ANALÝZA MODELU OVZDUŠIA PRE VÁPENKU V TISOVCI, SLOVENSKO

PODPORNÝ PROGRAM OCHRANY ðIVOTNÉHO PROSTREDIA
PROJEKT „. DHR-0039-C-00-5034-00

Lori Freer
TECHNICKÝ ZÁSTUPCA ZMLUVNÉHO ORGÁNU

Vypracovali:
Gary Krieger
Dames & Moore

December 1995

OBSAH

		Strana
Zhrnutie		i
1.0	Úvod	1
	1.1 Proces zhodnocovania rizika	2
2.0	Zhromaň‹ovanie a vyhodnocovanie údajov	3
	2.1 Poza‹ový stav-OVZDUŠIE	3
3.0	Zhodnocovanie expozície-OVZDUŠIE	5
	3.1 Analýza cyklu (rozptyl, transformácia, depozícia) zne…isÙujúcich látok v ovzduší	5
	3.2 Topografické aspekty	6
	3.3 Kµú…ové zne…isÙujúce látky	7
	3.4 Analýza kvality ovzdušia	8
	3.4.1 Citlivé ekologické objekty a vstupy údajov	8
	3.4.2 Fugitívne emisie	8
	3.4.3 Metodológia zadymenia	11
	3.5 Neistoty	15
4.0	Zhodnotenie toxicity	16
5.0	Popis rizika	19
6.0	Bibliografia	20

ZHRNUTIE

Vápenka v Tisovci svojimi emisiami predstavuje potenciálny faktor, prispievajúci k zhoršeniu zdravotných a environmentálnych podmienok. Vápenka vypúšťa do ovzdušia radu potenciálne škodlivých látok v...ítane SO_2, tuhých ...astíc (PM) a NO_x. Emisie z Vápenky sa v priebehu ...asu podstatne menili a boli funkciou 1) druhu a zdroja paliva pre pece (uhlie alebo koks) a 2) celkového využitia kapacity továrne (t.j. v sú..asnosti je v prevádzke iba jedna zo štyroch pecí).

Ú...inky na ľudské zdravie je ovefa ťažšie merať, pretože niektoré zdravotné problémy sú krátkodobého charakteru a sú potenciálne vylie...iteľné (choroby horných dýchacích ciest), zatiaľ ...o iné, ako rakovina pľúc, sú spojené s dlhými bezpríznakovými obdobiami (10 až 20 rokov) a inými zdrojmi (faj...enie).

Jednou z metód na analýzu sú..asných i budúcich zdravotných ú..inkov Vápenky je použitie techniky zhodnotenia rizika. Prostredníctvom dobre prepracovaných technických krokov sa zhodnocovanie rizika pokúša vypo...ítať rôzne zdravotné dôsledky na ľudí a životné prostredie, ktoré sú spojené s ur...itými koncentráciami zne...isťujúcich látok.

Metódu zhodnocovania rizika je možné aplikovať na Vápenku tak, že sa zanalyzujú existujúce podmienky na záveternej strane továrne a vypo...íta sa podiel Vápenky na poza‹ ových hodnotách. Podiel zne...isťovania Vápenkou je ur...ený na základe skuto...ných šachtových a fugitívnych emisií SO_x a tuhých ...astíc. Pomocou rady metód modelovania ovzdušia sa skuto...né emisné koncentrácie šácht premenia na imisné koncentrácie v oblastiach na záveternej strane továrne.

Tento typ analýzy ukazuje, že Vápenka sa pravdepodobne podieľa vysokým percentom na koncentráciach SO_2 v Hnúšti; avšak celkový príspevok Vápenky na polietavom prachu je vo vzdialenostiach viac ako 500 metrov od továrne podstatne nižší. Na základe týchto výsledkov sa dá ľahko usúdiť, že Vápenka je hlavným zdrojom koncentrácie škodlivín na regionálnej úrovni.

Z hľadiska ľudského zdravia môžu mať SO_x i PM (tuhé ...astice) krátko- i dlhodobé zdravotné následky, najmä u detí mladších ako 6 rokov a osôb starších ako 65 rokov. Kombinácia SO_x a PM sa pravdepodobne chová synergickým spôsobom; avšak sú..asná lekárska literatúra uvádza, že zvýšené koncentrácie PM predstavujú vä...ší problém. Vápenka prispieva podstatnou mierou k regionálnym koncentráciam SO_x; avšak na základe modelovania ovzdušia Vápenka nepredstavuje podstatný regionálny zdroj PM. Ak sa vo Vápenke zmení palivový zdroj, dá sa o..akávať podstatné zníženie emisií SO_x; avšak bez kontroly ostatných priemyslových a regionálnych zdrojov sa nedá o..akávať podstatné zlepšenie regionálnych koncentrácií PM.

1.0 ÚVOD

„istý ú..inok navrhovanej modernizácie Vápenky v Tisovci na ñivotné prostredie predstavuje rozdiel medzi sú...asným stavom, resp. poza ‹ ovou úrovÁou ñivotného prostredia/zdravia verejnosti a navrhovanými budúcimi zlepšeniami, ktoré budú výsledkom úspešného zavËšenia projektu. Rozdiel medzi poza ‹ ovými podmienkami zdravia/ñivotného prostredia a budúcimi vylepšeniami sa dá kvantifikovaÙ pouñitím formálnych metód zhodnocovania rizika. Metódy zhodnocovania rizika sú štandardné matematické výpo...ty, ktoré sa beñne pouñívajú pri normotvornej práci pri analýze poza ‹ ových a budúcich zdravotných podmienok. Prípadné ...isté zlepšenie „zdravia“ sa môñe staÙ predmetom celej škály ekonomických analýz, ktoré sa pokúšajú finan..ne vyjadriÙ „cenu“ zachránených ñivotov alebo predídených chorôb. Obdobne je moñné ekonomickými pojmami vyjadriÙ postupné vylepšenia ñivotného prostredia, ktoré budú výsledkom úspešného ukon..enia projektu; vyskytuje sa tu však veµký po...et nepriamych nákladov, známych ako externality, resp. vonkajšie efekty, ktoré sú spojené s oceÁovaním ñivotného prostredia. Externality môñu zahËÁaÙ priame i nepriame environmentálne ú...inky (ako napr. strata potešenia) ako aj iné ekonomické ú...inky na zamestnanosÙ a µudské blaho.

Neistoty modelovania a výpo...tu ...istých zdravotných a environmentálnych prínosov sú veµké; pretoñe matematické metódy sú však veµmi dobre prepracované, je uñito...né analyzovaÙ potenciálne projekty v stanovených rámcoch, aby bolo moñné jednotlivé projekty navzájom porovnaÙ. Tento zovšeobecnený Paretov prístup sa hodí vtedy, ke ‹ je treba braÙ do úvahy faktory ...asu, energie a financovania. Najvä...ším zdrojom neistoty vä..šiny environmentálnych/zdravotníckych projektov sú obmedzenia v databáze poza ‹ ových údajov. Neistota databázy pre projekt Vápenky je závañná najmä s ohµadom na analýzu poza ‹ ových výskytov onemocnení v komunite, vyvolaných karcinogénnymi (spôsobujúce rakovinu, napr. rakovinu pµúc) i nekarcinogénnymi (napr. choroby dýchacieho traktu, astma) chemickými látkami. Stratégia vypracovania ...asti správy, týkajúcej sa vplyvu na ñivotné prostredie, bude nasledovná:

1) na...rtnúÙ a popísaÙ základné metódy a koncepcie procesu zhodnocovania rizika,
2) popísaÙ dostupné poza ‹ ové environmentálne údaje,
3) previesÙ ur...ujúce výpo...ty pre cyklus (rozptyl, transformácia, depozícia) zne...isÙujúcich látok, ktoré sú špecifické pre Vápenku,
4) zvýrazniÙ oblasti, u ktorých existujú závañné medzery,
5) previesÙ zhodnotenie toxicity,

6) popísaÙ prognózy zdravotného rizika v poza‹ových i budúcich (za predpokladu modernizácie továrne) podmienkach.

1.1 PROCES ZHODNOCOVANIA RIZIKA

Ú...elom procesu zhodnocovania rizika je charakterizovaÙ podstatu a rozsah vplyvov konkrétnej oblasti na obyvateµov a ekologické objekty. Zhodnocovanie rizika poskytuje nástroj na odhad rizík a ur...enie poza ‹ ových údajov pre sú...asné i budúce expozície. Zhodnocovanie rizika je proces, ktorý zlu...uje dostupné údaje o ohrození a toxicite chemických látok a pouñíva vedecký úsudok na ur...enie súvisiacich rizík pre µudské zdravie a ñivotné prostredie. Zhodnocovanie rizika, resp. charakterizácia potenciálnych nepriaznivých ú...inkov na µudí alebo ekologické zdravie, vyplývajúcich z ohrozenia kontaminantami obsiahnutými v prostredí, zahËÁa štyri za sebou nasledujúce kroky:

- **Zhromañ ‹ ovanie a vyhodnocovanie údajov:** identifikácia kontaminantov a definovanie podstaty a rozsahu uvoµÁovanie chemických látok;

- **Zhodnotenie expozície:** ur...enie rozsahu vystavenia sa kontaminantom, obsiahnutým v prostredí;

- **Zhodnotenie toxicity:** ur...enie vzÙahu medzi rozsahom expozície a pravdepodobnosÙou výskytu zdravotných následkov, a

- **Charakterizácia rizika:** zlú...enie prvých troch krokov, výsledkom ktorého budú kvalitatívne, polo-kvantitatívne alebo kvantitatívne odhady zdravotného rizika.

Tento postup je moñné pouñiÙ bez ohµadu na to, ...i vyhodnocované zdravotné riziko je rakovinový alebo nerakovinový výsledok.

Prvým krokom v procese zhodnocovania zdravotného rizika je identifikácia potenciálne škodlivých chemických látok (COC). Po tomto kroku nasleduje zhodnotenie ciest potenciálnej expozície a kvantifikácia výšky chronických denných príjmov. Identifikácia ciest expozície (ako napr. vdychovanie, poñitie) a polohy ekologických objektov (t.j. osoby (osôb), ktoré by sa prípadne mohli dostaÙ do styku s chemickou látkou) sú kµú...ové pre ur...enie platnosti potenciálnych ciest expozície. Po úplnej identifikácii ciest expozície sa vypo...ítajú bodové koncentrácie expozície a príjmy ekologických objektov. Ší alší krok, zhodnocovanie toxicity, identifikuje COC, ktoré môñu spôsobiÙ nepriaznivé zdravotné ú..inky u obyvateµov, vystavených týmto látkam. Avšak po...et zlú...enín, ktorý sa dá kvantitatívne vyhodnotiÙ v procese zhodnocovania rizika pre µudské zdravie, je obmedzený dostupnosÙou údajov o konkrétnych chemických látkach a o reakciách na ur...ité dávky. Ak neexistujú normové údaje o toxicite konkrétnych chemických látok, je moñné ich získaÙ, ak sú vo

vedeckej literatúre k dispozícii náleñité údaje o vzÙahu dávka-reakcia. Posledný krok, charakterizácia rizika, integruje informácie získané zhodnotením expozície a toxicity a jej výsledkom sú kvantitatívne odhady rizika. Chemické látky alebo cesty s neúplnými databázami sa vo všeobecnosti vyhodnocujú z kvalitatívneho hµadiska. Hoci sa v priebehu vyhodnocovania neustále uvádza zhrnutie potenciálnych faktorov, ktoré môñe bu‹ podhodnotiÙ alebo nadhodnotiÙ riziko, opis relatívneho rozsahu neistoty spojenej s kañdou kµú...ovou fázou procesu vyhodnocovania rizika ja dôleñitým komponentom, pretoñe umoñÁuje pozrieÙ sa na odhady rizika zo širšieho pohµadu.

Celkovým zámerom prístupu k zhodnocovaniu rizika pre projekt Vápenky je pouñiÙ údaje získané návštevami samotného areálu a údaje z vládnych zdrojov tak, aby sa mohol vyhodnotiÙ súbor sú...asných a budúcich rizík a podµa moñnosti aj kvantifikovaÙ. Tieto informácie sa potom môñu pouñiÙ na porovnanie rozsahu zmiernenia rizika akéhokoµvek navrhovaného projektu, zaoberajúceho sa odstránením alebo zníñením/prevenciou zne...istenia ovzdušia.

2.0 ZHROMAð Š OVANIE A VYHODNOCOVANIE ÚDAJOV

2.1 Poza ‹ ový stav - OVZDUŠIE

Monitorovanie zne…isÙovania ovzdušia sa na Slovensku zaznamenáva od r. 1971. Pôvodne sa tieto údaje získavali manuálne ako 24-hodinové priemery. Pôvodný rozsah sledovaných zne…isÙujúcich látok sa postupne rozšíril z SO_2 a tuhých …astíc (PM) na Ùañké kovy, NO_x, ozón, oxid uhoµnatý a sírovodík. V 90-tych rokoch sa uzákonila nová legislatíva o ochrane ovzdušia a došlo k podstatnému zlepšeniu monitorovacej siete. V rokoch 1990 a 1991 sa nainštalovalo 18 nových automatizovaných monitorovacích staníc a ku koncu roku 1992 sa inštalovalo ‹ alších šesÙ staníc. Od roku 1993 sa nainštalovalo osem nových staníc a dala sa do prevádzky mobilná monitorovacia stanica.

Stanica na monitorovanie ovzdušia, nachádzajúca sa najbliñšie k Vápenke, je v oblasti HnúšÙa-Tisovec. Táto stanica sa nachádza 10 km od areálu továrne a je najbliñšou regionálnou monitorovacou stanicou. Sledované škodliviny zahËÁajú SO_2, NO_X, PM_{10}, a ozón.

3.0 ZHODNOCOVANIE EXPOZÍCIE - OVZDUŠIE

Zhodnocovanie expozície ur...uje rozsah a veµkosÙ expozície µudských a ekologických objektov špecifikovaným chemickým látkam. V niektorých prípadoch sa dá µudské vystavenie sa chemickým látkam meraÙ priamo biologickými rozbormi, napr. úroveÁ olova v krvi, koncentrácie arzénu v mo...i. Priame chemické rozbory ekologických objektov, akými sú napr. rastliny, hmyz alebo malé cicavce, sú tieñ technicky uskuto...niteµné a ...asto sa aj prevádzajú. Pre niektoré chemické látky, ako napr. SO_2 a PM priama interpretácia biologických rozborov nie je technicky uskuto...niteµná. V takýchto prípadoch sa dá na výpo...et bodových koncentrácií expozície škodlivým chemickým látkam (COC) pouñiÙ celá škála matematických a modelových metód ur...ovania cyklu (rozptyl, transformácia, depozícia) zne...isÙujúcich látok. Tieto teoreticky vypo...ítané koncentrácie expozície (dávky) sa potom porovnávajú so známymi zdravotnými ú.inkami (reakciami), vyvolanými vystavením sa danej chemickej látke. Podrobnejšia diskusia o vzÙahu dávka-reakcia na látky špecifické pre Vápenku - COC, SO_2, NO_x a TSP (polietavý prach), je uvedená v nasledujúcich ...astiach.

Ša lším faktorom presného zhodnocovania ú...inkov COC na zdravie verejnosti v danej lokalite je vyhodnocovanie demografických údajov ohrozenej populácie. Vek, pohlavie a geografická distribúcia potenciálne ohrozenej populácie sú dôleñité pre moñnosÙ ur...enia ur...itej prognózy zdravotných následkov, ktoré sú dôsledkom existencie škodlivín v danej lokalite. V sú...asnosti takéto údaje nie sú úplne k dispozícii ani pre Tisovec, ani pre jeho bezprostredné okolie; existujú však náznaky, ñe takéto údaje je moñno získaÙ a ñe došlo k zisteniu zvýšeného rozsahu dýchacích chorôb. Ak sa vypracujú dodato...né zdravotné štúdie, je potrebné zhodnotiÙ kompletné demografické údaje (alebo výsledky s...ítania µudu).

Na lepšie definovanie vzÙahu medzi existujúcimi monitorovanými koncentráciami škodlivín ovzdušia a emisiami z Vápenky sa uvedú série výpo...tov cyklu zne...isÙujúcich látok. Tieto výpo...ty obsahujú zna...né rozpätie neistoty z dôvodu obmedzení a medzier v existujúcej databáze. Aj napriek tomu modelové ú...inky poskytnú pribliñný rádový rozsah (faktor desiatky) pohµadu na podiel Vápenky na imisnej kvalite ovzdušia.

3.1 Analýza cyklu (rozptyl, transformácia, depozícia) zne...isÙujúcich látok v ovzduší

Ministerstvo pre ñivotné prostredie (MðP) za ú...elom poskytnutia zdravotných kumulatívnych normatívov pre ochranu zdravia ob...anov a ñivotného prostredia vo svojej nedávnej vyhláške uviedlo náro...nejšie imisné normy kvality ovzdušia pre kµú...ové zlú...eniny v...ítane oxidu síri...itého (SO_2), oxidov dusíka (NO_x), oxidu uhoµnatého (CO) a tuhých ...astíc (PM). Ú...elom stanovenia koncentrácií imisnej kvality ovzdušia pre celý región je zaistiÙ, aby kumulatívne emisie zo všetkých zdrojov neprekro...ili imisné koncentrácie, ktoré by mohli nepriaznivo

ovplyvniÙ obyvateµstvo. Pre kañdú výrobnú jednotku to vytvára príleñitosÙ na vyhodnotenie efektívnosti sú...asnej technológie zaisÙovania kvality ovzdušia a ur...enie prínosu modernizácie zastaralých zariadení. Vápenka v Tisovci sa nachádza v blízkosti mestskej komunity, ktorá je oblasÙou osobitnej ochrany ovzdušia z titulu vysokého zne...istenia (ovzdušia).

Vápenka vyrába vápno vysokotepelným prañením vápenca. Hoci sú loñiská vápenca v oblasti veµmi bohaté, iba ich malá ...asÙ má poñadovanú ...istotu pre ú...ely priemyslovej výroby vápna. Hornina sa povañuje za vápenec vtedy, ke‹ obsahuje minimálne 50% uhli...itanu vápenatého. Najvä...ší objem emisií pochádza zo štyroch hlavných šachtových pecí, ktoré sa nachádzajú v centre areálu.

V sú...asnosti je v prevádzke iba jedna šachtová pec a jeden podnik vyrábajúci vápno je vyuñitý na 25% svojej kapacity. V minulosti sa v továrni pouñívalo bituménové uhlie alebo koks. Podnik by chcel previesÙ uvedenú pec na zemný plyn, pretoñe v relatívnej blízkosti sa nachádza trasa hlavného rozvodu zemného plynu. Z hµadiska ñivotného prostredia sa zistili veµké rozptýlené emisie prachu z ‹alších 11 zdrojov v...ítane areálu spracovania vápenca, balenia vápenca, elektrárne, expedície kusového vápna, vodnej sprchy HS-1, mletia vápna HS-II, vodnej sprchy HS-II, drvi...a hrubej zrnitosti HS-II, síl HS-II, sít baliacej prevádzky HS-II a baliaceho zariadenia HS-II.

V susednej obci sa zahájil program monitorovania ovzdušia na zhodnocovanie potenciálneho ohrozenia miestneho obyvateµstva Vápenkou i ostatnými výrobnými zariadeniami. Ke‹ sa ako palivo pouñil koks namiesto uhlia, naj...erstvejšie namerané koncentrácie tuhých látok, SO_2, NO_2, a CO v ovzduší pri štyroch šachtových peciach sa nachádzajú bezpe...ne v rámci existujúcich emisných limitov. Koncentrácie v ovzduší pre roky 1986 añ 1994 ukazujú štvornásobné zníñenie koncentrácie prachu spôsobenej vápenkou, ...o je podstatne menej ako zníñené úrovne uvedené pre stanice nachádzajúce sa mimo areálu: Daxnerová, Hradová, základná škola a Muránska. Depozi...né úrovne pre kovy nájdené v prachu ukazujú v ro...nom meradle zna...né kolísanie; k najniñším produk...ným emisiám došlo v r. 1990, ke‹ továreÁ za...ala ako palivo pouñívaÙ koks. Pred r. 1990 boli depozi...né úrovne podstatne vyššie; v údajoch sa však za...ína objavovaÙ klesajúci trend, ...o nazna...uje, ñe v blízkej budúcnosti dôjde k celkovému poklesu depozi...ných úrovní a koncentrácií kµú...ových škodlivín v ovzduší. Ak sa zrealizuje navrhovaný prechod z koksu na zemný plyn, dajú sa o...akávaÙ podstatné zníñenia emisií do ovzdušia.

Ú...elom tejto správy je ur...iÙ koncentrácie v ovzduší pre miestne ekologické objekty v pribliñnej vzdialenosti od 100 metrov do 1 km po smere vetra od Vápenky, zaloñené na kokse a zemnom plyne ako primárnych palivových zdrojoch. Skúmané zlú...eniny zahËÁajú NO_2, SO_2, a CO. Aby sa ukázali ú...inky všetkých štyroch pecí, prevedie sa okrem kumulatívnej analýzy aj odhad koncentrácií vzduchu pre kañdú šachtovú pec. Emisie

fugitívnych ...astíc [polietavý prach (TSP)] sa povaňovali za dosÙ závaňné na to, aby sa previedlo ‹alšie šetrenie. Vzduchové koncentrácie z pecí a fugitívnych zdrojov sa s..ítali, ...ím sa získala celková teoretická dávka pre okolité obyvateµstvo.

3.2 Topografické aspekty

Vápenka sa nachádza v údolí, charakterizovanom svahmi stúpajúcimi do nadmorskej výšky 800 aň 1000 metrov. Mesto Tisovec sa nachádza priamo na záveternej strane továrne. Namerané rýchlosti vetra po...as roka nazna...ujú kµudové veterné podmienky s priemernou rýchlosÙou vetra pod 2 m.s^{-1}. Pretoňe zloňitý terén (napr. kde dymová vle...ka naráňa na svahy) ovplyvÁuje dráhu a rozptyl dymovej vle...ky, o...akáva sa ...astý výskyt inverzných vrstiev a zadymenia, spôsobené dutinovými efektami v údolnej kotline. Zvy...ajne sa tvoria dva druhy inverzných vrstiev: prízemná (t.j. nízkoúrovÁová) a inverzia nachádzajúca sa vyšších výškach. Prízemná inverzia sa tvorí v ranných hodinách, kedy slnko zohrieva zemský povrch, a trvá kratšie ako jeden deÁ. Tento typ inverzie je krátkodobý a zvy...ajne sa v priebehu dÁa rozptýli. Naopak inverzia v horných vrstvách trvá v regionálnom rozsahu dlhšie a tvorí sa vtedy, ke‹ sa stabilná teplá vzdušná masa nachádza nad vrstvou chladnejšieho vzduchu. Inverzia v horných vrstvách môňe vytvoriÙ váňnu situáciu tým, ňe zachytí škodliviny transportované ovzduším v stabilnej vrstve a umoňní ich akumuláciu v obmedzených topografických oblastiach, ako napr. hlboké údolie (LaGrega, 1994). V ranných hodinách, ke‹ ja stabilná vrstva narušená ohrevom zemského povrchu, „unikajúce“ zadymenie zaÙahuje škodliviny ku dnu kotliny. Dodato...né škodliviny pochádzajúce zo spaµovania uhlia v rodinných domoch bezpochyby prispievajú k moňným zdravotným ú...inkom po...as dlhodobých inverzných podmienok.

Zloňitý terén zvy...ajne spôsobuje niekoµko fyzikálnych procesov, ktoré majú tendenciu zvyšovaÙ koncentrácie v údolnej oblasti. Vietor, ktorý fúka smerom do údolia, je v kotline silne usmernený smerom hore alebo dole, ...o zvyšuje koncentráciu škodlivín pre ekologické objekty nachádzajúce sa v smere vetra. Zhruba v polovici prípadoch vietor fúka smerom dole, pozd³ň svahu, do susedného mesta, zatiaµ ...o v druhej polovici prípadov vietor fúka hore svahom, smerom od obyvateµov. O...akáva sa zvýšenie rozptylu dymovej vle...ky z dôvodu zvýšenej turbulencie, ktorú spôsobujú vírivé prúdy smerujúce nad a okolo nepravidelného terénu. Okrem toho vzdušné prúdy skôr sledujú povrch terénu neň prúdia kríňom cez neho, ...o spôsobuje akumuláciu chemických koncentrácií v kotline.

3.3 Kµú...ové zne...isÙujúce látky

Kµú...ové zne...isÙujúce látky sa povaňujú za dôleňité indika...né zlú...eniny na ur...ovanie noriem kvality ovzdušia a na zaistenie náleňitého zni...enia a odstránenia toxických zloňiek zo šácht. Antropogenické zlú...eniny spojené

s procesom industrializácie sa vo všeobecnosti identifikujú ako základné zlú...eniny, ktoré sa po...as ur...eného obdobia nesmú prekro...iÙ. Sú...asné normy v Európe a Spojených štátoch stanovujú koncentrácie kvality ovzdušia pre NO_2, SO_2, CO a tuhé ...astice. Oxidy dusíka (NO_x) sú hlavne produktom spaµovania dusíka. Hoci sa v tomto procese sú...asne vytvárajú iné dusíkové produkty, v...ítane kyseliny dusi...nej a oxidu dusného, tie sa zvy...ajne dostávajú rýchle do rovnováhy s NO_2; NO_2 - po smere vetra - preto v rovnováhe dominuje (EPA, 1995). Podobne ako v prípade dusíka, oxid siri...itý (SO_2) je hlavne produktom spaµovania síry; môñu sa však vyskytovaÙ aj iné formy. Oxid uhoµnatý (CO) je vylu...ovaný hlavne z výfukov áut a v procese horenia. Tuhé ...astice sa zvy...ajne merajú ako dýchateµné frakcie polietavého prachu (TSP) o rozmeroch menších ako 10 mikrometrov. TSP pozostávajú z látky, vylú...enej zo zdroja v pevnom, kvapalnom alebo plynnom stave, ktorá sa nachádza v okolitom ovzduší vo forme tuhých alebo kvapalných ...astíc (EPA, 1995).

V tejto správe sa modelová analýza zameriava hlavne na predpovedanie vzdušných koncentrácií NO_2, SO_2, CO a TSP pre ekologické objekty, nachádzajúce sa po smere vetra. Prevádza sa tieñ odhad fugitívnych emisií na ur...enie kumulatívnych dávok pre potenciálne citlivé ekologické objekty.

3.4 Analýza kvality ovzdušia

Táto ...asÙ popisuje metodiku modelovania disperzie ovzdušia, ktorá sa pouñíva na zhodnocovanie potenciálneho ohrozenia zdravia škodlivinami, vypúšÙanými do ovzdušia z Vápenky. Ciele modelovania zahËÁajú: (1) identifikovaÙ lokality obyvateµov, ktorí by prípadne mohli byÙ vystavení kµú...ovým škodlivinám, vypúšÙaným z pece a fugitívnych zdrojov, (2) vypracovaÙ emisný faktor pre konkrétnu chemikáliu a (3) odhadnúÙ chemické koncentrácie v okolitom ovzduší. Pretoñe neexistuje dostatok detailných meteorologických údajov pre danú lokalitu a ani charakteristiky šachty, na ur...enie najnepriaznivejšej prízemnej koncentrácie ovzdušia pre citlivé ekologické objekty sa pouñila triediaca (screening) metodológia. Na modelovanie fugitívnych emisií sa pouñil Model fugitívneho prachu úradu EPA [americký Úrad pre ochranu ñivotného prostredia] (EPA, 1995), zatiaµ ...o na odhad koncentrácií škodlivín vypustených z pece do nerovnomerného terénu sa pouñili zjednodušené rovnice zadymenia. Detailný popis modelu a rovníc pouñitých na analýzu kvality ovzdušia je uvedený v nasledujúcich ...astiach.

3.4.1 Citlivé ekologické objekty a vstupy údajov

Územie obklopujúce továreÁ sa skladá z priemyselných, obytných a otvorených priestorov. Nerovnomerný terén v blízkosti areálu obmedzuje rozsah pozemkov, ktoré by sa dali vyuñiÙ pre obytné ú...ely. Vä...šina obyvateµov ñije v údolí, priamo v oblasti po smere vetra. V modeli boli obyvatelia rozmiestnení v intervaloch po 100 metroch od zdroja añ do vzdialenosti 5 km.

Pretoňe pre túto oblasÙ existovali len obmedzené meteorologické údaje, nebolo moňné previesÙ komplexnú modelovú analýzu ovzdušia. Pouňili sa preto triedené (screening) meteorologické údaje zaloňené na kombináciach 33 štandardne stanovených rýchlostí vetra a kategorií stabilít. Tento súbor údajov sa prevzal z meteorologických údajov uvedených v modeli SCREEN úradu EPA a pouňíva sa na ur...enie hornej hranice koncentrácií škodlivín v ovzduší, vypustených z bodového zdroja.

3.4.2 Fugitívne emisie

V areáli sa nachádza 11 fugitívnych zdrojov súvisiacich so spracovaním vápenca. V tabuµke .... 1 sú uvedené premenlivé emisné toky a koncentrácie a prevádzkové hodiny pre všetky fugitívne zdroje. Fugitívne zdroje sú definované ako akékoµvek zdroje, ktoré sa nepovaňujú za dominantný zdroj emisií (t.j. všetky ostatné zdroje okrem šachiet). Modely navrhnuté na riešenie takéhoto typu problému sa vypracovali iba pred nedávnom a stále dochádza k modifikáciam algoritmov, pouňitých v sú..asnom modele. Najviac pouňívaný model na riešenie takéhoto problému je Model fugitívneho prachu (FDM) úradu EPA, verzia 93070 (EPA, 1992). FDM je model analýzy kvality ovzdušia, špecifický navrhnutý na odhad koncentrácií v ovzduší a na depozitné ú..inky, spôsobené zdrojmi fugitívneho prachu. Tento model je vo všeobecnosti zaloňený na dobre známej Gaussovej tvorbe dymovej vle...ky pre výpo...et koncentrácií a má vylepšené depozi...né algoritmy transferu gradientu. Tento model nie je navrhnutý na riešenia vztlakových zdrojov a ani pre ňiadny zdroj emitovaný nad imisnými podmienkami, pretoňe neobsahuje ňiadne algoritmy pre stúpanie dymovej vle...ky. Emisie z kaňdého zdroja pouňívateµ rozdelí podµa percenta výskytu do série veµkostných kategórií tuhých ...astíc. Na základe modelu FDM sa vypo...íta rýchlosÙ gravita...ného usadzovania a depozi...ná rýchlosÙ pre kaňdú kategóriu a koncentráciu ovzdušia, a pre kaňdú polohu ekologického objektu sa ur...í depozi...ná rýchlosÙ. Na zachovanie hmotnosti tento model pouňíva hmotnostne-rovnováňne opravné koeficienty.

Tento model rieši depozície pomocou dvoch parametrov: rýchlosÙ gravita...ného usadzovania a depozi...ná rýchlosÙ. Depozi...ný parameter ur...uje mnoňstvo chemickej látok uloňenej na zemský povrch po...as transportu dymovej vle...ky od zdroja. RýchlosÙ gravita...ného usadzovania zohµadÁuje ubúdanie tuhých ...astíc z kontaminovanej dymovej vle...ky gravitáciou. Pretoňe iba veµké ...astice majú dostato...nú hmotnosÙ na prekonanie turbulentných vírov, táto metóda sa vzÙahuje len pre ...astice s priemerom vä...ším ako 30 mikrometrov. Depozi...ná rýchlosÙ modeluje ubúdanie...astíc všetkými spôsobmi, v...ítane turbulentného pohybu, ktorý opisuje straty spôsobené kolíziou a adsorpciou ...astíc povrchom. Rovnice vypracované Kalifornskou radou pre vzdušné zdroje (CARB) sú zapracované do tohto modelu na výpo...et depozi...nej rýchlosti v závislosti na veµkosti ...astíc. Veµkosti ...astíc a distribúcia sú prevzaté z publikácie úradu EPA *Kompilácia faktorov škodlivín vypúšÙaných do ovzdušia* (1995) pre zariadenia na výrobu vápna v neriadenej rota...nej peci:

VeµkosÙ ...astice (mikrometer)	Percento výskytu podµa veµkostnej kategórii
2,5	1,4%
5,0	1,5%
10	9,1%
15	19%
20	69%

Na reprezentáciu zariadení umiestnených v centrách miest s kopcovitým terénom sa pouñila hodnota nerovnosti povrchu 200 cm (EPA, 1992). Pouñila sa tieñ štandardná hustota ...astíc 2,5 g.cm^{-3}.

Emisné úrovne pre fugitívny zdroj sa rozdelili propor...ne podµa po...tu prevádzkových hodín elektrárne, ...ím sa pre uvedený model získali lineárne koncentrácie. ÚroveÁ emisie prachu pre kañdý fugitívny zdroj sa vynásobila odhadovaným po...tom prevádzkových hodín, ...ím sa vypo...ítala celková ro...ná hmotnosÙ vypustených škodlivín. Celková ro...ná hmotnosÙ jedného zdroja sa potom vydelila po...tom prevádzkových hodín elektrárne (asi 8477 hodín/rok), ...ím sa získali lineárne emisné úrovne za rok pre kañdý zdroj. Emisie pouñité pre tento model sú uvedené niñšie:

TABU´ KA „ . 1
LINEÁRNE EMISNÉ KONCENTRÁCIE FUGITÍVNEHO PRACHU

Zdroj	Emisný tok ($kg.h^{-1}$)	Po…et prevádzkových hodín	Celková hmotnosÙ vypustená za rok [a]	Lineárna emisná koncentrácia ($g.s^{-1}$) [b]
Produkcia vápenca	0,665	5177	3443	0,11
Balenie vápenca	0,153	1143	175	0,0057
ElektráreÁ	0,055	8477	466	0,015
Expedícia kusového vápna	3,962	283	1120	0,037
Vodná sprcha HS-I	0,291	1495	435	0,014
Mletie vápna HS-II	0,539	1653	891	0,029
Vodná sprcha HS-II	0,605	4943	2991	0,098
Drvi… hrubej zrnitosti HS-II	0,282	5161	1455	0,048
Silá HS-II	0,095	4943	470	0,015
BaliareÁ, sitá HS-II	0,361	2200	794	0,026
Baliace zariadenie HS-II	0,233	2017	470	0,015

a Celková hmotnosÙ vypustená za rok sa vypo…íta vynásobením emisných koncentrácií po…tom prevádzkových hodín.

b Lineárna emisná koncentrácia sa rovná celkovej vypustenej hmotnosti podelenej po…tom prevádzkových hodín elektrárne (8477 hodín). Na prevod jednotiek na $g.s^{-1}$ sa emisná koncentrácia podelí …íslom 3,6.

Maximálna 1-hodinová koncentrácia prachu predpovedaná modelom pre danú lokalitu ekologického objektu je uvedená v tabuµke …. 2. K najvyššej koncentrácii prachu 30,88 $\mu g.m^{-3}$ a depozi…nému toku 1,17 $\mu g.m^{-2}.s^{-1}$ došlo vo vzdialenosti 100 metrov od areálu po smere vetra. Aby sa mohla hodinová koncentrácia previesÙ na maximálnu 24 hodinovú koncentráciu, ktorá sa môže pouñiÙ na porovnávanie noriem kvality ovzdušia, musí sa maximálna hodinová koncentrácia vynásobiÙ reduk…ným koeficientom 0,4 (CARB, 1987). Aby sa okrem

toho zohµadnila skuto...nosÙ, ñe v polovici prípadov fúka vietor od ekologického objektu smerom vzostupným, k výpo...tu sa pridal reduk...ný faktor 0,5. Teda maximálna 24 hodinová koncentrácia prachu (TSP) sa odhaduje na 6,2 $\mu g.m^{-3}$ pre prípad najnepriaznivejších klimatických podmienok. Koncentrácia TSP prisúdená fugitívnym emisiám nepredstavuje váñne zdravotné riziko, pretoñe aj v prípade najnepriaznivejšieho uvoµÁovania z Vápenky je mnoñstvo v porovnaní s imisnými normami celkom malé.

TABU´ KA „. 2
ZHRNUTIE PREDPOKLADANÝCH KONCENTRÁCIÍ PRACHU (TSP) POD´ A LOKALITY EKOLOGICKÉHO OBJEKTU

VzdialenosÙ ekologického objektu od Vápenky (m)	Maximálna hodinová koncentrácia prachu ur...ená modelom FDM (µg.m^{-3})	Maximálna 24-hodinová koncentrácia prachu (µg.m^{-3}) [a]	Maximálne denné koncentrácie PM namerané v Hnúšti v r. 1993 (µg.m^{-3})	Maximálne denné koncentrácie PM namerané v Hnúšti v r. 1994 (µg.m^{-3}) [b]
100	30,9	6,18	246	107
200	22,4	4,49	246	107
300	17,3	3,45	246	107
400	15,2	3,05	246	107
500	15,0	3,00	246	107
600	13,6	2,72	246	107
700	11,9	2,39	246	107
800	10,4	2,08	246	107
900	9,1	1,81	246	107
1000	7,9	1,59	246	107

a Max. 24-hod. koncentrácia = max. 1-hod. konc. x 0,4 x 0,5

b Zaloñené na 95. percentile hranice významnosti ro...ných priemerných koncentrácií ovzdušia.

3.4.3 Metodológia zadymenia

Turner (1970) uvádza matematický prístup k výpo...tu prízemných koncentrácií pre uvoµnenú dymovú vle...ku v inverzii. Tento prístup predpokladá, ñe dym je vypúšÙaný v celom rozsahu do stabilnej vrstvy a potom odhaduje tú ...asÙ dymovej vle...ky, ktorá je sÙahovaná smerom dole a potom zohµadÁuje zvýšené horizontálne premiešavanie. Pretoñe pre konkrétnu lokalitu neexistujú podrobné meteorologické údaje a ani charakteristiky šachiet, na zistenie najnepriaznivejšej 1-hodinovej prízemnej koncentrácie pre ekologické objekty

nachádzajúce sa 100 metrov po smere vetra sa pouñil tento jednoduchý model. Koncentrácie ovzdušia spôsobené kañdou pecou sa ur...ili osobitne. Rovnica (Turner, 1970) je:

$$x \;'\; \frac{Q}{\sqrt{2\,\mathrm{p}}\; u\; \mathrm{s}_{yF}\; h_i} \times 1\; x\; 10^6\; \frac{\mu g}{g} \qquad \textbf{(1)}$$

kde:

x	=	maximálna prízemná koncentrácia ovzdušia ($\mu g.m^{-3}$);
Q	=	emisný tok ($g.s^{-1}$);
u	=	priemerná rýchlosÙ vetra ($m.s^{-1}$);
s_{yF}	=	štandardná odchýlka prie...nych vetrov po...as zadymenia (m); a
h_i	=	výška základne inverzie (m)

Táto rovnica špecifikuje, ňe ak sa inverzia eliminuje añ do efektívnej výšky šachty, o polovici dymovej vle...ky sa predpokladá, ňe sa premiešava smerom dole, zatiaµ ...o druhá polovica ostane v stabilnej vrstve. Problém vzniká pri ur...ovaní primeranej hodnoty pre horizontálny rozptyl, pretoňe premiešavanie stabilnej dymovej vle...ky cez vertikálnu vrstvu spôsobuje dodato...né horizontálne šírenie. Turner (1970) uvádza rovnicu na odhad horizontálneho šírenia po...as zadymenia:

$$s_{yF} \;'\; s_y\ (stable)\ \%\ \frac{H}{8} \qquad \textbf{(2)}$$

kde:

s_{yF}	=	štandardná odchýlka prie...nych vetrov po...as zadymenia (m);
s_y	=	štandardná odchýlka prie...nych vetrov po...as stabilných podmienok (m); a
H	=	efektívna výška emisie.

Výška základne inverzie sa ur...í pomocou:

$$h_i \;'\; H\ \%\ 2\ s_z \qquad \textbf{(3)}$$

kde:

h_i	=	výška základne inverzie (m);
H	=	efektívna výška emisie; a
s_z	=	štandardná odchýlka vo vertikále distribúcie dymovej koncentrácie.

Skúmaný ekologický objekt sa nachádza vo vzdialenosti od 100 m do 1000 m po smere vetra. Priemerná ro...ná rýchlosÙ vetra (u) meraná na miestnej meteorologickej stanici je 1,5 $m.s^{-1}$. Sú...asné emisné toky (Q) pre Vápenku sú 9,12 $g.s^{-1}$ pre SO_2 a 0,288 $g.s^{-1}$ pre NO_2. Emisné toky pre konkrétne šachty neboli poskytnuté, preto sa emisné toky SO_2 a NO_2 povaňovali za reprezentantov jediného zdroja. Efektívna výška šachty (H) sa definovala ako ekvivalent šachty vysokej 43 metrov.

Hodnoty s_y a s_z pre kategórie stability A añ F pre vzdialenosÙ 1 km po smere vetra sú prevzaté z obr. 3-2 a 3-3 v Turnerovej príru..ke (1970). Kategórie stability triedia druh o...akávaného rozptylu v areáli v závislosti na rýchlosti vetra, dennej dobe a stupni obla...nosti oblohy. Napr. kategória A je nestabilná kategória, ktorá sa vyskytuje v ...ase intenzívnej slne...nej radiácie a slabých vetrov (t.j. menej ako 2 $m.s^{-1}$). Na druhej strane kategórie E a F sú najstabilnejšie no...né kategórie, ktoré sa vyskytujú v ...ase slabých añ miernych vetrov (t.j. medzi 2 añ 5 $m.s^{-1}$). Pretoňe sa podmienky po...as dÁa v areáli menia, maximálna prízemná koncentrácia sa ur...ila pre všetky kategórie stability; rýchlosÙ vetra a slne...né ňiarenie sa povaňovali za konštantné. Pretoňe

model konzervatívne predpokladá neprerušenú inverznú vrstvu a zadymovacie efekty, výsledky budú vo všeobecnosti vyššie, neñ sú skuto...né koncentrácie namerané na miestnych monitorovacích staniciach. Realistickejšie výsledky je moñné získaÙ tak, ñe sa do úvahy zoberú sezónne zmeny, ...o sa dosiahne tým, ñe sa koncentrácie kañdej kategórie stability rozdelia propor...ne podµa o...akávaného percentuálneho výskytu kañdej kategórie po...as jedného roka. Letné dni sú zvy...ajne charakterizované nestabilnými podmienkami spôsobenými ohrievaním zemského povrchu a pravdepodobne spôsobia vytvorenie kategórie stability A a B. No...né podmienky v lete sú zvy...ajne teplé s malou resp. ñiadnou obla...nosÙou, ...o indikuje neutrálne podmienky alebo kategóriu stability D. Vä...šina dní v zimnom období je chladná s pokojnými vetrami a veµmi stabilnými atmosférickými podmienkami, ...o je typické pre kategórie stability B, C a D. Zimné noci sú charakterizované pokojnými vetrami a µahkou obla...nosÙou, ...o je typické pre kategórie stability E a F. Predpokladalo sa, ñe zimné obdobie trvá 50% z roka, zatiaµ ...o letné obdobie trvá po...as zvyšku roka (50%). Podobne rovnomerne sa rozdelili denné a no...né doby pre zimu a leto (25%). Ak sa zistilo, ñe po...as dÁa alebo noci došlo k výskytu viacerých kategórií, kañdej kategórii sa pri...lenila rovnaká váha. Tabuµka .... 3 uvádza percentuálny výskyt pre kañdú kategóriu stability v závislosti na dennej dobe a ro...nom období.

TABU´ KA „ . 3
PERCENTUÁLNY VÝSKYT UR„ ENÝ PRE KAð DÚ KATEGÓRIU STABILITY V ZÁVISLOSTI NA DENNEJ DOBE A RO„ NOM OBDOBÍ

Kategória stability	Leto	Zima
A	0,125 (deÁ)	
B	0,125 (deÁ)	0,083 (deÁ)
C		0,083 (deÁ)
D	0,25 (noc)	0,083 (deÁ)
E		0,125 (noc)
F		0,125 (noc)

Emisie prachu pre šachtové pece .... 1, 2, 3 a 4 pouñité v modeli sú 0,30 $g.s^{-1}$, 2,00 $g.s^{-1}$, 0,45 $g.s^{-1}$ a 2,13 $g.s^{-1}$, v uvedenom poradí. Na výpo...et maximálnej 24-hodinovej koncentrácie, tak ako to odporú...a rada CARB (1987), boli tieto odhadované maximálne hodinové koncentrácie, rozdelené podµa kategorií stability, upravené reduk...ným koeficientom 0,4. Okrem toho, aby sa zohµadnil fakt, ñe v polovici prípadov fúka vietor smerom vzostupným, od ekologického objektu, výpo...ty sa upravili reduk...ným koeficientom 0,5. Maximálna 24-hodinová koncentrácia prachu (TSP) sa teda ur...í tak, ñe sa maximálna 1-hodinová koncentrácia vynásobí 0,2, ...ím sa zohµadnia premenlivé meteorologické podmienky. Odhadovaná 24-hodinová koncentrácia rozdelená podµa kategórií stability, sa potom propor...ne upraví percentuálnym výskytom kañdej kategórie a s...íta, ...ím sa získa kone...ná odhadovaná hodnota. V tabuµke .... 4 je uvedená prognóza maximálnych 24-hodinových

prízemných koncentrácií pre prach, SO_2 a NO_2, založených na sú...asných emisných úrovniach. Koncentrácie SO_2 a NO_2 pre konkrétne pece sa v tejto analýze neur...ovali; dôvodom je nedostatok emisných úrovní špecifických chemikálií pre kaňdú pec. Vypo...ítané 24-hodinové koncentrácie v ovzduší pre SO_2 (851 µg.m^{-3}) a NO_2 (26,9 µg.m^{-3}) pre ekologický objekt, nachádzajúci sa vo vzdialenosti 100 m po smere vetra, nazna...ujú, ňe vápenka je zdrojom drvivej vä...šiny škodlivých látok v ovzduší. Okrem toho úrovne SO_2 zna...ne prekra...ujú 24-hodinové a ro...né normy platné pre Slovensku republiku a tieň prekra...ujú koncentrácie kvality ovzdušia špecifikované americkým zákonom o ochrane ovzdušia a Európskou úniou.

Koncentrácie prachu pre 24-hodinové obdobie pre pece .... 1 a .... 3 ur...ili minimálne koncentrácie v ovzduší, ktoré boli 28 µg.m^{-3} vo vzdialenosti 100 m po smere vetra od pece .... 1 a 42 µg.m^{-3} vo vzdialenosti 100 po smere vetra od pece .... 3. Koncentrácie prachu u pecí .... 2 a .... 4 boli päÙ- ať šesÙkrát vyššie ako u pecí .... 1 a .... 3; ich hodnoty pre 24-hodinové obdobie boli 187 µg.m^{-3} pre pec .... 2 a 199 µg.m^{-3} pre pec .... 4. Predpovedané koncentrácie ovzdušia pre 24-hodinové obdobie sa porovnali so sú...asnými slovenskými, americkými a európskymi normami. Výsledky porovnaní nazna...ujú, ňe koncentrácie PM_{10}, vylu...ované z pecí ....2 a .... 4 mierne prekra...ujú denné normy. V tabuµke .... 5 sú uvedené sú...asné americké a európske normy. Úrovne z pecí .... 1 a .... 3 boli zna...ne niňšie ako denné normy.

Celkovo výsledky nazna...ujú, ňe Vápenka je zodpovedná za vä...šinu emisií SO_2 do vzdialenosti 100 metrov, vypúšÙaných v oblasti Tisovca . Koncentrácie ‹ alej po smere vetra, vo vzdialenostiach 500 metrov a 1000 metrov, nazna...ujú zna...nú depozíciu, ...o znamená, ňe predpovedané koncentrácie v ovzduší boli 1000 metrov od zdroja zníňené rádovo o faktor 10. Zne...isÙovanie spôsobené inými výrobnými zariadeniami a inými vykurovacími zariadeniami v rodinných domoch sa nekvantifikovalo, pretoňe emisné údaje neboli k dispozícii.

V blízkej budúcnosti nahradí zemný plyn koks ako hlavný palivový zdroj továrne. Zne...isÙovanie spôsobené týmto novým palivovým zdrojom sa v tejto analýze nekvantifikovalo, pretoňe zamestnanci závodu uviedli, ňe po zmene vykurovacieho zdroja budú emisie vypúšÙané z areálu zanedbateµné. Spaµovacia ú...innosÙ alternatívneho paliva eliminuje fugitívne emisie ako aj emisie SO_2, NO_2, a CO, ...ím sa zne...istenie spôsobené vápenkou zníňi prakticky na nula percent denných koncentrácií, nameraných na miestnych monitorovacích staniciach. Je preto zrejme, ňe navrhovaná alternatíva palivového zdroja by mala zna...ný dosah na regionálne koncentrácie ovzdušia, ...o by sa prejavilo zníňením zne...istenia ovzdušia v uvedenej oblasti.

TABU´ KA „ . 4
PREDPOVEDANÉ KONCENTRÁCIE OVZDUŠIA PRE ŠPECIFICKÉ LOKALITY EKOLOGICKÝCH OBJEKTOV (EO)

Kµú…ové kontaminanty	Predpovedané maximálne 24-hod. koncentrácie ovzdušia (µg.m^{-3})				
	EO umiestnený 100 m po vetre	EO umiestnený 500 m po vetre	EO umiestnený 1000 m po vetre	Koncentrácia nameraná v Hnúšti v r. 1993 (µg.m^{-3})	Koncentrácia nameraná v Hnúšti v r. 1994 (µg.m^{-3}) [b]
Celkom SO_2, zo všetkých zdrojov	850	140	60	301	32
Celkom NO_2, zo všetkých zdrojov	27	4,4	1,9	---	62
Fugitívny prach zo šachtovej pece …. 1	28	4,5	2,0	246	107
Fugitívny prach zo šachtovej pece …. 2	190	30	13	246	107
Fugitívny prach zo šachtovej pece …. 3	42	6,9	3,0	246	107
Fugitívny prach zo šachtovej pece …. 4	200	33	14	246	107

TABU´ KA „ . 5
REPREZENTATÍVNE NORMY $S0_2$ A PM_{10}

SO_2 (µg.m^{-3})				
	SLOVENSKO	WHO	USA	EÚ
Ro…ný priemer	60	50	80	80

Denný priemer	150	125	365	120[1]
PM_{10} ($\mu g.m^{-3}$)				
	SLOVENSKO	**WHO**	**USA**	**EÚ**
Ro...ný priemer	60		50	40-60
Denný priemer	150	120	150	100-150

WHO = Svetová zdravotnícka organizácia
EÚ = Európska únia
[1] = 50. percentil

3.5 NEISTOTY

Výsledky tejto analýzy sa zakladajú na rozsiahlych predpokladoch meteorologických podmienok a šachtových charakteristík. Cieµom predpovedaných koncentrácií je uviesÙ maximálnu o...akávanú koncentráciu po smere vetra, ak meteorologické podmienky zostanú v danom ...asovom rámci nemenné. Pretoñe neboli k dispozícii ñiadne údaje pre konkrétnu lokalitu, táto analýza by sa mala pouñiÙ len ako „preosievací“ nástroj na ur...enie o...akávaných hrubých koncentrácií. Okrem toho je nepravdepodobné, ñe sa inverzné vrstvy a efekty zadymenia budú vyskytovaÙ sústavne po...as celého roka, hoci model s tým uvañoval. Odhady chýb, ktoré sa vyskytujú pri pouñití takéhoto modelu, sa pohybujú añ do výšky faktora päÙ (LaGrega, 1994).

4.0 ZHODNOTENIE TOXICITY

Zhodnotenie toxicity predstavuje porovnanie nameraných alebo vypo...ítaných chemických koncentrácií (dávok) so skuto...nými alebo predpovedanými ú...inkami na zdravie (reakcia). VzÙah medzi dávkou a reakciou je veµmi premenlivý a môže byÙ ovplyvnený veµkým po...tom faktorov, akými sú napr. vek, pohlavie, spôsob expozície (napr. vdychnutím, poñívaním, cez pokoñku) a existujúce zdravotné problémy. Okrem toho môžu maÙ chemické látky aditívne, synergické alebo antagonistické efekty, takže pozorovaná toxicita môže byÙ menšia alebo vä...šia ako teoretické predpovede.

Pre ú..ely analýzy projektu Vápenky existuje rada publikovaných štúdií, ktoré skúmajú ú..inok zne...istenia ovzdušia na zdravie. Takéto štúdie sa uskuto...nili v rade miest a oblastí celého sveta, napr. „ína, Francúzsko, Taliansko, USA, Veµká Británia a škandinávske štáty.

Vä...šina štúdií dospela ku konzistentným uzáverom, ktoré sú relevantné pre problematiku týkajúcu sa Vápenky:

- Zvýšené koncentrácie SO_2 a PM spôsobujú zvýšený výskyt chorobnosti (choroba) a úmrtnosti (smrÙ), spôsobených akútnymi a chronickými dýchacími problémami. (He, 1993);

- Spozorovali sa prechodné zníženia dýchacích funkcií, ke‹ sa vysoké koncentrácie SO_2, No_x, ozónu a/alebo PM vyskytovali individuálne alebo v kombinácii (He, 1993);

- Starší µudia (starší ako 65 rokov) a mladšie deti (mladšie ako 5 rokov) sú najviac ovplyvnení (Saldiva, 1995);

- Studené po...asie je nezávislým predpovedateµom narušenia dýchacích funckcií, nezávisle od atmosferických kontaminantov (Saldiva, 1995);

- Koncentrácie SO_2 majú zvy..ajne silný, priamo úmerný vzÙah ku koncentráciam PM_{10} (Saldiva, 1995);

- V oblastiach s celkovou koncentráciou ovzdušia nepresahujúcou normy môže aj napriek tomu dochádzaÙ k vzoru zvýšených dýchacích (priedušková) reakcií (Forastiere, 1994);

- Existuje všeobecný vzÙah medzi prirodzeným logaritmom (lN) SO_2 a koncentráciou TSP a merateµným znížením pµúcnych funckcií (Yu, 1991);

- Koncentrácie TSP alebo PM_{10} majú pri štandardných spirometrických (dýchacích) testoch pribliňné štvornásobne vyšší ú...inok na jednotku koncentrácie neň ekvivalentné koncentrácie SO_2, t.j. jednotka 1N ($\mu g.m^{-3}$) SO_2 x 4 = jednotka lN ($\mu.m^{-3}$) TSP;

- V obsiahlej americkej štúdii nefaj...iarov (Adventista 7. dÁa) v Kalifornii sa zistilo, ňe koncentrácie SO_2 neprekra...ujúce 100 $\mu g.m^{-3}$, nemali silný korela...mý vzÙah k dýchacím symptómom, ak celková doba expozície neprekro...ila 500 za rok (Euler, 1987);

- Ostatné štúdie povaňujú koncentrácie SO_2 medzi 50 aň 100 $mg.m^{-3}$ ...o sa týka ú...inkov za mierne, pretoňe koncentrácie SO_2 v tomto rozsahu zvy...ajne spôsobujú mierne prechodné symptómy;

- Stredné koncentrácie SO_2 neprekra...ujúce 30 $\mu g.m^{-3}$ sa povaňujú za náznak relatívne málo zne...istených oblastí;

- Koncentrácie PM majú konzistentne priamu súvislosÙ s chronickou obštruk...nou pµúcnou chorobou (Euler, 1983); a

- V americkej štúdii výskytu pµúcnej rakoviny, spojenej s pobytom v blízkosti taviacich pecí na me‹, bol rozsah faj...enia najvä...ším predpovedateµom miery výskytu pµúcnej rakoviny a zdôvodnil to, ...o sa na po...iatku zdalo byÙ zvýšenie rakovinovej úmrtnosti spôsobenej emisiami taviacich pecí na me‹ (Blindauer, 1993).

Publikovaná zdravotnícka/environmentálna literatúra sústavne dokazuje, ňe existuje silný vzájomný vzÙah medzi škodlivinami v ovzduší a celkovými zmenami dýchacích funkcií a chorôb. Dvaja najpresnejší predpovedatelia dýchacej chorobnosti sú PM a SO_2. Koncentrácie tuhých ...astíc, bu‹ ako TSP alebo PM_{10} sú hlavnými predpovedateµmi dýchacích chorôb. ZvlášÙ významný je vzÙah medzi jednotkovou koncentráciou TSP alebo SO_2 a pµúcnymi funkciami. Vä...šina štúdií skonštatovala, ňe koncentrácie pevných ...astíc sú najlepším predpovedateµom dýchacích efektov. Je zaujímavé, ňe analýza noriem SO_2 a PM_{10} ukazuje, ňe mnohé regula...né úrady povaňujú toxické efekty SO_2 a PM_{10} za ekvivalentné. Slovenské normy stanovujú rovnaké priemerné ro...né a denné koncentrácie SO_2 a PM_{10}. V amerických normách je badateµný rozdiel medzi SO_2, PM_{10}, najmä pre denné priemerné koncentrácie, t.j. 356 $\mu g.m^{-3}$ pre SO_2 v porovnaní so 150 $\mu g.m^{-3}$ pre PM_{10}.

Slovenský index zne...istenia ovzdušia (API) na‹alej posilÁuje predstavu toxickej ekvivalentnosti vzÙahu medzi SO_2, PM_{10}, a NO_x . Slovenský ro...ný API sa vypo...íta s...ítaním ro...ných priemerných koncentrácií SO_2. NO_x,

a PM_{10} a vydelením tohto sú..tu ro...nou priemernou koncentráciou zne...isÙujúcej látky tak, ako je to vyjadrené aritmetickým stredom priemerných 24-hodinových koncentrácií.

Tento vzÙah je moñné vyjadriÙ rovnicou:

$$APIy \;'\; \mathop{\mathbf{j}}_{i'1}^{3} \; [ann.\ ave.\ conc.\ /\ AQSy] \qquad \textbf{(4)}$$

Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) pouñitím tejto rovnice kategorizoval „stupne zne…istenia ovzdušia“ do tried v rozsahu od dobrý (menej ako 0,4) añ veµmi nezdravý (viac ako 2,0). Na základe nameraných údajov a pouñitím svojho systému API, SHMÚ na základe API=1,8 zatriedil ovzdušie v Hnúšti ako „stredné.“ Ro…ný priemerný API pre HnúšÙu sa zdôvodÁuje vysokými úrovÁami PM_{10}. Špecifické zloñky a ich relatívny percentuálny príspevok sú: 1) NO_3 - 16,5% (0,3); 2) SO_2 - 28% (0,5) a 3) PM_{10} - 55,5% (1,0). Podiel PM na API je trikrát vyšší neñ je podiel SO_2. Pretoñe jednotkové zmeny PM_{10} sú 3-4 krát významnejšie ako zmeny SO_2 (na základe porovnaní jednotkových koncentrácií), je jasné, ñe poza‹ové dýchacie choroby zaprí…inené zne…istením ovzdušia sú spôsobené hlavne ú…inkom úrovní PM_{10} nie koncentrácií SO_2. Poza‹ové koncentrácie SO_2, bez ohµadu na prisúdené zdroje, s najvä…šou pravdepodobnosÙou nie sú spojené s významným výskytom chorobnosti s výnimkou dvoch všeobecných situácií: 1) špi…kové polhodinové úrovne spôsobené inverznými podmienkami a 2) synergická interakcia medzi vysokými úrovÁami PM_{10} a koncentráciami SO_2. Areál Vápenky je hlavným regionálnym prispievateµom SO_2, má však relatívne nevýznamný dosah na úrovne TSP.

5.0 POPIS RIZIKA

Publikovaná zdravotnícka/environmentálna literatúra sústavne dokazuje, ňe existuje silný vzájomný vzÙah medzi škodlivinami v ovzduší a celkovými zmenami dýchacích funkcií a chorôb. Dvaja najpresnejší predpovedatelia dýchacej chorobnosti sú PM a SO_2. Koncentrácie tuhých ...astíc, bu‹ ako TSP alebo PM_{10} sú hlavnými predpovedateµmi dýchacích chorôb. ZvlášÙ významný je vzÙah medzi jednotkovou koncentráciou TSP alebo SO_2 a pµúcnymi funkciami. Vä...šina štúdií skonštatovala, ňe koncentrácie pevných ...astíc sú najlepším predpovedateµom dýchacích efektov. Je zaujímavé, ňe analýza noriem SO_2 a PM_{10} ukazuje, ňe mnohé regula...né úrady povaňujú toxické efekty SO_2 a PM_{10} za ekvivalentné. Slovenské normy stanovujú rovnaké priemerné ro...né a denné koncentrácie SO_2 a PM_{10}. V amerických normách je badateµný rozdiel medzi SO_2, PM_{10}, najmä pre denné priemerné koncentrácie, t.j. 356 $\mu g.m^{-3}$ pre SO_2 v porovnaní so 150 $\mu g.m^{-3}$ pre PM_{10}.

Slovenský index zne...istenia ovzdušia (API) na ‹ alej posilÁuje predstavu toxickej ekvivalentnosti vzÙahu medzi SO_2, PM_{10}, a NO_x . Slovenský ro...ný API sa vypo...íta s...ítaním ro...ných priemerných koncentrácií SO_2. NO_x, a PM_{10} a vydelením tohto sú..tu ro...nou priemernou koncentráciou zne...isÙujúcej látky tak, ako je to vyjadrené aritmetickým stredom priemerných 24-hodinových koncentrácií.

Vápenka je v regióne Hnúšte bezpochyby hlavným prispievateµom SO_2. Okrem toho sú modelové úrovne konzistentné s tými koncentráciami, ktoré môňu v µu‹ och vyvolaÙ akútne i chronické ú...inky. Z tohto dôvodu by mal navrhovaný prechod z koksu na zemný plyn kladne ovplyvniÙ ňivotné prostredie ako v regionálnej kvalite ovzdušia, tak aj pre miestnych obyvateµov.

6.0 BIBLIOGRAFIA

Blindauer, Kim M., Erickson, Lea, a kol. Age and Smoking-adjusted Lung Cancer Incidence in a Utah County with a Steel Mill. [Vek a faj...enie-prispôsobený výskyt rakoviny pµúc v jednom okrese s oceliarÁami v štáte Utah]. *Archives of Environmental Health*; 48(3):184-190.

California Air Resource Board (CARB), 1987, *User's Guide to the California Air Resource Board Air Quality Modeling Section Gaussian Models for IBM PC and Compatible Microcomputers: PTFUM and PTPLU (Version 2.0). [Sprievodca pouñívateµa: Kalifornská rada pre zdroje ovzdušia, oddelenie modelovania kvality vzduchu, Gaussove modely pre IBM PC a kompatibilné mikropo...íta...e: PTFUM a PTPLU (Verzia 2.0)]*. Air Quality Modeling Section, [Oddelenie modelovania kvality ovzdušia], Technical Support Division [Divízia technickej pomoci].

Euler, Gary, Abbey, David a kol. Chronic Obstructive Pulmonary Disease Symptom Effects of Long-Term Cumulative Exposure to Ambient Levels of Total Suspended Particulates and Sulfur Dioxide in California Seventh-Day Adventist Residents. [Symptomatické ú...inky chronickej obštruk...nej pµúcnej choroby dlhodobej kumulatívnej expozície imisným úrovniam celkových rozptýlených ...astíc a oxidu síri...itého u obyvateµov Adventistu 7. dÁa v Kalifornii]. *Archives of Environmental Health* 1987; 42(4):213-222.

Forastiere, Francesco, Corbo, Giuseppe M. a kol. Bronchial Responsiveness in Children Living in Areas with Different Air Pollution Levels. [Priedušková reakcia u detí, ñijúcich v oblastiach s odlišnými úrovÁami zne...istenia ovzdušia]. *Archives of Environmental Health* 1994; 49(2):111-118.

Hanna, S.R., Briggs, G.A., and Hosker, R.P. Jr., 1982, *Handbook on Atmospheric Diffusion. [Príru...ka atmosferickej difúzie]*. Prepared for the Office of Health and Environmental Research, U.S. Department of Energy. DOE/TIC-11223 (DE82002045). [Vypracoval úrad pre zdravotnícky a environmentálny výskum, Ministerstvo energetiky USA].

He, Qing-Ci, Lioy, P.J. a kol. Effects of Air Pollution on Children's Pulmonary Function in Urban and Suburban Areas of Wuhan, People's Republic of China. [Ú...inky zne...isteného ovzdušia na prieduškové funkcie detí, ñijúce v mestských a prímestských oblastiach Wuhanu v „ínskej µudovej republike]. *Archives of Environmental Health* 1993; 48(6):382-391.

LaGrega, M.D., Buckingham, P.L., a J.C. Evans, 1994, *Hazardous Waste Management*. *[Riadenie škodlivého odpadu]*. McGraw-Hill, Inc.

Saldiva, Paulo H.N., Pope III, C. Arden a kol. Air Pollution and Mortality in Elderly People: A Time-Series Study in Sao Paulo, Brazil. [Zne...istenia ovzdušia a úmrtnosÙ starších µudí: ...asové štúdie v Sao Paulo, Brazília]. *Archives of Environmental Health* 1995; 50(2):159-163.

Turner, D.B., 1970, *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*. *[Príru...ka pre výpo...ty atmosferickej disperzie]*. Prepared for the Air Resources Field Research Office, U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Cincinnati, OH. PB-191 482. [Vypracované pre oblastný výskumný úrad zdrojov ovzdušia, Ministerstvo zdravotníctva, školstva a sociálneho zabezpe...enia. Cincinnati, Ohio].

United States Environmental Protection Agency (EPA), 1995, *Compilation of Air Pollutants Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources (fifth edition)*. *[Kompilácia emisných faktorov látok zne...isÙujúcich ovzdušie, I. diel: stacionárne bodové a plošné zdroje (piate vydanie)]*. Office of Air Quality Planning and Standards, [Úrad pre plánovanie a tvorbu noriem kvality ovzdušia,] Research Triangle Park, NC. AP-42.

United States Environmental Protection Agency (EPA), 1992, *User's Guide for the Fugitive Dust Model (FDM) (revised), Volume I: User's Instructions*. *[Príru...ka uñívateµa pre model fugitívneho prachu (FDM) (prepracované vydanie), I. diel: pokyny pre uñívateµa]*. Prepared by Kirk Winges. EPA-910/9-88-202R.

Xiping Xu, Dockery, Douglas a kol. Effects of Air Pollution on Adult Pulmonary Function. [Ú...inky zne...istenia ovzdušia na pµúcne funkcie dospelých]. *Archives of Environmental Health* 1991; 46(4):198-206.