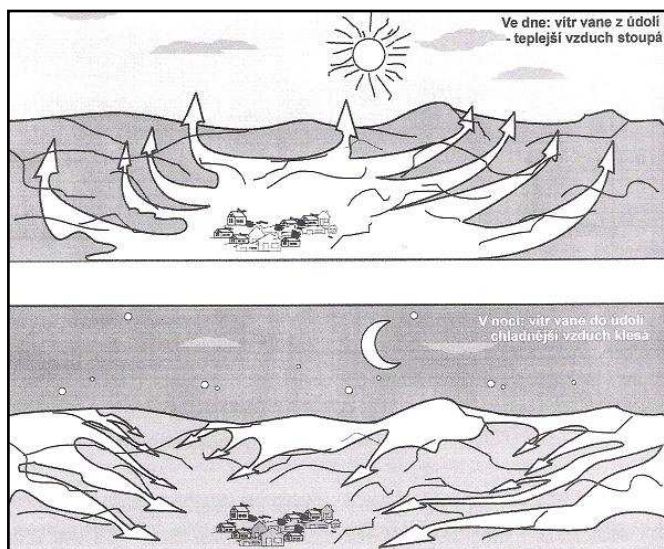
Na závětrné straně bude rychlost větru při zemi postupně klesat. Takové plynulé obtékání je však pravděpodobné pouze za stabilního zvrstvení (při inverzi).

Je-li návětrný svah příkrý, pak bude růst rychlosti větru značný a na příkrém závětrném svahu se objeví víry (podobně jako za vertikální překážkou). Při labilním zvrstvení, např. v důsledku silného oslunění závětrného svahu, vzduch k podloží opět nepropadá a na závětrném svahu často vzniká místní svahový vítr, který vane proti převládajícímu vzdušnému proudění. Navíc může při takovémto vertikálním zvrstvení vznikat turbulence dosahující velkých výšek a jednotlivé víry, které se oddělují od místa svého vzniku, se pak mohou přesouvat v převládajícím proudění na značné vzdálenosti.

Přes hřeben bude oblak škodlivin vždy přenášen s větší rychlostí a na jeho vrcholku pak pozorovány nejvyšší koncentrace těchto škodlivin. Vzácně může nastat případ, že velmi slabé převládající proudění nevynese tento fenomén na hřeben a zůstane pod ním.

Při stabilním zvrstvení bude oblak škodlivin, který přešel vrchol terénní překážky, sestupovat na závětrné straně do údolí, poněkud se vertikálně rozšíří a tím se v něm sníží celková koncentrace škodlivin. Naproti tomu při labilním zvrstvení může zůstat tento oblak po překonání překážky nad terénem a zemský povrch na závětrné straně nemusí být kontaminován.

Pokud vítr vane podél hřebene, hřeben se stává jakýmsi regulátorem, který pohyb vzduchu i oblaku toxické látky usměrňuje. Vane-li však k němu pod ostrým úhlem, pak dochází jednak k částečnému přelévání vzduchu přes hřeben (zejména v sedlech) a jednak k částečnému stáčení směru větru podél hřebene. Při stabilním zvrstvení je přelévání vzduchu přes hřeben malé nebo žádné, naproti tomu při labilním zvrstvení zvýšené a to zvláště v sedlech.



Obr. č. 5 - Vliv návrší a hřebenů na proudění vzduchu

1.1.4 Vliv osamělých (dominantních) kopců

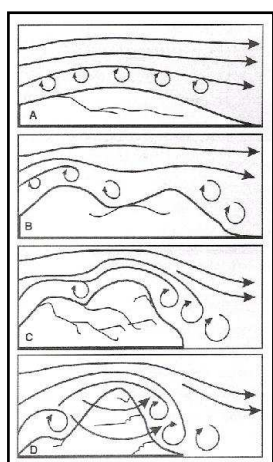
Při stabilním zvrstvení obchází oblak toxické látky osamělý kopec rovněž z obou stran. Na jeho úbočích je pozorována zvýšená koncentrace, za ním se oblaka mohou i nemusí spojit. Na závětrné straně se udržuje v oblasti vzdušných vírů část škodlivin a přetrvává zde déletrvajících kontaminace. Za kopcem zpravidla postupují obě části oblaku toxické látky samostatně, rozšiřují se do výšky a postupně se rozpouštějí.

Při labilním zvrstvení se část vzduchu přelévá přes kopec a u jeho vrcholu vzniká silná turbulence. Ve vystupujícím vzduchu se často vytváří tzv. orografický (horský) oblak, setrvávající na místě i za silného větru. Na závětrné straně se rychle rozpouští.

Za stabilního zvrstvení obchází oblak nebezpečných škodlivin osamělý kopec rovněž z obou stran. Na jeho úbočích se pozoruje zvýšená koncentrace, za ním se oblaka mohou i nemusí spojit. Na závětrné straně se udržuje v oblasti vzdušných vírů část škodlivin a přetrvává zde déletrvajících zamoření. Za kopcem zpravidla postupují obě části oblaku škodlivin samostatně, rozšiřují se do výšky a postupně rozpouštějí.

V případě labilního zvrstvení se oblak nad úbočím zvedá a přechází přes vrchol kopce, jehož povrch zamořuje. Při silné labilitě může i osamělý kopec způsobit jeho zvednutí a odtržení od země.

Řada za sebou následujících hřbetů a kopců vzdušné proudění silně rozrušuje a škodliviny v ovzduší rozptyluje. Zůstane-li oblak ve výšce v jedné části krajiny, může se v jiné překvapivě vrátit k zemi. Pokud je vertikální výměna vzduchu slabá, objevují se za kopci málo zamořené a plošně nevelké oblasti, ke kontaktu oblaku se zemským povrchem však nemusí dojít.



Obr. č. 6 - Vliv jediného svahu na chování oblaku toxické látky

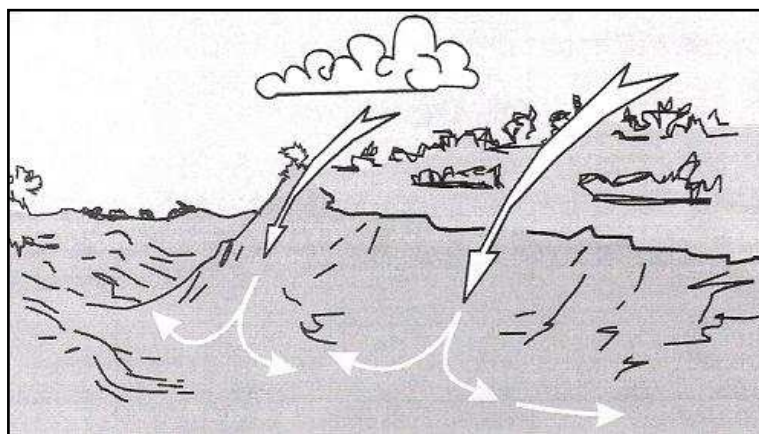
1.1.5 Vliv údolí, řečiště s vysokými břehy a táhlých sníženin na proudění vzduchu - kolmý vítr

Údolí, řečiště s vysokými břehy a jiné táhlé sníženiny mají na směr a rychlost větru tím větší vliv, čím jsou širší. Jedná se o oblasti, v nichž škodliviny mohou setrvávat dlouhou dobu.

Vane-li vítr kolmo na údolí, snižuje se nad ním rychlost. U převládajícího směru větru nedochází ke změně, v místě náhlého zeslabení větru se však objevuje turbulentní zóna, zejména se projevující změnami směru větru v údolí. Na jeho dně se vyskytují buď slabé větry ve směru údolí nebo bezvětří.

Pokud přechází oblak přes údolí, pak do něj zpravidla pronikne. Při čerstvém větru v úzkém údolí se vzduch všeobecného proudění však neúčastní a k zamoření zde proto nedochází.

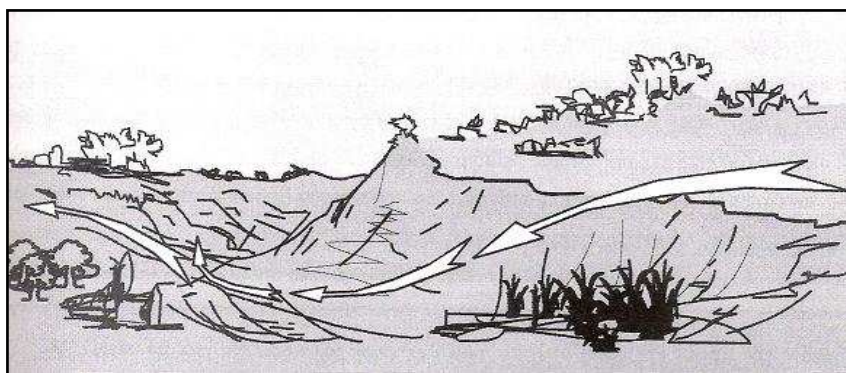
V noci a zvláště pak při inverzi se velmi často vyskytují místní údolní větry, při nichž zatékají škodliviny do údolí a zaplňují je. Dostane-li se oblak do míst uléhání větru v rozšířených částech údolí, může zamoření přetrvávat i několik hodin. Výstup vzduchu ze dna údolí (a tím i škodlivin) nastává až po východu slunce a nejdříve na sluncem ozářených svazích. Současně zesiluje i vítr, což způsobuje, že přirozená dekontaminace údolí je poměrně rychlé.



Obr. č. 7 - Vliv údolí, řečiště s vysokými břehy a táhlých sníženin na oblak toxické látky

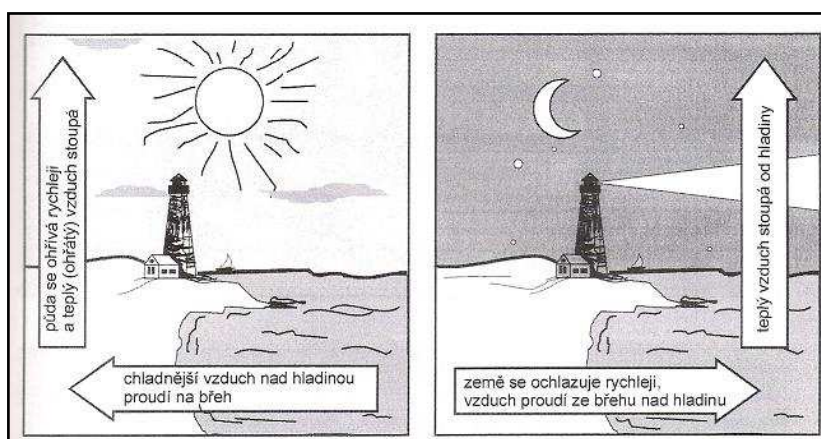
Vane-li vítr šikmo ke směru údolí, směr větru se mění a údolí se stává řečištěm, kterým se vzduch (oblak škodlivin) pohybuje. Vliv údolí je tím větší, čím je vítr slabší a zvrstvení stabilnější.

Údolí orientovaná ve směru převládajícího proudění mohou umožnit oblaku škodlivin proniknutí do vzdálenosti až desítek kilometrů a zachovat dlouhodobou koncentraci škodlivin.



Obr. č. 8 - Vliv údolí, řečiště s vysokými břehy a táhlých sníženin na proudění vzduchu
- šikmý vítr, vítr orientovaný podél údolí

1.1.6 Vliv velkých vodních ploch



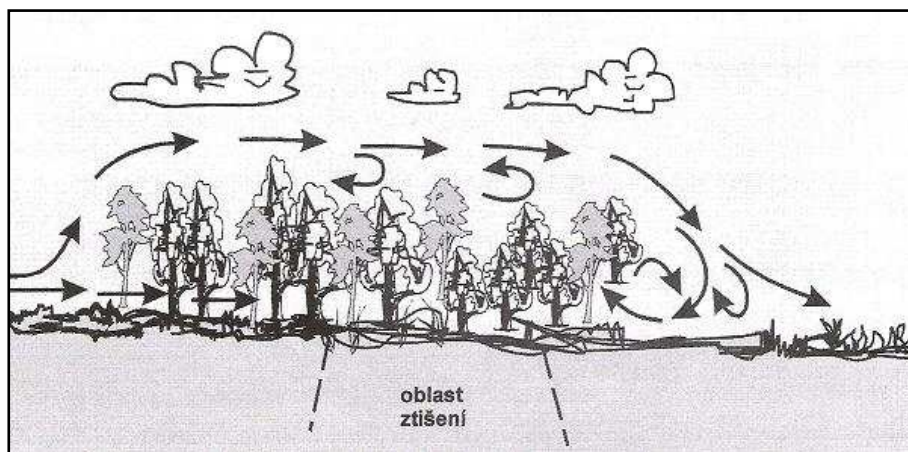
Obr. č. 9 Vliv vodních ploch

1.1.7 Vliv roklí lesního porostu a křovisek na proudění vzduchu a oblak toxické látky

Obdobný je vliv i roklí. Ostře zařezané rokle při rychlém větru oblak toxické látky zpravidla přetéká a uvnitř roklí zůstane vzduch nezamořen. Ovšem v noci škodliviny do rokle zatékají a přirozené odmoření nastává až po východu slunce.

Vliv hřebenů, údolí a roklí bude výrazný v horské krajině. Cestami transportu škodlivin se stanou údolí a rokle. V úzkých údolích a sedlech vítr náhle zesiluje a stává se turbulentním. Naproti tomu v uzavřených údolích a roklích dochází k dlouhodobějšímu zamoření, zvláště pak tehdy, když jsou zastíněny vysokými orografickými překážkami.

Lesní porost tvoří přirozenou vertikální překážku, vzduch před ní zpomaluje pohyb a jeho převážná část se zvedá nad vrcholky stromů, zbytek proniká s postupně slábnoucí rychlostí do porostu. Vzdálenost oblasti ztišení větru závisí na směru a rychlosti převládajícího proudění (ve volné krajině) a na charakteru lesa (výška, hustota a druh stromů).



Obr. č. 10 Vliv porostu na proudění vzduchu

Rychlost větru v zájmovém místě lesa lze vypočítat podle tohoto experimentálního vzorce : $V = V_o e^{-\alpha x}$,

kde : V (km.h^{-1}) - okamžitá rychlost v místě vzdáleném x od okraje lesa

V_o (km.h^{-1}) - změřená rychlost větru na volném prostranství před okrajem lesa

x (km) - vzdálenost zájmového místa od okraje lesa

e - základ přirozeného logaritmu ($e^x = a$ je totéž jako $\ln a = x$)

α - koeficient útlumu (jeho hodnotu v závislosti na charakteru lesa

uvádí tabulka)

Ve vzdálenosti asi 0,1 km od kraje lesa se v hustém porostu snižuje rychlost větru 7 - 10 krát. Ve středně hustém lese a při střední rychlosti větru (18 - 22 km.h⁻¹) začíná bezvětří ve vzdálenosti 0,2 - 0,4 km od okraje návětrné strany lesa.

Plošně malý les může být ventilován celý; ovšem i v takovém případě se rychlost větru oproti volné krajině několikrát snižuje. Pokud je to v zimě, pak u lesa se střední hustotou porostu je rychlost větru asi 40 - 60 % a v létě jen asi 30 - 40 % rychlosti ve volné krajině. Naproti tomu v hustém lese srovnatelné plochy dosahuje v zimě rychlost větru asi 20 - 30 % a v létě jen 10 až 20 % rychlosti vzdušného proudění ve volné krajině.

Koeficient útlumu α a příklad jeho použití

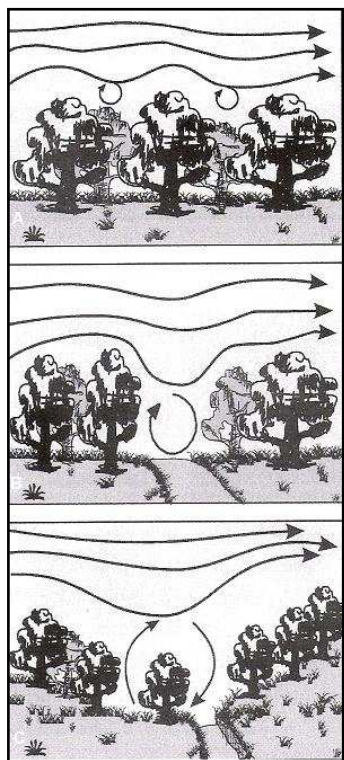
Charakter lesa	α	Hodnota V při $V_0=20$ a $x=0,1$
Hustý smíšený les výšky 5-8 m	23,12	2 km.h ⁻¹
Velmi hustý les bez listů	18,20	3
Smíšený les výšky 14-16 m	16,90	4
Řídký les výšky asi 10 m	7,77	9
Řídký vysoký jedlový les	5,80	11

Větší část vzduchu se přelévá nad lesem. Vrcholky stromů tvoří nerovný povrch, který je propustný, a pohyb vzduchu v jeho úrovni má vždy turbulentní charakter. V důsledku toho dochází k výměně vzduchu v lese se vzduchem bezprostředně se přesunujícím nad ním; charakteristické je to především pro řídký lesní porost (mýtiny, průseky aj.). Turbulentní výměna je intenzivnější při labilním zvrstvení.

V lese existují specifické teplotní podmínky. Vzduch nad korunami stromů je teplejší a v lese chladnější, což znamená, že teplotní zvrstvení v lesním porostu je stabilní a vzduch se labilizuje pouze v místech přehřátých mýtin a polan (podmiňuje neuspořádanou výměnu vzduchu).

Za lesem klesá vzduch opět k zemi, zvláště při stabilním zvrstvení. Vyskytující se aerodynamický stín zasahuje do lesa jen asi 50 m (jedná se o 6 - 10 násobek střední

výšky lesa). V této oblasti vzniká místní proudění směřující proti převládajícímu směru větru a způsobující zatékání vzduchu do lesa. V noci je tato místní cirkulace zesilována tzv. kompenzujícím prouděním, které směřuje z chladného okolí lesa do teplejšího lesního porostu.



Obr. č. 11 Proudění vzduchu v lese

Při labilním zvrstvení vzduchu vyvolává les na své přední straně výstupné a na zadní straně sestupné pohyby vzduchu.

Na základě znalostí o cirkulaci v lese a nad ním lze kvalifikovaně hodnotit vliv lesního porostu na oblak škodlivin. Oblak toxické látky před lesním porostem se z velké části zvedá nad les a jeho zbylá část proniká do lesa a to tím více, čím stabilnější bude zvrstvení.

Pohyb části oblaku, která pronikla do lesa, bude se zpomalovat a v oblasti bezvětrí bude setrvávat na místě, zejména v noční době. Vlivem místních kompenzačních

pohybů vzduchu se budou škodliviny pomalu a jakoby nahodile přemísťovat i rozšiřovat do hloubky a šířky. Koncentrace škodlivin se sice bude snižovat, ale především při velké inverzi škodliviny setrvají v lese dlouho.

V případě labilního zvrstvení se oblak škodlivin v korunách stromů rychle rozptyluje a jeho části jsou shora zanášeny do lesního porostu. Pokud klesnou až k zemi, mohou se daleko od okraje lesa vytvářet izolované oblasti zamoření. Za lesem nemusí oblak škodlivin klesnout až k zemi (stejně jako za vertikální překážkou). V každém případě však bude jeho vertikální mohutnost větší a v důsledku turbulentní difúze se v něm sníží koncentrace škodlivin. Les tedy vždy vyvolává rozptyl a zkracuje hloubku pronikání škodlivin.

Řídký les projde oblak škodlivin celý, ovšem pomaleji. Průseky ve směru převládajícího proudění se často stávají cestami pohybu oblaku lesem. Na návětrné straně před lesem se zamoření po přechodu oblaku nevyskytuje. Na závětrné straně se může vyskytnout zamoření tehdy, když dojde k výměně mezi částí oblaku škodlivin a vzduchem v aerodynamickém stínu. Místní cirkulací v lesním závětrří mohou být zaneseny škodliviny zezadu i na okraj lesa.

Obdobný vliv na pohyb vzduchu a tím i na oblak škodlivin mají křoví, hustá vysoká tráva a obilí, ovšem v přiměřeně menší míře. Dostanou-li se mezi ně škodliviny, pak v nich setrvávají delší dobu, zejména při silné inverzi a u porostů v terénních sníženinách. Škodliviny se rovněž šíří jinak v suchém a mokřém porostu.

1.1.8 Vliv sídlišť na proudění vzduchu

V sídlištích jsou pohyby vzduchu velmi komplikované. Ulice orientované shodně s převládajícím směrem větru nekladou větru žádné překážky, zatím co za téže situace je v příčně orientovaných ulicích vítr slabý, vyskytuje se i bezvětří. V místech vyústění příčných komunikací do ulic s pohybujícím se vzduchem existuje silná turbulence. Silná turbulence je i ve výšce střech domů.

Šikmé ulice, vzhledem ke směru proudění, mohou způsobit odklon pohybu vzduchu od převládajícího směru.

Rozsáhlá prostranství (náměstí) mají větrné poměry podobné těm, které existují ve volné krajině. V zahradních částech měst je pohyb vzduchu komplikovanější než v lesním porostu a jeho okolí.

V pohybech vzduchu ve velkých sídlištích se může uplatňovat i vyšší teplota (komunikace, zástavba, stálé zdroje tepla aj.). Ve dne směřuje místní cirkulace do města a samozřejmě se skládá se všeobecným pohybem ovzduší.

Komplikované větrné poměry v sídlištích způsobují, že zpravidla je nemožné předem určit, které jejich části by oblak toxické látky mohl zasáhnout, jak dlouho setrvá na místě a kdy zanikne. Velmi často se roztrhá na několik částí. Rovněž může v důsledku místních cirkulací docházet k zanášení škodlivin z periferní zástavby d centra města.

Silná turbulence ve výšce střech, zvláště při labilním zvrstvení, a místní výstupné pohyby vzduchu u stěn osluněných domů, budou oblak škodlivin poměrně rychle vertikálně rozšiřovat.

Jak teplota povrchu půdy či vzduchu, tak i větrné poměry v různých vrstvách atmosféry, do nichž jsou vnášeny škodliviny, se vždy budou v menší či větší míře nezanedbatelně podílet na jejich účincích. Logicky z toho vyplývá nezbytnost analýz jejich horizontálních a vertikálních změn v zájmových prostorech..

2. Cíle práce a hypotézy

2.1 Cíl práce

Vypracovat komplexní průřez vědními disciplínami i ostatními oblastmi, dotýkajícími se šíření nebezpečných škodlivin v ovzduší. Z těchto disciplín a oblastí vytipovat faktory ovlivňující únik, popsat jejich mechanismus a závažnost ovlivnění šíření nebezpečných škodlivin v ovzduší.

2.2 Hypotéza

Únik nebezpečných škodlivin ovlivňuje velké množství faktorů, které v konkrétních případech je velmi obtížné, nebo přímo nemožné přesně matematicky modelovat. I zde může platit teorie chaosu. V matematice a fyzice se **teorie chaosu** zabývá chováním jistých nelineárních dynamických systémů, které (za jistých podmínek) vykazují jev známý jako **chaos**, nejvýznamněji charakterizovaný citlivostí na počáteční podmínky (viz motýlí efekt). V důsledku této citlivosti se chování těchto fyzikálních systémů, vykazujících chaos, jeví jako náhodné. V případě úniku nebezpečných škodlivin je potřeba co nejdříve zjistit o jakou škodlivinu se jedná, za jakých okolností uniká do ovzduší, modelovat směr úniku a množství nebezpečné látky.

Je mnoho matematických modelů, které se liší tím, s jakými faktory pracují. Abychom spočítali následky nehody na lidi a okolní prostředí, budeme simulovat proceduru hodnocení následků vývojem nehody s pomocí příslušných fyzikálních jevů. Běžný vývoj nehody bývá následující:

- Na počátku existuje výtok nebezpečné látky do prostředí. Tento výtok může být v plynné fázi, v kapalně fázi nebo jako dvoufázový.
- Pokud je látka v kapalně formě, bude následovat vypařování kapaliny.
- Pokud je látka hořlavá, existuje možnost okamžité iniciace.
- Pokud je látka toxická nebo pokud je hořlavá, ale neinicovaná okamžitě, pak se bude plynná forma rozptylovat do atmosféry.
- Toxická látka může být inhalována lidmi. Pokud dávka dosáhne určité prahové hodnoty, existuje možnost zranění nebo dokonce úmrtí.
- Hořlavá látka může být zapálena. Osoby v blízkosti budou ohroženy tepelnými a přetlakovými účinky požáru anebo výbuchu.
- Pokud je hořlavá látka uvolněna v kapalně formě, pak se bude vytvářet kaluž. Pokud se zde dodatečně objeví zdroj zapálení, dojde k požáru této kaluže.

Aby analytik ocenil následky nehody, musí modelovat všechny výše citované jevy. Modely musí být vyvinuty a dostupné pro všechny tyto jevy. Proto analytik simuluje vývoj nehody použitím příslušných kombinací modelů. Analytik tedy používá sadu modelů pro:

- definici zdrojových členů,
- modelování rozptylů,
- modelování požárů,
- modelování výbuchů,
- vyhodnocení zranitelnosti příjemců.

2.2.1 Modely pro výpočet úniku škodlivin

2.2.2 Modely výtoku

Modely pro výtok kapaliny a plynu jsou dobře známy z inženýrské praxe (např. Bernouliova rovnice). Výběr vhodného modelu závisí na fázi (tj. zda únik je či není ve formě kapalné, plynné nebo dvoufázové) a podmínkách unikající látky. Typickým jednoduchým příkladem modelu úniku kapaliny je Bernouliova rovnice:

$$\dot{m}_L = C_d \cdot A \cdot d \cdot \sqrt{\frac{2(p - p_a)}{d} + 2gH}$$

kde: \dot{m}_L - hmotnostní rychlost úniku kapaliny (kg/s)

C_d - je únikový koeficient

A - je plocha otvoru (m²)

d - je hustota kapaliny (kg/m³)

p - absolutní skladovací tlak (N/m²)

p_a - je absolutní tlak okolí (N/m²)

g - je gravitační tíhové zrychlení (m/s²)

H - je výška hladiny nad únikovým otvorem (m)

Pro únik plynu by měly být použity složitější modely a měl by být učiněn rozdíl mezi případem úniku s rychlostí nadzvukovou (vysoký tlak) a podzvukovou (nízký tlak). Jiným případem úniku v plynné fázi, který stojí za zmínku, je únik z pojišťovacích ventilů, tj. ventilů specificky určených k tomu, aby odlehčily zvýšenému tlaku v nádobě a tak zabránily jejímu roztržení vlivem přetlaku.

2.2.3 Modely rozptylu

Existuje mnoho rozptylových modelů, které se dají rozdělit podle:

- Chování vytvořeného mraku. Jsou to modely pro vznášivý rozptyl (známé také pod označením pasivní nebo Gaussův rozptyl) a modely pro rozptyl těžkého plynu.
- Trvání úniku, tj. zda může být únik považován za okamžitý (puff) nebo kontinuální (plume).
- Složitosti modelování. Existují jednoduché „box“ modely a složité 3-D modely, které berou v úvahu reliéf terénu.

Gaussův model rozptylu

Jeden z nejjednodušších a snad také nejvíce užívaných modelů, Gaussův model rozptylu, je aplikován pro plyny lehčí než vzduch nebo obecně během pasivní rozptylové fáze. Je založen na předpokladu, že koncentrace nebezpečné látky je normálně (Gauss) distribuována na horizontální i vertikální ose. Pro kontinuální únik z vyvýšeného bodového zdroje o výšce H je koncentrace v bodě (x, y, z) dána:

2.2.4 Modely vypařování

Pro vypařování byla navržena řada modelů. Důležitým aspektem je zde mechanismus přenosu tepla, a to zda je dominantní přenos z půdy nebo vzduchu, nebo z vanoucího větru. Modely vypařování z kaluže jsou založeny na základních principech termodynamiky. V případě, kdy je dominantním mechanismem přenos tepla z půdy nebo vzduchu, je hmotnostní rychlost vypařování dána energetickou rovnováhou, tj. úvahou, kdy je celkový tepelný tok ze vzduchu a podkladu využit pro zahřívání a vypařování uniklé látky. Pokročilejší modely musíme brát v úvahu v případech, kdy se poloměr kaluže zvětšuje (neexistuje záchytná nádrž).

Modely výtoku obvykle berou jako vstupy podmínky vně a uvnitř zařízení s látkou (např. tlak, teplota) společně s charakteristikami látky. Požadovány jsou také velikost, ostrost a umístění únikového otvoru. Tato data se odvodí přímo z provozních podmínek zařízení a z úvah spojených se scénářem dané nehody. Výstupem výtokových modelů jsou charakteristiky, které zahrnují:

- vyteklé množství nebo hmotnostní rychlost výtoku,
- trvání výtoku,
- podmínky vytékající látky, tj. zda se jedná o kapalnou nebo plynnou fázi, nebo o mžikově se odpařující látku – dvoufázový výtok.

Modely vypařování obvykle vyžadují proměnné počítané výtokovými modely a proměnné meteorologických podmínek.

$$c(x,y,z) = \frac{\dot{m}}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left[\exp \frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right] \left[\exp \frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2} + \exp \frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right]$$

kde: x, y, z - jsou vzdálenosti od zdroje (x = po směru větru, y = kolmo na směr větru, z = vertikální)

$c(x, y, z)$ - je koncentrace látky v bodě (x, y, z) (kg/m³)
 m - je hmotnostní rychlost výtoku (kg/s)
 u - je rychlost větru (m/s)
 H - je výška zdroje nad terénem (m)
 σ_y - je horizontální rozptylový koeficient (m) závislý na vzdálenosti ve směru větru a stabilitní třídě
 σ_z - je vertikální rozptylový koeficient (m) závislý na vzdálenosti ve směru větru, stabilitní třídě a drsnosti povrchu.

2.2.5 Modely požárů

Požáry kaluží

Vyskytují se v případě úniku kapaliny, která vytvoří kaluž a ta je potom zapálena. Při modelování požárů kaluží se uvažuje rychlost hoření dané látky, je počítána výška plamene, geometrický faktor (závisí na relativní poloze příjemce vůči plameni) a berou se v úvahu meteorologické podmínky. Výstupem modelu je přijatá intenzita tepelného toku (kW/m²).

Tryskavé požáry

Tryskavé požáry jsou výsledkem úniku stlačených hořlavých plynů nebo kapalin. Jsou modelovány jako válec s průměrem D a délkou L (délka plamene), které jsou počítány hlavně z empirických rovnic. Potom je spočtena přijatá intenzita tepelného toku, přičemž se bere v úvahu geometrický faktor (stanoven z pozice příjemce vůči plameni).

2.2.6 Modely výbuchů

Výbuch je velmi rychlé hoření, takže rozpínání plynů vyústí v rychle se pohybující tlakovou vlnu. Rozlišují se dva různé případy:

- Deflagrace, kdy je rychlost tlakové vlny nižší než rychlost zvuku (za daných podmínek).
- Detonace, kdy je rychlost tlakové vlny vyšší než rychlost zvuku.

Pro jeho vyhodnocení se v literatuře používají dvě metody:

- Model TNT, který vypočítává hmotnost TNT (trinitrotoluen) ekvivalentní uniklé hořlavé látce a odhaduje přetlak v závislosti na vzdálenosti z příslušné TNT křivky.
- Model TNO (holandský výzkumný ústav), který počítá charakteristickou výbuchovou délkou L_0 a z ní přetlak v závislosti na vzdálenosti. Je třeba poznamenat, že UVCE je obvykle výsledkem *zpožděné iniciace* uniklé hořlavé látky.

2.2.7 Domino efekty

„Domino“ efekt je důležitý nežádoucí účinek spojený hlavně s požáry, výbuchy a letícími troskami. Za určitých okolností a podmínek je možné, že se nehoda, která se vyskytla v jedné jednotce nebo podniku, rozšíří také na „sousední“ jednotky nebo podniky a tím vznikne „řetězová“ závažná nehoda s rozsáhlými následky. Proto, hlavně co se týče hořlavých látek, by měla být pozornost zaměřena nejen na účinky na zdraví, ale také na odolnost ostatního strojního zařízení (tanky, čerpadla, potrubí, atd.) vůči určité tepelné radiační úrovni.

2.2.8 Modely zranitelnosti

Výše popisované modely zdrojového členu, rozptylů, požárů a výbuchů poskytují ohodnocení koncových stavů nehodových událostí z důvodu kvantifikace hlavních fyzikálních parametrů (koncentrace, tepelná radiace, přetlak). Na druhé straně modely zranitelnosti (modely dávek či odezvy) poskytují ohodnocení účinků těchto fyzikálních jevů na příjemce. Jinými slovy, účelem modelů zranitelnosti je kvantifikace odezvy příjemců na tyto nepříznivé fyzikální jevy.

3. Metodika

3.1 Vliv atmosféry na nebezpečné škodliviny plynného skupenství, koloidní mlhy a dýmy

Míšením nebezpečných škodlivin se vzduchem vzniká zamořený vzduch. Tímto pochodem se mění obvyklé složení vzduchu, pozůstávající ze směsi asi 78 % dusíku, 21 % kyslíku, necelého 1 % argonu, asi 0,03 procenta kysličníku uhličitého a malého množství vzácných plynů (neon, krypton, xenon, helium, vodík, ozón a dalších). V reálných podmínkách se objemové množství uvedených plynů ve vzduchu snižuje jednak přítomností vodní páry (až 4 %) a jednak i přítomností tuhých a kapalných částic, případně i jiných plynů, které se nazývají přimíšeninami vzduchu.

Obsah vodní páry, tuhých a kapalných částic nebo jiných plynů závisí na existenci a vydatnosti jejich zdrojů a na intenzitě pochodů, kterými se do ovzduší dostávají nebo kterými se z něho vymílají či odstraňují. Podílejí se na nich výpar, sublimace a kondenzace, difúze, transport tuhých částic větrem, exhalace, sedimentace apod. Množství vodních a jiných par především závisí na teplotě a vzdušném proudění, které ovlivňují výpar. Za obvyklých teplotních poměrů v atmosféře mohou páry přecházet z jednoho skupenství do druhého, což je spojeno s uvolňováním (např. při kondenzaci nebo tuhnutí) nebo spotřebou (např. při vypařování či změně skupenství ledu ve vodu) latentního (skupenského, utajeného) tepla, tvorbou mlhy a oblaků, vypadáváním srážek atd. Proto je také vodní pára jedním z hlavních činitelů počasí.

Nebezpečné škodliviny se dostávají do vzduchu v tuhém (prach, dým), kapalném a plynném skupenství. Jejich pevné a kapalné částice přírodního (krystalky, soli, prach, pyl aj.) a antropogenního (kouř, popílek a jiné zplodiny) původu vytvářejí společně se vzduchem koloid - aerosol.

Páry a plynné nebezpečné škodliviny se mísí se vzduchem. Zpravidla se nerozvrstvějí podle své hustoty. Neustálé promíchávání vzduchu způsobuje, že malé částičky a kapičky bez ohledu na působení zemské tíže se v něm vznášejí, a jsou-li

dostatečně rozptýlené, sedimentují podstatně pomaleji než odpovídá teoretické rychlosti jejich pádu. Výjimkou jsou zejména velmi řídké plyny (např. kyanovodík), které působením Archimédovy síly rychle vystupují vzhůru a rozptýlí se.

3.1.1 *Hustota a hutnota plynu*

Hustota plynu je měrná hmotnost plynu, to znamená, že tento údaj říká jaká je hmotnost plynu při určité teplotě a při určitém tlaku. Hutnota vyjadřuje poměr hustoty plynu k hustotě vzduchu. Je to číslo nepojmenované (bezrozměrné) poměrové a udává kolikrát je ten, který plyn těžší nebo lehčí než vzduch. Hutnota vzduchu je 1. Plyny lehčí vzduchu mají hutnotu nižší než 1, plyny těžší vyšší než 1.

3.1.2 *Stavová rovnice*

Rovnice vyjadřující vztah mezi stavovými veličinami. Stavová rovnice pro ideální plyn lze vyjádřit ve tvaru

$$pV = nRT$$

p - tlak

V - objem

T - teplota

n – látkové množství plynu

R - molární a plynová konstanta

Lze ji použít pro skutečně reálné plyny tím přesněji, čím nižší je jejich tlak a čím vyšší je jejich teplota.

Molekulová hmotnost suchého vzduchu $m_A = 28,96 \text{ kg/kmol}$

Molekulová hmotnost vodní páry $m_V = 18,02 \text{ kg/kmol}$

3.1.3 Avogadrova konstanta

Vyjadřuje počet částic v jednotkovém látkovém množství (v 1 molu). Je definována jako počet atomů v 0.012 kg izotopu uhlíku C_6^{12} . Tedy stabilního izotopu, který obsahuje v jádře šest protonů a šest neutronů. Je pojmenována po italském fyzikovi Avogadrovi.

Značka: N_A

Velikost: $N_A = (6.0221415 \pm 0.0000010)10^{23} \text{ mol}^{-1}$

3.1.4 Některé fyzikální vlastnosti plynných nebezpečných škodlivin

Příčinou zamořování vzduchu je vypouštění nebezpečných škodlivin z jakýchkoli zdrojů do okolního prostředí. Jedná se o látky, které:

- jsou samy zamořujícími příměsemi (tzv. primární znečišťování),
- stávají se zamořujícími příměsemi až po chemických změnách nebo ve směsi s jinými látkami (tzv. sekundární znečišťování).

3.2 Popis jevů

Prvním krokem při hodnocení následků je definice zdrojového členu, což znamená stanovení množství a podmínek uvolněné látky. Protože většina nebezpečných nehodových událostí začíná výtokem hořlavé nebo toxické látky z jejího od okolí určitým způsobem odděleného zařízení (tank, nádoba, reaktor, potrubí), je hodnocení zdrojových členů velmi důležité pro další kroky hodnocení následků.

Jednorázový únik - Důležitým parametrem je doba trvání úniku. Pokud je tato doba velmi krátká, únik může být považován za jednorázový nebo kvazi-jednorázový.

Kontinuální únik - pokud je doba úniku dlouhá ve srovnání s celkovou dobou trvání nehody, je pak únik považován za kontinuální a podle toho je modelován.

Pro praktické účely považuje většina analytiků za jednorázový únik takový, který netrvá déle než 3 až 5 minut. Uniklé množství látky může být v plynné nebo kapalné fázi, může se vyskytovat i dvoufázový únik. Pokud uniká kapalina, vytváří se obvykle kaluž a začíná vypařování. Aby se vypařování mohlo uskutečnit, musí látka absorbovat teplo z okolí (vzduch, půda, kapičky, kapalná fáze). Páry kapaliny se začleňují do plynné fáze a výsledkem je zvýšení množství rozptýlené látky.

3.2.1 Koncentrace nebezpečných škodlivin

Koncentrací nebezpečných škodlivin se rozumí jejich množství v jednotce objemu vzduchu při roční průměrné teplotě a tlaku vzduchu. Vyjadřuje se množstvím škodlivin v jednotce objemu ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nebo v rozměru objemu na objem (počet objemových částí sledované plynné látky v miliónu objemových částí vzduchu).

Smíchají-li se dva plyny téže teploty, z nichž jeden bude mít objem V_1 a druhý V_2 , vznikne při téže tlaku vzduchu celkový objem V_1 a V_2 . Přimíšením plynné nebezpečné látky o objemu V_2 do vzduchu o objemu V_1 se vytvoří objemová koncentrace :

$$C = \frac{V_2}{V_1 + V_2}, \quad \text{kde } C \text{ - objemová koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu.}$$

Obvykle bývá objem nebezpečné látky V_2 ve srovnání s objemem vzduchu V_1 malý a objemovou koncentrací v ovzduší lze tedy přibližně vyjádřit vztahem :

$$C = \frac{V_2}{V_1} .$$

Objemová koncentrace se nejčastěji vyjadřuje v procentech (%) nebo promilích (‰).

Pokud je nebezpečná látka rozptýlena ve vzduchu v pevné či kapalné fázi, pak místo o objemové se hovoří o váhové (hmotnostní) koncentraci :

$$C = \frac{q}{V}, \quad \text{kde } q \text{ - hmotnost nebezpečné látky (g, mg),}$$
$$V \quad \quad V \text{ - objem směsi (m}^3, \text{ l).}$$

Nejvyšší přípustná koncentrace např. nebezpečné látky v ovzduší se považuje za hraniční hodnotu znečištění ovzduší, při jejímž výskytu ještě nedochází v daném konkrétním případě ke škodlivým účinkům na člověka, zvířata nebo rostliny.

3.2.2 Oblak nebezpečných škodlivin

Oblak škodlivin je část atmosféry více nebo méně ostře ohraničená, v níž jsou přítomny nebezpečné škodliviny. Zvláště ve fázi vzniku se mohou jeho fyzikální vlastnosti (teplota, hustota aj.) lišit od obklopujícího prostředí, velmi rychle se však vyrovnávají s vlastnostmi okolního vzduchu, respektive jsou okolním vzduchem utvářeny podle poměrů, které v něm panují (záření a vyzařování, kondenzační a adiabatické děje). Především se tento proces týká tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu, směru a rychlosti větru v oblaku a mimo něj, difúze a zejména turbulence.

3.2.3 Rozptyl oblaku nebezpečných škodlivin

Při jakémkoli pohybu oblaku nebezpečných škodlivin dochází k jeho postupnému rozptylu v důsledku difúze, konkrétně:

➤ molekulární difúze, které přísluší v atmosféře. jak již bylo řečeno, podřadná úloha,

➤ turbulentní difúze, jako hlavního činitele rozptylu. Dochází při ní k neustálému vtahování okolního vzduchu do oblaku nebezpečných škodlivin, k odtrhávání částí oblaku a odnášení do okolního vzduchu.

Pro rozptyl škodlivin v atmosféře mají největší význam turbulentní víry vyvolávající neuspořádané pohyby vzduchových částic a tedy i přímíšenin. Víry velkého rozměru přenášejí oblak nebezpečných škodlivin látek jako celek, naproti tomu víry uvnitř tohoto oblaku přispívají k jeho stabilitě. V obou případech mají malý vliv na rozptyl přímíšenin.

Úroveň koncentrace nebezpečných škodlivin v atmosféře ovlivňují i procesy samočištění ovzduší (spad, vymývání srážkami, pohlcování plynných příměsí apod.).

Turbulentní rozptyl oblaku společně s vertikálními pohyby vzduchu závisejí na vertikálním teplotním zvrstvení, tzn. na průběhu teploty vzduchu s výškou. Lze říci, že při vzestupu hodnot teploty vzduchu s výškou (stabilní teplotní zvrstvení) dochází k útlumu vertikálních pohybů a turbulentního rozptylu, zatím co při poklesu hodnot teploty vzduchu se vzrůstající výškou (tzn. labilní teplotní zvrstvení) se uváděné děje rozvíjejí.

Na rozptyl oblaku nebezpečných škodlivin má vliv terén, charakter jeho povrchu (pokrytí, porost) a terénní překážky.

3.2.4 Difúze nebezpečných škodlivin

Difúze je atmosférickým dějem, při kterém se plynná směs v daném objemu vzduchu rozptyluje (zmenšuje se její koncentrace) působením turbulentních (vírových) pohybů. Jedním z nich je molekulární difúze.

Molekuly škodlivin pronikají mezi molekuly ostatních plynů tvořících vzduch a to především jako důsledek jejich tepelného pohybu. Tento jev se nazývá molekulární

difúze a závisí na gradientové koncentraci a na teplotě vzduchu. Výrazněji se uplatňuje v přízemních vrstvách atmosféry. Ve srovnání s turbulentní difúzí je zanedbatelný.

Hlavním činitelem rychlého rozptylu nebezpečných škodlivin ve vzduchu je turbulentní difúze. Její intenzita je proměnlivá a závisí na vzniku a vývoji turbulentních pohybů (vírů). Ty jsou podmiňovány buď mechanickými příčinami (při turbulentním obtékání překážek či vlivem drsného povrchu) nebo termicky (při vzniku tepelně podmíněných vírových pohybů nad přehřátým či tepelně nehomogenním povrchem). Dochází při ní k neustálému vtahování okolního vzduchu do daného vzdušného prostředí a narušování jeho objemové celistvosti. Nejzřetelněji souvisejí tyto děje s evolucí kupovitých oblaků. V atmosféře se prakticky vyskytuje neustále, ať již z termických (různorodý vliv horizontálního a zvláště pak vertikálního teplotního gradientu na pohyb vzduchu) nebo dynamických (obdobné působení především horizontálního gradientu tlaku) příčin. Charakteristický neuspořádaný pohyb vzduchových částic, jemuž samozřejmě podléhají i příměsi, připomíná vírový pohyb. Podle jeho rozměrů se rozlišuje:

- mikroturbulence, při níž jsou víry značně menší než jsou například rozměry základny kupovitého oblaku,
- makroturbulence, při které jsou rozměry víru srovnatelné s rozměry základny kupovitého oblaku.

Makroturbulence - uvnitř oblaku nebezpečná škodlivina přispívá k jeho homogenitě a do značné míry i stabilitě. Hustší plyny (částice) jsou ze spodních vynášeny do vyšších vrstev a naopak lehčí plyny prodělávají v oblaku pohyb opačný (jsou strhávány do spodních vrstev).

Při makroturbulenci, projevující se náhlými nárazy větru a změnami jeho směru, se může oblak nebezpečných škodlivin rozdělit na několik částí, které se promíchávají s nezamořeným vzduchem a nahromaděnou plynnou směsí rozptylují.

Turbulentní difúzi nebezpečných škodlivin, jak je zřejmé z předcházejícího výkladu, ovlivňuje řada činitelů. Především se to týká průběhu rychlosti větru s výškou, vlivu terénních tvarů, předmětů a rostlinné pokrývky na vzdušné proudění a zvláště pak vertikálního zvrstvení (stratifikace) atmosféry.

3.2.5 Vypařování kapalných nebezpečných škodlivin

S vypařováním nebezpečných škodlivin je možné se setkat ve všech případech jejich použití. Úplné vypaření kapek vzniklých dispersí (rozptýlením vyvolaným buď účinkem odporu vzduchu nebo účinkem výbuchu) závisí na způsobu aplikace nebezpečné škodliviny, jejím druhu a vnějších podmínkách. Podle toho probíhá v kratším či delším časovém intervalu. Rychlost vypařování se vyjadřuje v $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Proces vypařování lze chápat jako souhrn čtyř současně probíhajících dějů :

- odpoutávání molekul s vysokou kinetickou energií od povrchu kapaliny
- zpětné pohlcení části odpoutaných molekul při jejich nárazu na povrch kapaliny z níž se vypařily
- difúze molekul, tvořících tenkou vrstvu par u povrchu kapaliny, do okolního prostředí
- odnášení par vzdušným prouděním

Rychlost vypařování je tedy dána rychlostí difúze a zkoumá se proto jako difúzní proces.

3.2.6 Těkavost kapalně toxické látky

Na rozptyl či stálost nebezpečné škodliviny má rovněž vliv těkavost. Těkavostí se rozumí maximální množství nebezpečné škodliviny, které se může vyskytovat v atmosféře při dané teplotě. Vyjadřuje se v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Těkavost je přímo úměrná teplotě vzduchu (vzroste-li teplota vzduchu o 1°C , zvýší se průměrná těkavost látky o 10 %).

Těkavost má též vliv na vypařování nebezpečných škodlivin. Nad zamořeným terénem totiž dochází k tomu, že část kapalných nebezpečných škodlivin se vypařuje do

ovzduší a část z nich klesá po jisté době k zemi. Oblak zamořeného vzduchu se v takovém případě jednak doplňuje parami nebezpečných škodlivin a zároveň se rozptyluje. Velikost koncentrace se po jisté době ustálí vlivem vzájemné kompenzace procesů vypařování a rozptylu.

3.2.7 Hustota, viskozita a pohyb aerosolů

Průměrnou hustotu aerosolů lze zjistit z hustoty dispersní části a dispersního prostředí, jsou-li k dispozici hodnoty poměru hmot obou složek a jejich hustota. Neuvažuje se změna objemu, která je po smíchání dispersní části s dispersním prostředím velmi malá a jen taková, jaká odpovídá adsorpci (nahromadění) plynu na částicích (kapalných, tuhých).

Viskozita aerosolů se prakticky neliší od viskozity dispersního prostředí, jsou-li jinak zachovány stejné podmínky. Je to dáno tím, že všeobecně nabývá koncentrace aerosolu malých hodnot a malé množství dispergované látky viskozitu dispersního prostředí (tzn. vzduchu) příliš neovlivňuje.

Pro pohyb aerosolu platí zákony aerodynamiky. Jejich charakteristickou vlastností je tvorba oblaku a pohyb v podobě oblaku (týká se přírodních i umělých aerosolů). Tyto útvary mají od svého vzniku až po určitou dobu své existence typicky ostré tvary a šíří se jako zřetelně ohraničené jednotné množství. Ostře ohraničenou siluetu ztrácejí (rozplynou se) až tehdy, když jejich pohyb ustane. Ve vztahu k tomuto procesu má důležitou úlohu také stupeň disperse. Připomeňme si, že menší částice jsou pohyblivější a v porovnání s částicemi velkými (hrubšími) se rychleji rozplynou v okolním vzduchu. Naproti tomu velké (hrubé) částice vypadávají z oblaku v důsledku gravitace a usazují se na povrchu země. Z toho pak vyplývá, že tvorba oblaku zamořeného vzduchu je nejintenzivnější při určitém středním stupni disperse.

3.2.8 Přízemní proudění

Směr a rychlost větru je nezbytnou meteorologickou charakteristikou pro hodnocení vlivu a šíření nebezpečných škodlivin. Např. pohyb oblaku nebezpečných škodlivin lze obecně rozložit na složku horizontální a vertikální. Směr pohybu oblaku v horizontálním směru je dán směrem větru a rychlost pohybu rychlostí větru. Na rychlosti větru závisí doba jeho zdánlivého setrvání na místě. V důsledku výstupného nebo sestupného pohybu mění zase oblak svou polohu ve vertikálním směru. U předpovědi chemického zamoření je nutné takovéto skutečnosti podrobně zvažovat.

Při organizaci dekontaminačních prací musí být brán v úvahu směr větru ve vztahu k rozvinovaným dekontaminačním plochám a při dezaktivaci terénu závisí na směru větru uspořádání dezaktivizačních vozidel.

Rychlost větru má rovněž vliv na intenzitu změn koncentrace nebezpečných škodlivin v oblaku zamořeného vzduchu. Při slabém větru je jejich koncentrace v daném prostoru vyšší.

Zvýšená rychlost větru podmiňuje podstatné zmenšení hloubky šíření zamořeného vzduchu, což je spojeno s intenzivnějšími turbulentními pohyby vzduchu (tzn. s nepravidelnými vířivými pohyby v proudícím vzduchu).

3.3 Vliv teplotního zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry

Vliv teplotního zvrstvení má největší vliv na hloubku šíření a rozvířování oblaku toxické látky. Typy teplotního zvrstvení – inverze, izotermie, konvekce

3.3.1 Teplotní inverze

Inverze teploty vzduchu neboli teplotní inverze je meteorologický jev, kdy teplota vzduchu v některé vrstvě dolní atmosféry s výškou neklesá, ale stoupá.

V nejobecnějším přiblížení se vzájemně od sebe odlišují teplotní inverze přízemní a teplotní inverze výškové.

Přízemní vrstva s vertikálním růstem teploty leží u zemského povrchu. Brání vertikálnímu promíchávání ve vrstvě vzduchu bezprostředně přiléhajícímu k podloží, což vede k tomu, že se v ní hromadí škodliviny z různých přízemních zdrojů emisí. U takového zdroje, jakým je např. komín tepelné elektrárny, jehož efektivní výška (součet stavební výšky komína a výnosu kouřové vlečky) se nachází nad horní hranicí přízemní teplotní inverze, nedochází vlivem zadržujícího stabilního zvrstvení ke spadu nečistot. V takovém případě pak probíhá rozptyl dýmové vlečky nad inverzí. Vyskytne-li se silnější horizontální proudění, tak mohou být splněny podmínky pro dálkový přenos škodlivin pocházejících z výškových zdrojů.

Efektivní výška zdroje emise (H) se vypočte ze vztahu :

$$H = h + \Delta H, \quad \text{kde: } h - \text{stavební výška komína,}$$

ΔH - převýšení dýmové vlečky.

Pokud se nachází spodní hranice teplotní inverze v určité výšce nad zemským povrchem, hovoříme o výškové teplotní inverzi. Rovněž se může vyskytnout situace, kdy se v atmosféře nachází několik zadržujících vrstev nad sebou. Pro rozptyl škodlivin je velmi důležitá výška spodní hranice výškové teplotní inverze. Nebezpečné jsou inverze se spodní hranicí 150 - 250 m nad terénem, protože se znečištění z přízemních a většiny výškových zdrojů hromadí v úzké podinverzní vrstvě vzduchu a rozptyl škodlivin do vyšších hladin je znemožňován zadržujícím stabilním teplotním zvrstvením.

Podmínky pro vznik teplotních inverzí bývají mnohem příznivější v zimě než v létě. V chladné polovině roku jsou proto také menší možnosti pro účinný rozptyl znečišťujících příměsí.

Pro vznik přízemních a výškových teplotních inverzí jsou nejpříznivější podmínky v nevýrazném poli vyššího tlaku vzduchu (sedlo), centrální a týlové části vysokých teplých anticyklón (tlakový útvar sahající od země nad hladinu 5,5 km) a oblastech s teplou advekcí.

Důsledky inverze - velká koncentrace škodlivin z výfuků a komínů v nehybné přízemní vrstvě vzduchu. K inverzním situacím, trvajícím řadu dní, dochází zpravidla v podzimních a zimních měsících. Charakteristická je nízká oblačnost, zahalující nížiny, zatímco vystupující horské oblasti se těší jasnému a teplému počasí. Na rozhraní chladné a teplé masy vzduchu (které mají různý index lomu pro procházející záření) může docházet k zajímavým projevům zrcadlení, označovaným jako fata morgana, či šíření rádiových vln odrazem o inverzní rozhraní. V nižších a zvláště v uzavřených polohách dochází k vytváření mlh, jezer studeného vzduchu se silnými mrazy, v průmyslových oblastech větší hustotou zdrojů znečišťování ovzduší ke zvýšené koncentraci škodlivin, vzniku smogu, apod. V inverzní vrstvě se často vytváří vrstevnatá oblačnost, která zejména v zimě způsobuje výrazné zkrácení slunečního svitu.

3.3.2 Izotermie – zvláštní případ inverze kdy teplota s výškou je stálá (nemění se).

3.3.3 Konvekce

Konvekce je způsobena archimédovskými vztakovými silami, vznikajícími následkem horizontálními teplotními nehomogenitami v atmosféře (různá teplota = různá váha vzduchu). Konvekční pohyby mohou mít nespojitý charakter, tj. probíhají ve formě pohybu jednotlivých vzduchových bublin. K ní se zpravidla váže turbulence, která se spolu s ní významně podílí na promíchávání vzduchu a přenosu tepla i vodní páry od zemského povrchu do atmosféry.

Konvekcí rozumíme výstupné a kompenzující sestupné pohyby vzduchu v atmosféře. Konvekční pohyby mohou mít nespojitý charakter, tj. probíhají ve formě pohybu jednotlivých vzduchových "bublin", nebo nabývají tvaru spojitých vertikálních vzdušných proudů. Přiřazují se k atmosférickým jevům mezometeorologického i mikrometeorologického měřítka. Nejvýznamnější z jejich druhů jsou termická, volná a vynucená konvekce.

Termická konvekce je vytvářena působením archimédovských vztlakových sil vzniklých následkem horizontálních teplotních nehomogenit, které jsou zpravidla způsobeny nerovnoměrným radiačním ohříváním zemského povrchu. V denní době ji může doprovázet intenzivní inzolace podloží. Neomezuje se jen na mezní vrstvu atmosféry (do 2 km nad terénem), ale proniká do větších výšek, v určitých případech až do tropopauzy (typické pro oblaka intenzivního vertikálního vývoje typu kumulonimbus).

Probíhá-li přenos vzduchové hmoty jen díky rozdílným hustotám (vyvolávají je lokální rozdíly v teplotách), nazývá se tento děj volnou konvekcí. Naproti tomu tzv. vynucená konvekce je podmiňována horizontálním tlakovým gradientem. Za větrného počasí s proměnlivou oblačností je výměna tepla mezi podložím a vzduchem typickým příkladem vynucené konvekce; pokud je však aktivní zemský povrch dostatečně prohřátý, pak i za těchto podmínek přispívá ke vzniku volné konvekce.

Kdyby nebylo labilního zvrstvení atmosféry, pak by vertikální pohyb sám od sebe nevznikl. K příčinám jeho vzniku např. patří vertikálně nerovnoměrná advekce ve vzduchové hmotě (studená advekce zesilující s výškou nebo teplá advekce slábnoucí s výškou) a nerovnoměrný ohřev podloží slunečním zářením tak, aby teplota přízemní vrstvy překročila hodnotu tzv. konvekční teploty (vyhodnocuje ji Povětrnostní ústředí z komplexního radiosondážního měření).

Při stabilním zvrstvení je vertikální proudění podmíněně možné, pokud se dá vzduchové hmotě silný počáteční impuls. Nejčastěji vzniká jako důsledek nestejnomyerného prohřívání aktivního zemského povrchu (jde o přechodnou plochu, na níž dochází k odrazu záření i jeho transformaci především v teplo) a následného rozdílného ohřevu vzduchové hmoty, která se rozkládá nad ním.

Výška, do níž vystupující vzduch zachovává svoji výstupnou sílu, se nazývá hladina konvekce. Po dosažení této hladiny se vzduchová hmota (i když vyčerpá svoji energii) nezastaví, ale setrvačností se pohybuje dále. Stane-li se těžší (chladnější) než okolní vzduch, začne na ni působit sestupná síla. Děj se bude opakovat a dostane ráz tlumeného kolísání kolem její střední polohy. Rychlost výstupného proudu se pohybuje

od několika $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (nejčastěji od 5 do 7) až do $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v oblacích mohutného vertikálního vývoje. Rychlost sestupných pohybů je menší.

Na intenzitu výstupných proudů v ovzduší lze usuzovat podle rozměrů konvektivních oblaků. Čím vyšší je obsah vodní páry v atmosféře, tak tím je za stejných podmínek větší rozvoj konvekce.

Podnětem ke vzniku konvekce je i vynucený výstup v blízkosti překážek, zvláště když jejich výška a rozlehlost jsou značné.

Konvekce je zpravidla doprovázena turbulencí a spolu s ní se významně podílí na promíchávání vzduchu a přenosu tepla, jakož i přenosu vodní páry od zemského povrchu do atmosféry.

Rychlost výstupného proudu se zpravidla pohybuje od několika dm po m/s (v extrémních případech dosahuje 30-40 m/s , ojediněle i více).

Nejpříznivější podmínky na hloubkové šíření kontaminace má inverze, naopak nejhorší konvekce

3.3.4 Turbulence

Turbulence má zřetelně vyjádřený denní chod; je značná při velkých kladných teplotních gradientech ($1 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ a více) a málo pravděpodobná v případě výrazných inverzí.

Podstata turbulence spočívá v existenci nepravidelných vířivých pohybů (turbulentních vírů), které se projevují turbulentními fluktuacemi rychlosti proudění. Rozměry vírů se pohybují od několika metrů do stovek metrů. Je těsně spjata s nárazovostí větru, působí promíchávání vzduchu a turbulentní přenos hybnosti, tepla, vodní páry a různých přímíšenin. Nejvýznamnější z jejích druhů jsou termická a dynamická turbulence.

Termická turbulence je vyvolávána nehomogenitou teplotního pole v mezní vrstvě atmosféry. Společně s termickou konvekcí je součástí cirkulačního mechanismu konvektivních, zvláště bouřkových oblaků, které mohou sahát až do spodní stratosféry.

Rozměry vlastních turbulentních vírů jsou u meteorologických dějů menší než u konvekčních elementů (tj. konvekčních "bublin" nebo uspořádaných konvekčních vzdušných proudů). Někteří autoři považují pojmy termická turbulence a termická konvekce za synonymické.

Při jasném počasí v nevýrazném tlakovém poli (např. u anticyklonální situace) bude probíhat termická turbulence do té doby, dokud radiace bude s to zvyšovat teplotu aktivního povrchu a tím i teplotu přilehlých vrstev ovzduší (proto se také po východu slunce mění za uvedené podmínky nevířivé proudění v turbulentní, které se pak uplatňuje po celou denní dobu). Pokud je však obloha pokryta vrstevnatou nízkou oblačností, vyskytuje se mírný až silný přízemní vítr a s ním indiferentní či stabilní teplotní zvrstvení, pak denní chod turbulence není zřetelný.

Dynamická turbulence se nejčastěji vyskytuje v mezní vrstvě atmosféry jako důsledek vertikálního stříhu větru, který je vyvoláván třením proudícího vzduchu o podloží, obtékáním orografických překážek a nerovností zemského povrchu. Pokud je vertikální gradient rychlostí větru dostatečně velký, může se turbulence tohoto druhu vyskytovat i při stabilním teplotním zvrstvením (inverzi), což je nezbytné mít na zřeteli.

Výsledný vliv turbulence na charakter proudění uvnitř vzduchové hmoty v přízemní vrstvě atmosféry lze obecně shrnout tak, že minimum rychlosti větru se pozoruje v nočních hodinách. Na horách je denní průběh rychlosti větru opačný, tzn. že minimum se vyskytuje během dne a maximum připadá na noční dobu. Způsobuje to chod termické turbulence (ve dne dosahuje maxima a vertikálním promícháváním mezní vrstvy ovzduší snižuje průměrné rychlosti větru, naproti tomu v noci zaniká a na vzdušné proudění působí jen turbulence mechanická, čehož důsledkem je zvýraznění horizontální složky vzdušného proudění). Po východu slunce postupně zesiluje a maxima dosahuje kolem 13 h místního času. Poté vítr postupně slábne a po 18 h místního času klesá jeho rychlost pod průměrnou denní hodnotu. U změn ve směru větru platí, že od rána do 13 - 14 h místního času se poněkud stáčí vpravo, odpoledne vlevo a počínaje podvečerními hodinami se vrací do původního směru.

Ve volné atmosféře rovněž existuje dynamická (užívá se též pojem mechanická) turbulence. Lze ji např. pozorovat v oblastech horizontálního a vertikálního stříhu větru z dynamických příčin (tropopauza a s ní spojené tryskové proudění, hranice vrstev inverzí, frontální plochy apod.). Patří sem i turbulence v bezoblačném prostoru vznikající ve střední a horní troposféře již při vertikálním gradientu rychlosti větru 0,6 až 1,0 m.s⁻¹ na 100 m, jakož i turbulence nízkohladinového tryskového proudění, představující výrazné zesílení horizontálního proudění nejčastěji v horní části mezní vrstvy atmosféry a související s výškovými teplotními inverzemi. Oba posledně jmenované děje jsou sledovatelné pouze akustickými radiolokátory (sonary). Jejich trvání na určitém místě se pohybuje kolem 1 hodiny, zasahují vrstvy o tloušťce několika set metrů, délce několik desítek až stovek km a šířce do několika desítek kilometrů.

3.4 Význam účelové typizace synoptických situací

Příměsí znečišťující ovzduší mají rozličné podmínky ke svému prostorovému rozptylu. Obecně lze shrnout, že jsou podmiňovány fyzickogeografickými vlastnostmi zájmového prostoru a posloupností synoptických situací, které na sebe časově navazují.

Úplná charakteristika synoptických situací zahrnuje obrovský počet informací o atmosférických procesech, meteorologických prvcích a jevech, které lze rutinně postihovat pouze v jistých markantních souvislostech.

Prvořadě odvozenými faktory ze synoptické situace, které ovlivňují přenos škodlivin v ovzduší jsou :

- proudění v atmosféře,
- rozložení tlakových útvarů,
- teplotní zvrstvení.

3.4.1 Proudění v atmosféře

Protože proudění v atmosféře významně působí na přenos škodlivin, je jeho diagnóza a prognóza nezbytnou součástí analytických činností v této oblasti. Vzhledem k tomu, že se většina částic antropogenního původu nachází v mezní vrstvě atmosféry, tak je pro jejich transport rozhodující vzdušné proudění sahající od zemského povrchu do výšky asi 2 km nad ním. K rozborovým účelům lze z meteorologických materiálů využít zpráv TEMP (souhrnný výsledek měření aerologických stanic), přízemní synoptickou mapu a mapy izobarických hladin 925 hPa (průměrná výška 800 m) a 850 hPa (průměrná výška 1 500 m). Proudění vzduchu ovlivňuje i teplotní zvrstvení, čímž dochází k přizpůsobení podmínek působících na rozvoj turbulentní difúze. Například vpád relativně teplého vzduchu nad chladný zemský povrch podporuje růst stability vertikálního teplotního zvrstvení, což následně omezuje turbulentní mísení vzduchu a zmenšuje tedy intenzitu prostorového rozptylu škodlivin. V zimním období jsou pro tento případ typická proudění z jihovýchodní poloviny obzoru. Naproti tomu proudění ze severozápadní poloviny obzoru bývá spojeno s advekcí (tj. přenosem) labilnější vzduchové hmoty, vyvolávající prostorový rozptyl škodlivin.

3.4.2 Rozložení tlakových útvarů

Analýza prostorového rozptylu škodlivin je nemyslitelná bez podrobné znalosti horizontálního rozložení tlaku vzduchu na přízemních synoptických mapách. Rozhodující v žádném případě není jeho hodnota v daném místě, ale cyklonalita či anticyklonalita v zakřivení izobar.

V oblastech s cyklonálním zakřivením se ve vzduchové hmotě vyskytují uspořádané vzestupné pohyby, v oblastech s anticyklonálním zakřivením pohyby sestupné. Vzestupné pohyby podporují vertikální promíchávání vzduchu a sestupné pohyby udržují škodliviny v blízkosti zemského povrchu.

V oblastech vysokého tlaku vzduchu (anticyklón) dochází vlivem sestupných pohybů k sesedání vzduchu a tím k termodynamickým procesům, které často vedou ke vzniku tzv. subsidenční teplotní inverzi. Je zřejmé, že se tímto významně potlačuje vertikální promíchávání vzduchu a omezuje prostorový rozptyl škodlivin.

Anticyklonální synoptická situace se vyznačuje slabším, někdy až velmi slabým prouděním, což neprospívá přenosu ani rozptylu škodlivin. Obvykle je spojována s malým množstvím oblačnosti, což zejména v zimním období napomáhá k intenzivnímu radiačnímu ochlazování podloží a vyvolává vznik mohutných přízemních teplotních inverzí, jakož i zhoršené rozptylové podmínky.

Při anticyklonálních situacích se častěji vyskytují vysoké koncentrace znečištění v blízkosti zdrojů emisí. Obzvláště nepříznivé jsou situace, při nichž je vliv vysokého tlaku vzduchu umocněn směrem vzdušného proudění.

Za cyklonálních synoptických situacích existují podstatně vhodnější podmínky pro mísení vzduchové hmoty, škodliviny se rozptylují do větších vzdáleností od zdrojů emisí a ke vzniku extrémně vysokých koncentrací nečistot nedochází. Nejvhodnější rozptylové podmínky jsou spojeny s čerstvým prouděním ze severozápadní poloviny obzoru.

3.4.3 Teplotní zvrstvení

Charakter teplotního zvrstvení má největší vliv na hloubku plošného rozšiřování oblaku nebezpečných škodlivin a účinnost působení nebezpečných škodlivin na osoby, které se nacházejí v různých vzdálenostech od zdroje zamoření a to i na závětrných místech terénu.

Nejvhodnějším přízemním zvrstvením k hloubkovému přenosu nebezpečných škodlivin je teplotní inverze. Naproti tomu při izotermii je hloubka rozšíření zamořeného vzduchu v průměru dvakrát menší. V případě výskytu konvekce (uspořádaný pohyb ve vertikálním směru) bude hloubka rozšíření par sarinu v porovnání s izotermií třikrát menší.

Vertikální teplotní zvrstvení

V troposféře teplota vzduchu s výškou obvykle ubývá a velikost jejího poklesu vyvolává větší či menší labilitu (instabilitu) v odpovídající vrstvě atmosféry (jedná se o tzv. standardní průběh teploty). Stav atmosféry, při němž se teplota s výškou nemění (izotermie), představuje indiferentní zvrstvení. Pokud teplota vzduchu s výškou přibývá, mluví se o jejím inverzním průběhu, tzn. o stabilním zvrstvení.

Teplotní zvrstvení atmosféry charakterizuje vertikální teplotní gradient (γ), který je matematicky definován vztahem :

$$\gamma = - \frac{\Delta t}{\Delta z}, \quad \text{kde : } \Delta t \text{ - změna teploty vzduchu mezi dvěma hladinami (tj. } t_1 \text{ - } t_2 \text{),}$$

Δz Δz - vzdálenost těchto dvou hladin (tj. $z_1 - z_2$).

Vertikální teplotní gradient udává záporně vzatou změnu teploty (Δt) připadající na zvolenou jednotkovou vzdálenost (zpravidla 100 m) ve vertikálním směru. Při poklesu teploty vzduchu s výškou má kladnou hodnotu (labilita), při jejím vzestupu zápornou hodnotu (stabilita).

Při labilním zvrstvení atmosféry uvnitř vzduchové hmoty se neočekává výskyt vyšších hodnot koncentrace. Exhalace pronikají ze zdrojů znečištění do okolního prostředí horizontálním přenosem a vertikálními pohyby (turbulence, konvekce) různé intenzity.

V místních vzduchových hmotách s indiferentním či stabilním zvrstvením se nevyskytují jak horizontální, tak ani vertikální pohyby většího rozsahu. Místní cirkulace může mít na koncentraci škodlivin jen krátkodobý vliv a ne vždy její velikost v dané lokalitě snižuje.

Nadměrné koncentrace znečištění vznikají při inverzním stavu atmosféry a dokud nedojde ke změně teplotního zvrstvení, neustále narůstají.

Velmi komplikované je hodnocení vlivu meteorologických podmínek na znečišťování atmosféry při výměnách vzduchových hmot, k nimž dochází především při přechodu atmosférických front přes zájmový prostor. Vliv teplotního zvrstvení kombinovaný s vlivy vyskytujících se a měnících se meteorologických prvků a jevů zpravidla přináší změnu stavu počasí skokem se všemi důsledky na existenci nebezpečných škodlivin v atmosféře.

Soustavné hodnocení vertikálního teplotního zvrstvení je nutným předpokladem splnění požadovaných nároků na kvalitu meteorologického zabezpečení.

3.4.4 Vliv teploty vzduchu

Teplota přízemní vrstvy vzduchu ovlivňuje u toxických látek především jejich:

- skupenství,
- těkavost (prchavost),
- stálost (setrvalost či perzistenci),
- viskozitu (vnitřní tření, vazkost).

Se zvyšující se teplotou se zrychluje tepelný pohyb částic, tzn. že při vyšších teplotách je pravděpodobnost střetu částic větší. Vyšší teplota působí i vyšší výpar a tím také intenzivnější přenos dispergované látky z malých kapek na větší. Tento proces vyvolává pokles stability aerosolu.

3.4.5 Přenos nebezpečných škodlivin v přízemní vrstvě atmosféry při různých úrovních teplotního zvrstvení

Působení směru větru v přízemní vrstvě atmosféry, jejíž tloušťka zpravidla činí několik desítek metrů a zvláště výrazně se v ní projevují termální vlivy podloží, má pro znečištění ovzduší jen lokální význam. Vyšší hodnoty koncentrace se vyskytují pouze po směru větru. Změna směru větru vyvolává i změny v úrovni koncentrace.

Při poklesu rychlosti větru se zmenšuje turbulentní výměna vzduchu a zvyšuje hodnota koncentrace. Naopak v případě nárůstu rychlosti vzduchu se souběžně začíná uplatňovat i vliv turbulence s krátkodobým zvýšením a následným poklesem koncentrace (důsledek promíchávání vzduchu). Rovněž je třeba mít na zřeteli, že zvýšená rychlost větru (při počáteční rychlosti blízké nule) rozrušuje stabilitu dané vrstvy a následně tak vyvolává rozptyl nebezpečných škodlivin.

Na turbulentní výměnu v přízemní vrstvě atmosféry má největší vliv změna rychlosti větru s výškou. V této vrstvě se turbulentní proudění prakticky vyskytuje vždy a to v podobě chaoticky se pohybujících vírů různých velikostí. Proudnice v něm mají nepravidelný tvar, rychle se mění s časem a prakticky není možné je sledovat na větší vzdálenosti. Naproti tomu laminární proudění, při němž proudnice sledují tvar terénu, je v reálné atmosféře velmi vzácné. Laminární vrstva, vytvářející se někdy nad hladkými povrchy (vodní hladina, sněhová pokrývka), dosahuje tloušťky řádově jen 10^{-3} až 10^{-2} m

3.5 Vliv atmosférických srážek

Intenzivní deště (silný dlouhotrvající déšť a lijáky) zvyšují v ovzduší mechanické mísení, což vede k snižování koncentrace nebezpečných škodlivin oblaku zamořeného vzduchu. Kromě toho dochází při nich k vymývání páry nebezpečných škodlivin z atmosféry dešťovými kapkami a následnému zmenšování hloubky šíření oblaku.

Silné dlouhotrvající deště a lijáky snižují stálost kapalných nebezpečných škodlivin v terénu.

Meteorologie je vědou o zemské atmosféře, o jejím složení, vlastnostech, dějích a jevech v ní probíhajících. V současné době se většinou ztotožňuje s fyzikou atmosféry, chápanou jako souhrn některých disciplin meteorologie bezprostředně založených na principech klasické fyziky. V tomto užším smyslu se do fyziky atmosféry obvykle zahrnuje fyzika oblaků a srážek, atmosférická optika, elektřina a akustika, výzkum radiačních dějů v atmosféře a fyzika atmosférických aerosolů.

3.5.1 Aerosoly v atmosféře

Nebezpečné škodliviny v tuhém a kapalném skupenství vytvářejí se vzduchem dispersní soustavu, v níž tvoří tyto nebezpečné škodliviny dispersní část a vzduch dispersní prostředí. Dispersní prostředí je vždy souvislé, zatím co dispersní část je v něm rozptýlena (kapičky a prachové částice jsou v něm vzájemně oddělené). Je-li průměr dispersních částic větší než 1 μm , ale menší než 500 μm , tvoří se vzduchem koloid nazývaný aerosol. Podle skupenství se rozlišují :

- koloidní mlhy,
- koloidní dýmy.

Aerosoly mohou být monodispersní (kapičky či částice jsou stejné velikosti) nebo polydispersní. Mají určité vlastnosti (znaky), které nejsou závislé na kvalitě dispergované látky, a to :

- stupeň disperse,
- tvar dispergovaných částic,
- způsob prostorového rozptýlení částic.

Pokud všechny tři výše uvedené charakteristické znaky jsou totožné, má i aerosol podobné vlastnosti. Za hlavní vlastnost se považuje schopnost si udržet za konkrétních podmínek a bez vnějších vlivů svůj stupeň disperse a homogenní rozptýlení dispergovaných částic. Tato vlastnost se nazývá stabilitou aerosolu.

3.5.2 Sedimentace částic

Jednotlivé částice dýmu a mlhy klesají v důsledku působení gravitace. Při jejich pohybu však vlivem tření mezi jejich povrchem a vzduchem vzniká síla tření, která je podle Stokesovy rovnice úměrná rychlosti pádu, poloměru částice a dynamickému koeficientu viskozity vzduchu

Zrychlený pohyb padající kulovité částice, pro níž platí Stokesův vztah, se stane rovnoměrným tehdy, když se síla tření rovná síle vyvolávající pohyb (síla pádu částice):

Vzhledem k tomu, že hustota a viskozita vzduchu jsou malé, sedimentují částice aerosolů poměrně rychle. Stabilita obvykle se vyskytujících mlh a dýmů je ještě menší, poněvadž jsou zpravidla hrubšími dispersemi (obsahují větší počet částic v jednotce objemu).

Pro představu o rychlosti pádu částic uvažujme aerosol složený z kapiček vody ($d = 1$). Z následující tabulky je zřejmé, že k udržení vodního aerosolu v ovzduší stačí výstupné pohyby vzduchu o rychlosti $0,3 \text{ cm.s}^{-1}$. Výstupné pohyby v atmosféře mohou však dosáhnout rychlosti až 30 m.s^{-1} a jsou schopny udržet ve vzduchu i předměty o hmotnosti několik kg (např. kusy ledu).

3.5.3 Homogenita rozptýlení částic

Směs částic (látek), z nichž jedna je rozptýlená v druhé, tvoří dispersi. Její homogenita (stejnorodost) má významný vliv na stabilitu aerosolu. V případě porušení homogenity způsobuje disperse střetávání malých částic s většími, to znamená koagulaci. Polydispersní aerosol má proto menší stabilitu než aerosol monodispersní. Velkou stabilitu přirozených vodních oblaků a mlh lze vysvětlit právě tímto jevem, neboť v atmosféře kondenzují vodní páry v celém objemu vzduchu v důsledku adiabatického (tzn. bez výměny tepla s okolím) poklesu teploty, a proto alespoň v počátku jsou vznikající kapky stejně velké.

V polydispersním aerosolu se rovněž uplatňuje přenos dispergované látky z malých částic na částice větší prostřednictvím vypařování a kondenzace. Podstata takového procesu spočívá v tom, že tlak par látky nad více vypouklým (zakřiveným) povrchem je větší než nad povrchem rovnějším. V důsledku toho dochází k přesunu par z okolí malých kapiček do okolí větších kapiček, čili k výparu malých kapiček ve prospěch větších, na nichž páry kondenzují. Postupně se tak zvětšuje nehomogenita a snižuje stabilita aerosolu.

4. DISKUSE

V současnosti se používají dva odlišné typy modelů rozptylu znečišťujících látek v ovzduší:

- dynamické modely
- statistické modely.

Dynamické modely jsou založeny na přímém použití základních hydrodynamických a termodynamických rovnic, které se řeší numericky. Snaží se o vyjádření stavu a časového vývoje mezní vrstvy reálné atmosféry. To je však značně obtížné vzhledem ke složitosti a nahodilosti turbulentního proudění v atmosféře, pro které neexistuje exaktní teorie. Soustavy rovnic zahrnují určité zjednodušující předpoklady a odhadnuté nebo empiricky změřené součinitele. Dalším problémem při řešení těchto složitých numerických výpočtů soustav parciálních diferenciálních rovnic jsou značné nároky na výkon počítačů a dobu výpočtu. Matematický model je tvořen soustavou algebraických a parciálních diferenciálních rovnic, která je řešena metodou konečných objemů (případně konečných prvků).

Statistické modely se lépe vyrovnávají s časovou náročností a finanční nákladností výpočtu, proto se více rozšířily právě díky větší dostupnosti. Zjednodušení použitého řešení je však vykoupeno velkou nepřesností v blízkosti zdroje emisí a v členitém terénu. V atmosféře probíhají děje náhodné ve statistickém slova smyslu. Turbulence znamená totiž stav, v němž okamžité rychlosti projevují nepravidelné, neuspořádané,

náhodné pulzace, takže prakticky mohou být zkoumány a podrobeny analýze statistické vlastnosti. Statistické modely tedy popisují skutečné proudění zjednodušeným způsobem. Matematicky jsou statistické modely založeny na řešení rovnice difúze, kde se předpokládá převládající advekční transport ve směru větru. Ve směru vertikálním a horizontálním kolmém na směr proudění se pak statisticky popisuje turbulentní difúze pomocí normálního rozložení.

Hasičským záchranným sborem v Č. Budějovicích je používán pouze jeden model pro výpočet úniku nebezpečných škodlivin a to je model ROZEX 2001. Na základě zjištěných informací je tento model kvalitní a není třeba u Hasičského záchranného sboru využívat dalších modelů.

4.1 ROZEX 2001 – byl vyvinut firmou TLP, spol. s r. o.

K modelování dopadů havarijních událostí je zvolen přístup založený na filozofii konzervativního výsledku. Tento přístup je charakterizován vyhodnocením ve smyslu získání výsledku odpovídajícímu maximálnímu dopadu možných následků havárie. Takový přístup zajišťuje dostatečně přesnou prognózu dopadů havárie, přičemž počet vstupních parametrů pro výpočet může být a je omezen na nezbytné minimum. Program ROZEX 2001 je zaměřen na prognózu dopadů havárií v průmyslu, při nichž dojde k úniku nebezpečných látek, které mohou ohrozit okolí požárem, výbuchem nebo jej intoxikovat. Program rozlišuje jednorázové a déle trvající, čili kontinuální, úniky látek ze zařízení. Na základě povahy úniku, atmosférických podmínek, fyzikálně-chemických vlastností látky a reliéfu krajiny a dalších parametrů rozlišuje program způsob tvorby oblaku a jeho šíření krajinou. Program hodnotí úniky toxických látek z hlediska dosahu a tvaru toxického oblaku při zvolené mezní koncentraci toxické látky. Úniky látek schopných výbuchu program hodnotí z hlediska dosahu vzdušné rázové vlny o stanoveném přetlaku a dosahu ohrožení osob kontaktem s plamennou zónou. U hořlavých látek program vyhodnocuje účinky tepelné radiace na osoby a na stavební konstrukční prvky.

V příloze této práce jsou pro příklad přiloženy výpočty úniku amoniaku za různých podmínek v modelu ROZEX 2001.

5. Závěr

Výsledek této bakalářské práce může sloužit jako vodítko pro analýzu a vyhodnocení úniku nebezpečných škodlivin. Dále popisuje, jakým způsobem se škodliviny v ovzduší šíří a jak lze únik škodlivin vypočítat pomocí různých modelů.

6. Seznam použité literatury

- 1) Meteorologické zabezpečení monitorování radiační a chemické situace – Pomůcka Ministerstvo obrany - Praha 1998
- 2) Jan Bednář, Meteorologie, PORTÁL, Praha 2003, ISBN 80-7178-653-5
- 3) D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: Fyzika, Mechanika – Termodynamika, VUTIUM, Brno 2000, ISBN 80-214-1868-0
- 4) Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik pro účely zákona č. 353/1999 Sb., o prevenci závažných havárií
- 5) Ing. Ivan Víden, Csc., Chemie ovzduší, Vysoká škola Chemicko-technologická v Praze, Vydavatelství VŠCHT Praha, Technická č. 5
- 6) gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2000/Sbornik/Jancik/Referat.htm, 15.2.2007
- 7) spbi.hgf.vsb.cz/html/soft/sbor99, 3.3.2007
- 8) http://cs.wikipedia.org/wiki/Teorie_chaosu, 15.3.2007
- 9) http://www.sds.cz/docs/prectete/epubl/she_tch.htm, 15.3.2007
- 10) http://cs.wikipedia.org/wiki/Stavov%C3%A1_rovnice, 15.3.2007
- 11) http://www.staveniste.cz/clanek.asp?s_id=143&s_ts=37084,5178819444, 1.2.2007
- 12) <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3323>, 1.2.2007

13) http://cs.wikipedia.org/wiki/Avogadrova_konstanta, 3.3.2007

14) http://66.102.9.104/search?q=cache:fPp47CmhQdwJ:mesto.prerov.cz/,documents/KRIZ_PROO, 3.3.2007

7. Klíčová slova

Nebezpečné škodliviny

Proudění

Faktory

Vzduch

Atmosféra

Toxická látka

8. Přílohy

8.1. *Nejběžnější nebezpečné škodliviny*

Amoniak

- bezbarvý plyn pronikavého dusivého zápachu;
- lehčí než vzduch (relativní hustota par 0,587)
- snadno rozpustný ve vodě (při 20 °C 41,86 hm.%), se stoupající teplotou rozpustnost klesá, varem je možné jej vypudit
- ve směsi se vzduchem tvoří výbušné směsi – mez výbušnosti
horní 31 obj.%, dolní 15,5 obj.%
- teplota vznícení 650 °C

Použití: výroba kyseliny dusičné, průmyslových hnojiv, výbušnin, polymerů, farmaceutických výrobků, kaučuků, tenzorů a některých pesticidů. Ve velkých průmyslových provozech je využíván jako náplň chladících technologií (výroba ledu, zpracování potravin)

Propan-butan

- kapalný plyn, rychle se odpařuje, vzniká studená mlha a výbušné směsi, je to bezbarvý plyn se slabým zápachem, obchodní produkt obsahuje zapáchající příměsi, je málo rozpustný ve vodě

Použití: topný plyn v domácnosti, chemických laboratořích, v průmyslu, pohonný plyn pro vozidla s alternativním pohonem

Acetylén

- je bezbarvý plyn, čistý příjemně voní po éteru, technický produkt páchne po česneku, není jedovatý, rozpouští se ve vodě, plyn je mimořádně hořlavý a snadno vznětlivý

Použití: jako technický plyn při různých chemických procesech, palivo do plynových svářeček a lamp

Benzín

- bezbarvá kapalina s typickým zápachem, obchodní formy bývají zbarvené, páry tvoří výbušné směsi, které jsou těžší než vzduch, benzín se s vodou nemísí

Použití: palivo do motorových vozidel

Zemní plyn - obsahuje hlavně metan CH₄

- bezbarvá kapalina, odpařením se tvoří chladné mlhy a výbušné směsi, které se rychle šíří, mlhy jsou těžší než vzduch, plyn je bezbarvý a lehčí než vzduch

Použití: ekologické palivo, ve vozidlech se využívá ve stlačené podobě (CNG).

Ethylenoxid (1,2-epoxyethan, oxiran, ethox)

- za normálních podmínek plyn se slabým zápachem po etheru
- extrémně hořlavý, ne samozápalný (teplota vznícení 430 °C)
- relativní hustota par 1,518
- meze výbušnosti – horní 100 obj.%; dolní 2,6 obj.%

Použití: používá se jako meziproduct při výrobě ethylenglykolu, nemrznoucích směsí, lepidel, rozpouštědel, neionogenních tenzidů, léčiv, textilu, polyuretanové pěny, polyethyltereftalových polyesteru (slouží k výrobě filmu, vláken a lahví), ethanolinu a dalších produktů. Ve směsi s dusíkem nebo oxidem uhličitým slouží ke sterilizaci potravin, kosmetiky, oblečení, plastových výrobků, chirurgických nástrojů a dalšího lékařského vybavení (obvazy).

Fenol

- za normální teploty tuhá bílá látka specifického zápachu
- je hořlavý, jeho páry mohou tvořit se vzduchem výbušné směsi; meze výbušnosti – spodní 1,3 obj.%, horní 9,5 obj.%
- relativní hustota par 3,243

Použití: využívají se především ve strojírenství a hutnictví, kde se mohou projevovat ve formě fenolčpavkových vod nebo plynů, které jsou vedlejším produktem tepelného zpracování uhlí. Výroba styrenu, cyklohexanu, kyseliny salicylové, kyseliny pikrové, léčiv, některých fungicidů, výbušnin, fenolformaldehydových pryskyřic, pojiv pro výrobu bakelitu, umakartu, izolačních desek, voděvzdorných překližek, pěnových izolačních materiálů

Fluorovodík

- bezbarvý nehořlavý plyn dráždivého zápachu
- na vlhkém vzduchu dýmá za vzniku bílého dýmu
- relativní hustota 0,7

Použití: při výrobě hliníku a uranu a v organické syntéze zejména při výrobě umělých hmot (teflonu) a chladicích směsí freonů

Formaldehyd

- štiplavě páchnoucí plyn nebo kapalina
- relativní hustota par 1,067
- meze výbušnosti – spodní 7,0 obj. %; horní 73,0 obj. %

Použití: používá se především k desinfekci prostor. Využívá se také při výrobě plastů, hlavně bakelitu. Jeho vodný roztok se používá na uchovávání biologických preparátů

Fosfan

- bezbarvý plyn odporně páchnoucí po shnilých rybách.
- velmi jedovatý
- extrémně hořlavý, samozápalný na vzduchu; samozapálení při 150 °C; se vzduchem tvoří výbušné směsi

Použití: toxický plyn používaný k dezinfekci

Chlor

- je žlutozelený plyn, těžší než vzduch - (tzn. drží se při zemi !), značně jedovatý a

žíravý, při styku s vlhkým vzduchem tvoří mlhy

- relativní hustota par 2,443

Použití: desinfekce pitné vody, protože i v malých koncentracích hubí bakterie a jeho nadbytek lze z vody snadno odstranit pouhým probubláním vzduchem. Další uplatnění nachází chlor v papírenském a textilním průmyslu, kde se používá k bělení surovin.

Chlorid fosforitý

- bezbarvá kapalina ostře páchnoucí; na vzduchu dýmá; je nehořlavý
- relativní hustota par 4,732

Použití: katalyzátor v organické syntéze a chlorační činidlo resp. suroviny pro výrobu POCl_3 (Oxychlorid fosforečný)

Chlormethan

- bezbarvý plyn se zápachem po etheru
- extrémně hořlavý; teplota vzplanutí $25\text{ }^\circ\text{C}$; meze výbušnosti spodní 7,6 obj.%, horní 19 obj.%
- relativní hustota par 1,74

Použití: methylační činidlo v organické syntéze a k plnění chladících strojů, rozpouštědlo

Kyanovodík

- bezbarvá, za normální teploty velmi těkavá kapalina s typickým zápachem po hořkých mandlích
- ve směsi se vzduchem může tvořit výbušné směsi (6 až 47 obj.%)
- relativní hustota par 0,947

Použití: v organické syntéze, pesticid, bojový plyn, trest smrti v plyn. komorách

Kyselina dusičná

- bezbarvá až nažloutlá, jedovatá kapalina ostře štiplavého zápachu
- relativní hustota par 2,171

Použití: výroba výbušnin pomocí nitrace, dusíkatých hnojiv, barviv a laků, léků, V chemickém průmyslu a laboratořích se používá jako okysličovadlo.

Kyselina sírová

- bezbarvá až nažloutlá olejovitá kapalina ostře štiplavého zápachu
- relativní hustota par 3,38

Použití: výroba průmyslových hnojiv, chemikálií, plastů, léčiv, barviv, výbušnin syntetických vláken, úprava rud, při zpracování ropy, náplň do olověných akumulátorů

Oxid dusičitý

- žlutohnědý až červenohnědý plyn, štiplavého charakteristického zápachu
- je značně jedovatý
- relativní hustota par 1,585

Použití: v dvousložkových pohonných látkách (bipropelantech) jako okysličovadlo v raketových motorech, nejčastěji v kombinaci s hydrazinem jako palivem

Oxid dusnatý

- bezbarvý jedovatý plyn, který rychle oxiduje na oxid dusičitý
- relativní hustota par 1,034

Použití: důležitým meziproduktem při výrobě kyseliny dusičné

Oxid sírový

- má velmi intenzivní dráždivé účinky, silnější než oxid siřičitý. Jeho toxikologický účinek je stejný jako u kyseliny sírové a většinou není samostatně uváděn.
- za obyčejné teploty bezbarvá kapalina, která již při ochlazení vodou tuhne. Na vlhkém vzduchu dýmá
- relativní hustota par 2,759

Použití: průmyslově vyráběný oxid sírový se ihned zpracovává na kyselinu sírovou

Oxid siřičitý

- kapalný je nereaktivní, při odpařování se tvoří mlhy, které jsou těžší než vzduch, tvoří se leptavé směsi, plyn je bezbarvý se štiplavým zápachem, rozpouští se ve vodě
- relativní hustota par 2,208

Použití: základní surovina pro výrobu kyseliny sírové, používá se k desinfekci (tzv. síření) sudů a sklepních prostor pro skladování ovoce a zeleniny, k ošetřování osiv proti plísním a na bělení přírodních materiálů

Oxid uhelnatý

- plyn bez barvy, chuti a zápachu.
- je hořlavý. Meze výbušnosti spodní 12,5 obj.%, horní 74,2 obj.%
- relativní hustota par 0,965

Použití: dříve se používal jako plynné palivo (například součást svítiplynu). Jeho směs s vodíkem (vodní plyn) je jedním z meziproductů používaných v těžkém chemickém průmyslu

Oxid uhličitý

- plyn bez barvy a zápachu.
- relativní hustota par 1,517

Použití: hnací plyn a ochranná atmosféra pro potravinářské účely, součást perlivých nápojů, náplň sněhových hasících přístrojů, chladící médium (suchý led), v medicíně se přidává (do 5 %) ke kyslíku pro zvýšení efektivity dýchání

Sirouhlík

- bezbarvá (nažloutlá), toxická, pohyblivá kapalina, silně lámající světlo.
- čistá látka má aromatický zápach, nečistý odporně zapáchá.
- je velmi hořlavý, páry se vzduchem tvoří výbušnou směs. Meze výbušnosti spodní 1,3 obj.%, horní 50,0 obj.%
- relativní hustota par 2,64

Použití: rozpouštědlo organických látek

Sulfán (sirovodík, kyselina sirovodíková, hydrogensulfid)

- bezbarvý plyn, velmi nepříjemně páchnoucí po zkažených vejcích a velmi jedovatý..
- velmi hořlavý plyn, se vzduchem tvoří výbušné směsi, meze výbušnosti dolní 4,3 obj.%, horní 46,0 obj.%
- relativní hustota par 1,174

Použití: v chemii pro analýzu iontů kovů, v hutnictví pro přípravu kovových sulfidů, příprava olejových doplňků

8.2. Havarijní karta pro oblast zamoření amoniakem

Havarijní karta pro oblast zamoření amoniakem -NH₃

Pě	Množství	Dobré rozp./zraň.	Dobré rozp./smrt.	Zhoršené rozp./zraň.	Zhoršené rozp./smrt.	Inverze/zraňující	Inverze/smrtelná
1	500 kg	100 m	33 m	140 m	42 m	540 m	160 m
2	1000	130	41	180	54	710	210
3	1500	150	49	210	63	840	240
4	2000	170	54	230	70	940	270
5	2500	180	58	250	76	1030	290
6	3000	190	62	270	82	1110	320
7	3500	200	65	290	87	1180	330
8	4000	210	69	300	91	1250	350
9	4500	220	72	320	96	1310	370
10	5000	230	74	330	100	1370	380
11	5500	240	77	340	100	1420	400
12	6000	250	79	350	110	1480	410
13	6500	250	82	360	110	1530	430
14	7000	260	84	370	110	1570	440
15	7500	270	86	380	120	1620	450
16	8000	270	88	390	120	1660	460
17	8500	280	90	400	120	1700	470
18	9000	290	92	410	120	1740	480
19	9500	290	93	420	130	1780	490
20	10000	300	95	430	130	1820	500
21	10500	300	97	430	130	1860	510
22	11000	300	98	440	130	1900	520
23	11500	310	99	440	140	1940	530
24	12000	310	100	450	140	1970	540
25	12500	320	102	460	140	2000	550
26	13000	320	104	470	140	2030	560
27	13500	320	106	470	150	2070	570
28	14000	320	110	480	150	2100	570
29	14500	330	110	490	150	2160	580
30	15000	330	110	490	150	2160	590
31	15500	330	110	490	150	2190	600
32	16000	340	110	500	150	2220	600
33	16500	340	110	500	160	2250	610
34	17000	340	120	510	160	2270	620
35	17500	340	120	510	160	2300	630
36	18000	350	120	520	160	2330	630
37	18500	350	120	520	160	2360	640
38	19000	350	120	530	160	2380	650
39	19500	350	120	530	170	2400	650
40	20000	360	120	540	170	2430	660
41	21000	360	120	550	170	2480	670
42	22000	370	130	560	170	2530	690
43	23000	370	130	570	180	2580	700
44	24000	380	130	580	180	2630	710
45	25000	380	130	590	180	2670	720
46	26000	390	130	600	180	2720	730
47	27000	390	140	600	190	2760	740
48	28000	400	140	610	190	2810	760
49	29000	400	140	620	190	2850	770
50	30000	400	140	630	190	2890	780

8.3. Výpočty modelu ROZEX po zamoření amoniakem

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96
Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

Nebezpečná látka: amoniak (gas)
Vzorec: NH₃
Hazchem kód: 2PE
Kemler kód: -
UN kód : 1005.
RID/ADR: -
R – věty: 10-23-34-50
S - věty: 7/9-16-38-45
CAS: 7664-41-7
Třída nebezpečnosti: neurčuje se
skupina výbušnosti: IIA
Teplotní třída: T 1
Molekulová hmotnost: 17 kg/mol
Bod tání : - 77.75 °C
Bod varu : - 33.36 °C
Kritická teplota: 405.65 K
Kritický tlak : 11.3 MPa
synonyma: čpavek ,
Norma: -
Teplota sublimace: - °C
Teplota vzplanutí: - °C
Teplota vznícení: 630 °C
Hustota plynu: 0.761 kg/m³
Hustota kapaliny: 681.4 kg/ m³
spalné teplo: 22582 kJ /kg
výhřevnost: 19000 kJ/kg
HMV: 33.6 %obj
DMV: 15 %obj
stechiometrie: 21.88 %obj
Rychlost odhořívání: - kg/m²/s
emitovaný radiační podíl: - -
NPKm 0.00004 kg/ m³
NPKm: 56ppm
IDLH: 0.00036 kg/ m³
IDLH: 500 ppm
50%*mort: 0.0087 kg/ m³
50%*mort: 12000 ppm
Čichový práh: 0.0000035 kg/ m³
Čichový práh: 5 ppm
Rozpusťnost obecně: Rozpusťný ve vodě, ethanolu, chloroformu, benzenu, acetonu a methanolu. Dobře rozpusťný ve vodě.
Základní informace: Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.
Konstrukční materiál: Amoniak koroduje různé formy plastů, kaučuků a nátěrů.
Možné projevy požáru: Hoří jen při vysokých koncentracích, vyšší teplotě a působením silného energetického zdroje. Nebezpečí požáru malé, nebezpečí exploze. Za žáru emituje toxické dýmy – nitrozní plyny.
Zraňující projevy: Velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.
Ochranné prostředky při nehodě: Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2. lze užit mokrý kapesník.
Filtr masky: K zelený nebo kombinovaný K2
Nebezpečné a nežádoucí reakce: Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.
Doporučené hasící prostředky: Látka je nehořlavá, hasivo přizpůsobit látky hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápění uvolněného čpavku.
Organoleptické projevy:
Mechanismus působení na organismus:
Ochranné prostředky při práci: Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).
První pomoc: Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit.
K lékařskému ošetření!
Poznámka: Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:06

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

A – extrémně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

120

(m)

Doba tvorby oblaku:

2

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užít mokrý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkráplění uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:07

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

C – mírně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

240

(m)

Doba tvorby oblaku:

4

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užit mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:08

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

F – středně stabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

650

(m)

Doba tvorby oblaku:

11

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užit mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:08

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

A – extrémně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: NPKm – nejvyšší přípustná koncentrace mezní

Hodnota

0.00004

(kg/m³)

56

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

650

(m)

Doba tvorby oblaku:

11

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užit mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:08

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

C – mírně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: NPKm – nejvyšší přípustná koncentrace mezní

Hodnota

0.00004

(kg/m³)

56

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

1750

(m)

Doba tvorby oblaku:

29

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užit mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:09

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

F – středně stabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: NPKm – nejvyšší přípustná koncentrace mezní

Hodnota

0.00004

(kg/m³)

56

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

5970

(m)

Doba tvorby oblaku:

99

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užit mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:09

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

F – středně stabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

otevřená plocha

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

500

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

500

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: NPKm – nejvyšší přípustná koncentrace mezní

Hodnota

0.00004

(kg/m³)

56

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

6700

(m)

Doba tvorby oblaku:

110

(min)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užit mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrápení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:11

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

A – extrémně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

2

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

2

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

33

(m)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užít mokrý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrácení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:12

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

C – mírně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

2

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

2

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

68

(m)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užít mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrácení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:13

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

F – středně stabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

2

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

2

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: NPKm – 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

270

(m)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užít mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrácení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:13

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

F – středně stabilní podmínky

Rychlost větru:

1 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

2

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

2

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: nejvyšší přípustná koncentrace mezní

Hodnota

0.00004

(kg/m³)

56

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

10700

(m)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užít mokřý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrácení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

Rozex 2001 je registrován pro: .Majzliková, HZS Jck, BACD8D96

Zvolená nebezpečná látka: amoniak (gas) (197A1D4C)

ROZEX 2001® TLP, s . r . o . (ver. 1.2.203)

datum : 05-04-2007

čas: 9:14

Výsledky výpočtu modelu TOXI PUFF - toxických projevů jednorázového úniku látky:

Název látky:

amoniak (gas)

UN kód

1005.

Z A D A N Í V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Typ atmosférické stálosti:

A – extrémně nestabilní podmínky

Rychlost větru:

5 (m/s)

Teplota látky v zařízení:

- 25 (°C)

Typ povrchu pro šíření oblaku:

obytná plocha s nízkými budovami

V Ý S L E D K Y V Ý P O Č T U

parametr

hodnota

jednotka

Množství uniklé látky:

2

(kg)

Reálný odpar pro vznik odparu

2

(kg)

TOXICKÁ KONCENTRACE: NPKm – 50% mortalita při expozici 5 – 10 minut, zraňující při okamžité expozici

Hodnota

0.0087

(kg/m³)

12200

(ppm)

Maximální dosah oblaku:

14

(m)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O VLASTNOSTECH NEBEZPEČNÉ LÁTKY

ZÁKLADNÍ INFORMACE O LÁTCE:

Nehořlavý, bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Nebezpečí vznícení za vyšších teplot. Lehčí než vzduch, se vzduchem tvoří výbušné směsi.

ZRAŇUJÍCÍ PROJEVY:

velmi silně dráždí (až leptá) oči, dýchací cesty, plíce a kůži. Expozice vysokou koncentrací může vést k okamžité smrti.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI NEHODĚ:

Individuální dýchací přístroj, úplný protichemický oblek. Pro únik ze zamořeného prostoru použít masku s filtrem K2, lze užít mokrý kapesník.

TYP FILTRU PRO OCHRANNOU MASKU:

K zelený nebo kombinovaný K2

PRVNÍ POMOC:

Přenesení postiženého mimo pracovní prostor na čerstvý vzduch, nesmí chodit a kouřit. K lékařskému ošetření!

DOPORUČENÉ HASICÍ PROSTŘEDKY:

Látka je nehořlavá. Hasivo přizpůsobit látce hořící v okolí. Použít vodní mlhu pro zkrácení uvolněného čpavku.

NEBEZPEČNÉ A NEŽÁDOUCÍ REAKCE:

Nebezpečné reakce s kyselinami (prudká neutralizační reakce), ethylenoxidem, chlorem, halogeny, halogenvodíky a oxidy chloru, oxidem uhličitým a siřičitým, vodíkem rtuť a stříbrem.

OCHRANNÉ PROSTŘEDKY PŘI PRÁCI:

Osobní ochranné pomůcky – ochranný štít nebo brýle, pracovní oděv a obuv. Důraz na ochranu očí, dýchacích cest a kůže (kožené rukavice, nejlépe s manžetami).

POZNÁMKA:

Látka škodlivá vodám kategorie I.

