

Spremljanje prašne usedline v okolici Luke Koper

G. Jereb^{1,5}, B. Poljšak¹, B. Marzi², F. Cepak², M. Bizjak^{1,3} in S. A. Katz^{4,5}

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana, Slovenija

² Luka Koper d.d., Koper, Slovenija

³ Agencija RS za okolje, Ljubljana, Slovenija

⁴ Univerza Rutgers, Oddelek za kemijo, Camden, NJ 08102-1411, ZDA

⁵ Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju, Nova Gorica, Slovenija

IZVLEČEK

Onesnaženost zraka s prašnimi delci je resen okoljski in zdravstveni problem. Prebivalci Ankarana in okolice že vrsto let opozarjajo na problem emisij prašnih delcev s terminala za razsute tovore (EET) v Luki Koper. Predstavljena študija se je izvajala z namenom ugotavljanja razsežnosti problema in definiranjem doprinosa Luke Koper k celotni masi prašne usedline na opazovanem območju. Izbranih je bilo 10 vzorčevalnih mest, od tega 8 v okolici Luke Koper, dve mesti pa sta služili kot kontrolni mesti za določitev vpliva ozadja. Zbrane mesečne vrednosti prašne usedline so bile nizke in niso presegle priporočenih vrednosti, enako velja za letno vrednost. Prav tako v letnem vzorcu na nobenem od 10 mest niso bile presežene priporočene vrednosti za izbrane težke kovine (Pb, Cd in Zn). Med analiziranimi kovinami izstopata po količini železo in aluminij. Možen vir obeh kovin je naravni doprinos zaradi visoke vsebnosti obeh kovin v okoliški zemlji, prav tako obe vrednosti lahko povežemo tudi z dejavnostjo znotraj Luke Koper (deponija železa in pretovor glinice).

IZHODIŠČA

Izvor prašnih delcev v zraku je raznolik, delci so lahko naravnega ali antropogenega izvora, viri delcev so lahko točkovni, linearni ali razpršeni oziroma površinski. Zaradi različne koncentracije, kemijske sestave in velikosti imajo delci negativen vpliv na zdravje ljudi in okolje. Drobnih delcev imajo sposobnost prodiranja globoko v respiratorni sistem vse do alveol, večji delci pa v večini primerov predstavljajo motnjo zaradi njihovega posedanja na zemljo in rastline. Prašna usedlina je pogosto kompleksna mešanica delcev različnega izvora in posledično različne velikosti in kemijske sestave.

V zadnjih letih je večina raziskovalnega navora na področju atmosferskih aerosolov usmerjena na področje finih delcev in njihovem vplivu na zdravje ljudi. Kljub temu je potrebno poudariti, da emisije večjih delcev (z aerodinamskim premerom delca večjim od 10 μm) iz različnih antropogenih virov, kot so skladišča različnih rud, odprti kopi ali kamnolomi, predstavljajo motnjo in so za okoliške prebivalce in okolje sila nadležne.

Različne epidemiološke študije (1, 2, 3, 4, 5, 6) potrjujejo povezavo med povečanimi koncentracijami prašnih delcev v zraku in povišano incidenco respiratornih in kardiovaskularnih obolenj.

Prebivalci Ankarana in okolice se že vrsto let pritožujejo zaradi prahu, ki ga zaznavajo v svojem bivalnem okolju in ga povezujejo z dejavnostjo na deponiji premoga in železove rude na EET Luke Koper.

Delci v zraku in njihov vpliv na zdravje

Onesnaženost zraka ima tako akutne kot kronične posledice na človekovo zdravje. Vplivi na zdravje so lahko blažji, kot npr. blago draženje oči in sluznic zgornjega dihalnega sistema vse do kompleksnejših in resnih, kot so kronične respiratorne bolezni, bolezni srca in ožilja, rak pljuč in smrt. Prašni delci v zraku tako predstavljajo resen problem tako z vidika zdravja kot okolja. Delci v zraku lahko vplivajo na zdravje zgolj zaradi svoje prisotnosti, lahko pa zaradi specifične kemične sestave ali morfoloških značilnosti delcev še dodatno kvarno delujejo na zdravje. V večini primerov so najbolj prizadet organ pljuča in ostali deli dihalnega sistema. Posamezna zračna onesnaževala, posebno fini drobn delci, lahko prehajajo alveolarno bariero v pljučih in s krvjo potujejo po telesu ter vplivajo tudi na druge organe. Človek pride v stik z zračnimi onesnaževali predvsem preko dihanja, delno tudi preko požiranja, medtem ko dermalna pot navadno predstavlja le majhno možnost vnosa v organizem. Onesnaženost zraka dodatno vpliva tudi na onesnaževanje hrane in vode, pri čemer oralna pot predstavlja dodatno možnost teh polutantov v organizem.

Prisotnost delcev v zraku povezujejo z astmo, kroničnim bronhitisom in redukcijo pljučne funkcije (7,8). Mnoge epidemiološke študije (1, 2, 3) povezujejo povečane koncentracije delcev v zraku s povečanim pojavom bolezni respiratornega trakta in srčnožilnimi obolenji, ne glede na kemično strukturo teh delcev. Dominici s sodelavci (4) ugotavlja povezavo med pojavnostjo finih prašnih delcev v zraku in povečanim številom hospitaliziranih pacientov zaradi kardiovaskularnih in respiratornih težav. Izpostavljenost finim delcem ima direkten vpliv na mortaliteto in morbiditeto (1, 2, 5, 6) in zato direkten vpliv na pričakovano življensko dobo (9). Poleg finih delcev pa imajo na zdravje velik vpliv tudi večji, grobi delci. V vzorcih prašnih delcev v zraku po zrušitvi dvojčkov WTC v New Yorku (10) so zaznali kompleksno mešanico večjih (ang. coarse) delcev in vlaken, sestavljeno iz relativno velikih delcev (več kot 90 % mase delcev je predstavljalo delce, večje kot 10 μm). Ob inhalaciji delcev z aerodinamskim premerom, večjim od 2.0 μm , se jih večina odloži v zgornjih dihalnih poteh, kjer lahko povzročajo močno draženje. Med gasilci, ki so sodelovali v reševanju ob zrušitvi dvojčka Svetovnega trgovinskega centra, so zaznali povečano pojavnost obolenj zgornjega dihalnega sistema (zamašen nos, draženje v žrelu, kašelj in gastro ezofagealni refluks) (11).

Najobčutljivejša skupina za prašne delce v zraku so otroci, saj pri njih zaradi fizioloških značilnosti delci prodrejo globlje v pljuča kot pri odraslih, poleg tega otroci prebijejo več časa zunaj, kjer so bolj aktivni, pri čemer dihamo hitreje in globlje (12). Onesnažen zrak pri otrocih lahko zavre razvoj pljučne funkcije pri otrocih (13, 14). Prav tako občutljiva populacija so starejši, še posebno tisti z oslabeлим respiratornim ali kardiovaskularnim sistemom (7). Med rizične skupine uvrščamo tudi bolnike s kroničnim pljučnim emfizemom, astmo ali kardiovaskularnimi obolenji (7).

Kljub vsemu naštetemu na podlagi epidemioloških študij ne moremo podati mejnih vrednosti za koncentracijo delcev v zraku, ki na zdravje ne bi imela vpliva. Zaradi širokega razpona občutljivosti, ki ga zaznamo med populacijo, so posamezniki lahko ogroženi že pri najnižjih koncentracijah prašnih delcev v zraku (15).

Delci premoga spadajo po kategorizaciji mednarodne agencije za raziskave raka - IARC (16) v skupino 3, v katero se sicer uvrščajo snovi, za katere je premalo dokazov za uvrstitev med rakotvorne snovi, kar pomeni, da je na testnih organizmih narejeno premalo študij, da bi potrdili kancerogenost, le ta pa ni izključena. Premog in premogovi prašni delci so zaradi svojih lastnosti in sestave sposobni vezave različnih polutantov iz okolja (7). Ko taki premogovi delci zaidejo v pljuča, lahko reagirajo s pljučnimi celicami, jih pri tem dražijo in oddajajo v okolico nase vezane polutante (7) in s tem posredno povzročajo škodo. Premogov prah lahko še dodatno povzroča alergične reakcije v zgornjih dihalnih poteh in pljučih (17, 18). Prav zato je toksičnost tovrstnih delcev odvisna predvsem od velikosti delcev in prisotnosti drugih onesnaževal v zraku. Poleg tega Huang in sod. (19), Dalal in sod. (20) in Smith in sod. (21) ugotavljajo, da je prisotnost železa v premogovih delcih razlog za tvorbo reaktivnih kisikovih zvrsti (ROS), ti prosti radikali pa so odgovorni za poškodbe celic in celične dednine.

Kronična dolgotrajna izpostavljenost visokim koncentracijam železovih oksidov ali železovemu prahu lahko povzroči depozicijo železa v tkivih in posledično razvoj pneumokonioze, poznane kot sideroza. Omenjene motnje povzroča izpostavljenost prahu hematita ali železovega oksida kot posledica varjenja, topljenja rude ali rudarjenja (22). Železova ruda v skladišču EET je večinoma v obliki hematita, mineralne oblike železovega (III) oksida (Fe_2O_3) (23).

Rezultati analiz študije ZZV Celje (24) o zdravstvenem stanju prebivalcev Mestne občine Koper kažejo na zaskrbljujoč porast kroničnih bolezni dihal in alergičnimi obolenji med otroci, prav tako je opazno povečano število obolelih za rakom na pljučih med ženskami, ki je 1,6 krat večje od slovenskega povprečja, kar se povezuje z obremenjenostjo zraka na obravnavanem območju.

Pogled okoliških prebivalcev na obravnavano problematiko

Na obravnavanem področju (Koprski zaliv) se nahaja več različnih točkovnih in linearnih virov zračnih onesnaževalcev. Tu so velika skladišča naftnih derivatov (npr. vir benzena in toluena), kemična industrija (s svojimi emisijami formaldehida in acetaldehida), sežigalnica odpadkov in železarna v bližnjem Trstu (npr. dioksini, furani), regija je močno obremenjena s prometom (potniški in tovorni). Dobršen del onesnaženega zraka prispe z daljinskim transportom iz severne Italije (25, 26, 27). Izvor prašnih delcev na obravnavanem področju Ankarana in okolice je tako zelo raznolik, od izgorevanja fosilnih goriv, različne industrije, kmetijstva, pa tudi dejavnosti v Luki Koper, med drugim skladiščenje razsutih tovorov in manipulacija z njimi na terminalu EET. Poleg antropogenih virov ne gre zanemariti niti naravnih virov, kot so cvetni prah, prašenje zemlje, morski aerosol s soljo, deli insektov in rastlin, ki prav tako prispevajo k celokupni prašni usedlini.

Prebivalci Ankarana (oddaljeni okoli 1800 m od deponije premoga in železove rude na terminalu EET v Luki Koper) in naselja Rožnik (najbližji stanovalci so od deponije oddaljeni manj kot 1000 m) že vrsto let opozarjajo na problem zaprašnosti njihovega bivalnega okolja z emisijami prašnih delcev s terminala za razsute tovore v Luki Koper. Prašno usedlino vidno zaznavajo na svojih vrtovih, na zelenjavi in sadju, na fasadah in ostalih bivalnih površinah. Omenjene težave so eden od razlogov za izvedbo pričujoče študije, s katero smo želeli opredeliti vpliv Luke Koper omenjene dejavnosti na prašenje v okolici.

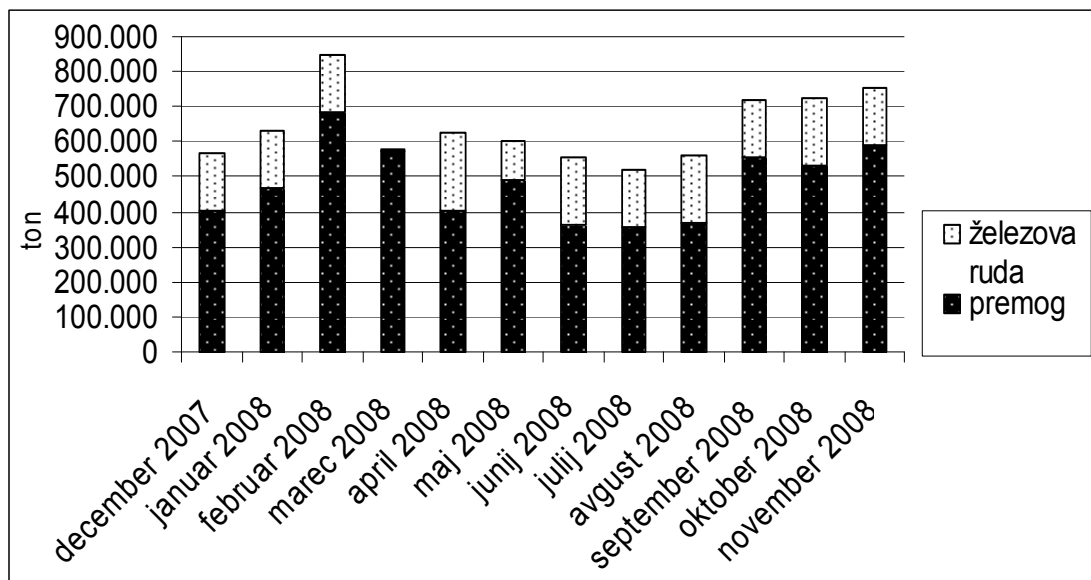
Rezultati meritev onesnaženosti zraka v Ankaranu (28) izvedeni s strani Agencije RS za okolje kažejo, da je bila 24 urna imisijska vrednost za delce PM₁₀ v več primerih presežena. Povišane koncentracije so bile zaznane posebno ob vetru iz smeri zahod-severozahod (maestral). Glede na lokacijo mobilne merilne postaje se kaže direkten vpliv dejavnosti znotraj Luke Koper na omenjene povišane koncentracije delcev. Ista študija je izpostavila tudi visoko povezavo med delci PM₁₀ in prisotnostjo železa, korelacijski faktor je bil 0,91.

Luka Koper in njene aktivnosti

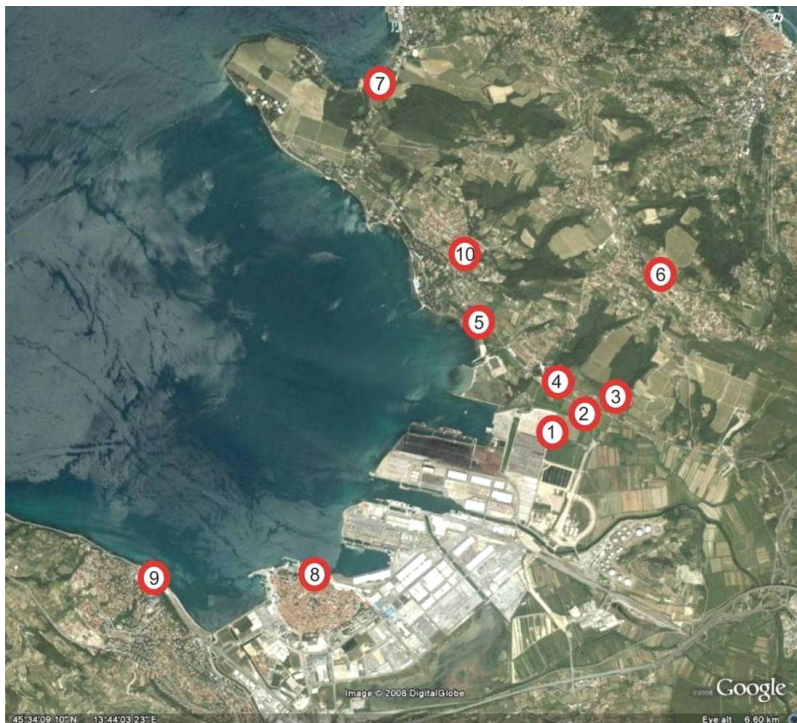
Osnovna dejavnost Luke Koper je manipulacija z različnim tovorom in njegovo skladiščenje. Na terminalu za razsute tovore (tako imenovani Evropski Energetski Terminal - EET) pretovarjajo in skladiščijo ogromne količine premoga in železove rude. Skladiščne kapacitete znašajo 500.000 t za premog in 300.000 ton za železovo rudo. Celotna površina deponije za rudo obsega 108.500 m².

Eden od virov prašenja v okolico je zagotovo dejavnost na omenjenem terminalu. Prašenje se pojavlja ob vseh oblikah manipulacije z rudo (raztovarjanje ladij, natovarjanje na ladje ali železniške vagona), kot tudi zaradi samega skladiščenja rude, posebno ob pojavu močnega vetra. Deponijsko telo je namreč odprto in posledično izpostavljeno vremenskim vplivom. Prav zato je Luka Koper že uvedla različne ukrepe, s katerimi želi preprečiti ali vsaj zmanjšati prašenje v okolico. Celotno deponijsko telo je tako obdano z 11 m visoko protiprašno steno, telo deponije ob suhih pogojih škropijo z vodo, prav tako redno mokro čistijo vse manipulacijske poti v okolici terminala. Kljub temu omenjeni ukrepi ne preprečijo prašenja v celoti, posebno ob nenadnem pojavu izredno močnih vetrov.

Količine pretovora razsutih tovorov (premoga in železove rude) na terminalu EET v obdobju od 1. decembra 2007 do 30. novembra 2008 so prikazane na Sliki 1.



Slika 1: Količine pretovora premoga in železove rude na terminalu EET - 2007/08
(Vir: Služba varovanja okolja in zdravja pri delu Luke Koper)



Slika 2: Prikaz lokacije vseh merilnih mest. (Vir geografske podlage: Google Earth www.earth.google.com)

METODE

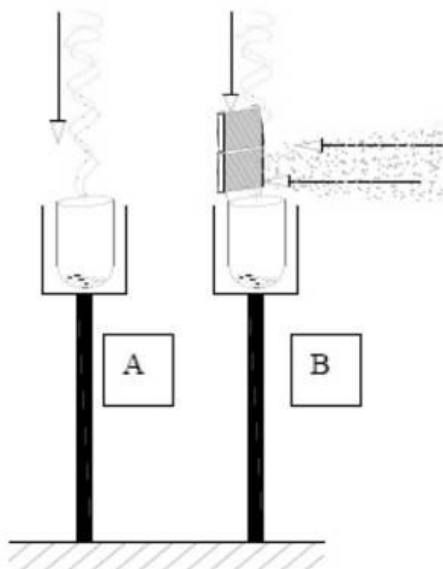
Na podlagi rezultatov predhodne študije (29) je bila zasnovana študija, s katero smo v obdobju od 1. decembra 2007 do 30. novembra 2008 spremljali prašno usedlino v okolici Luke Koper. Vzorčenje se je izvajalo dvakrat mesečno, prav tako gravimetrična analiza na 1. in 15. dan vsakega meseca za obdobje enega leta. Na letnem vzorcu je bila določena vsebnost kovin v posameznem vzorcu.

Opis merilnih mest in njihova umestitev v prostor

Merilna mesta, katerih namen je bil ugotavljanje vpliva na zdravje ljudi, so bila umeščena neposredno v bivalno okolje. Pri izbiri vzorčevalnega mesta smo upoštevali pričakovane vplive emisij iz neposredne okolice. Vzorčevalna posoda je bila nameščena na višini 1,5 do 2 m nad tlemi (višina dihanja odrasle osebe), s tem se tudi zmanjša lokalni vpliv same okolice. Na širšem področju mestne občine Koper smo izbrali 10 merilnih mest (Slika 2). Osem merilnih mest je postavljenih v okolico Luke Koper v prevladujoči smeri vetrov oziroma v smeri proti naseljenemu področju, dve merilni mesti (6 in 7) sta nam služili kot kontrola ozadja (merilno mesto 6 je locirano v naselju Hrvatini, kjer zaradi oddaljenosti in nadmorske višine pričakujemo zanemarljiv vpliv terminala za razsute tovore Luke Koper, merilno mesto 7 pa je locirano na Debelem Rtiču). Merilna mesta 1, 2, 3 so bila postavljena v linearni smeri pihanja prevladujočega vetra (SV - JZ). S tako zbranimi podatki smo ugotavljali vpliv razdalje od deponije premoga in železove rude na količino useda prašnih delcev.

Vzorčenje prašnih usedlin

Zbiranje prašnih usedlin in gravimetrično določanje količine prašnih usedlin je potekalo z uporabo standardnih sedimentatorjev po Bergerhoffu v skladu z nemškim tehničnim predpisom VDI 2119 - 2 del - Measurement of Particulate Precipitations Determination of



Slika 3: Izgled merilnega mesta A in B

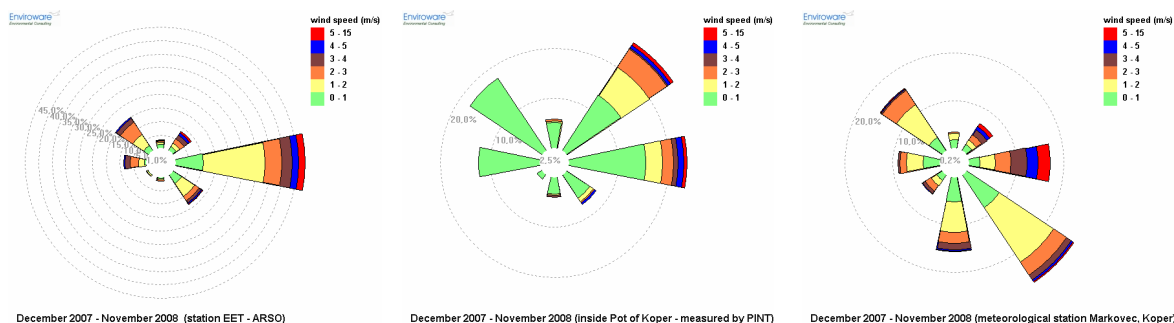
dust precipitation with collecting pots made of glass (30). Vzorčenje po omenjeni metodi so povzeli tudi v predlogu smernice Zveze društev za čistočo zraka Jugoslavije št. 201 - Smjernica SDČVJ 201 (31). Omenjena metoda se uporablja kot standardna metoda za določevanje prašne usedline v Sloveniji. Po gravimetrični analizi vzorca se količina prašne usedline preračuna na enoto površine in predstavi kot mg/m^2 dan.

Sama metoda zbiranja prašne usedline ima nekaj pomanjkljivosti, saj ne vključuje dodatnega doprinosa zaradi vetra. V primeru pihanja vetra delce zanese mimo postavljenega usedalnika. Poleg standardne predpisane metode smo zato prašno usedlino zbirali tudi s prirejeno merilno postajo. Standardna merilna postaja zajame predvsem vertikalni used, medtem ko smo s prirejeno merilno postajo zajeli tako vertikalni used kot tudi horizontalni doprinos delcev zaradi vetra. Na samo merilno postajo (merilno mesto B) smo zato namestili vertikalno pregrado izmere 20 x 30 cm (Slika 3), ki smo jo usmerili v smer proti deponiji EET. Poleg tega smo v lovilne posode dodali demineralizirano vodo z namenom zadrževanja že ujete prašne usedline.

Meteorološki podatki

Smer in hitrost vetra, vlažnost (padavine) in temperatura so dejavniki, ki prav tako lahko vplivajo na količino prašne usedline. Meteorološki podatki so bili pridobljeni s strani Agencije RS za okolje (ARSO) in Luke Koper (meritve je izvedel Primorski inštitut za naravoslovne in tehnične vede - PINT).

Podatki o smeri in jakosti vetra so bili pridobljeni z meteorološke postaje locirane znotraj Luke Koper (točneje na strehi poslovne stavbe terminala EET) in z meteorološke postaje Koper (na hribu Markovec v okolici Kopra), s katere so tudi podatki o temperaturi in količini padavin. Obe postaji upravlja ARSO. Služba varovanja okolja in zdravja pri delu Luke Koper pa nam je posredovala še dodatne meritve smeri in jakosti vetra, merjene na področju Luke Koper s strani inštituta PINT. Žal zadnji podatki vsebujejo precej praznih vnosov, podani pa so le kot dnevne povprečne vrednosti. Kljub vsemu ugotavljamo, da se pojavljajo precejšnje razlike med posameznimi izmerjenimi vrednostmi meritev smeri in jakosti vetra (Slika 4 a, b in c).



Slika 4 a, b in c: Rože vetrov za obdobje december 2007 - november 2008 (Merilno mesto EET - ARSO; znotraj Luke Koper - PINT; Meteorološka postaja Markovec, Koper - ARSO)

Gravimetrična analiza

Pred pričetkom analize se iz vzorca odstranijo morebitno prisotni deli rastlin, insekti ali deli insektov in podobno. Vzorec se filtrira preko predhodno osušenega (105 ± 5 °C) membranskega filtra (Sartorius 11302-47-N) velikosti por $3 \mu\text{m}$ s pomočjo vakuumske črpalke. Iz vzorčevalne posode se vsebina spere z demineralizirano vodo. Volumen filtrata se izmeri. V predhodno posušeno (105 ± 5 °C), ohlajeno in stehtano izparilnico se nato odpipetira 250 ml filtrata. Vzorec se izpareva do suhega pri temperaturi 80 ± 5 °C. Nato se izparilnica ponovno suši 1 uro pri temperaturi 105 ± 5 °C. Po končanem sušenju se izparilnica ponovno stehta. Tako se preračuna vsebnost prašnih usedlin velikosti $< 3 \mu\text{m}$. Filter papir s prašnimi usedlinami $> 3 \mu\text{m}$ se po filtriranju posuši (105 ± 5 °C 1 uro), ohladi in stehta.

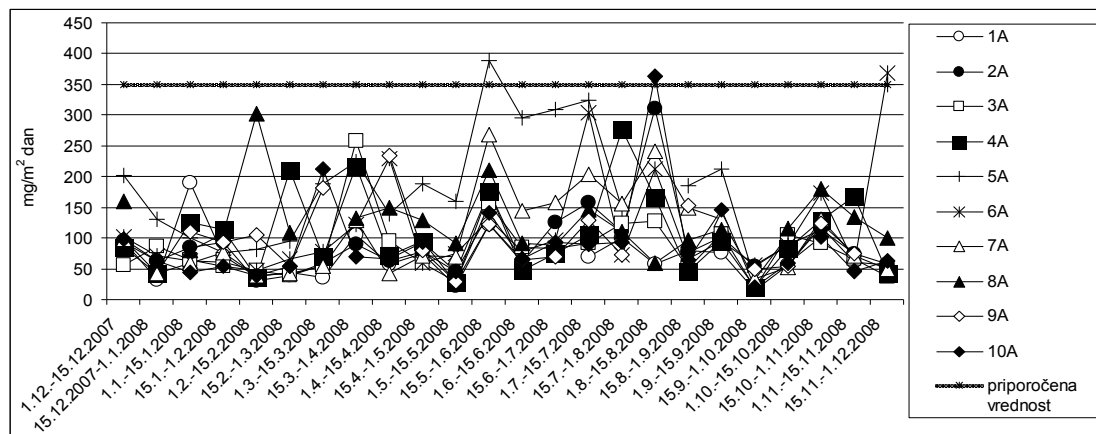
Celokupna vsebnost prašnih usedlin je seštevek obeh dobljenih vrednosti, masa prašnih delcev velikosti pod in nad $3 \mu\text{m}$. Omenjeno vrednost se nato preračuna in poda kot mg/m^2 dan po enačbah 1 in 2.

$$\text{Enačba 1: } m = \frac{(m_1 + m_2) \cdot f}{A \cdot t}$$

pri čemer je: m - masa prašne usedline (mg/m^2 dan)
 m_1 - masa usedline na filtru - delci večji od $3 \mu\text{m}$ (mg)
 m_2 - masa delcev v filtratu - delci manjši od $3 \mu\text{m}$ (mg)
 f - $10.000 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ (preračun v m^2)
 A - površina odprtine lovilne posode (cm^2)
 t - čas vzorčenja (dnevi)

$$\text{Enačba 2: } m_2 = m_3 \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

pri čemer je: m_2 - masa delcev v filtratu - delci manjši od $3 \mu\text{m}$ (mg)
 m_3 - masa delcev v izparilnici - delci manjši od $3 \mu\text{m}$ (mg)
 V_1 - skupni volumen vzorca po filtriranju (mL)
 V_2 - izparjeni volumen vzorca po filtriranju (mL)



Slika 5: Količina prašne usedline – merilna mesta A

Določanje kovin v prašnih usedlinah

Za analizo smo združili polovice posameznega filtra, celoten letni vzorec je torej predstavljalo 24 polovic filtrov s posameznega 14 dnevnega obdobja zbiranja prašne usedline. Meritve vsebnosti kovin v vzorcu prašne usedline so izvedli v laboratoriju za sanitarno kemijo ZZV Celje. Vzorec so pripravili z mikrovalovnim razklopom z dodatkom 10 mL HNO₃ do končnega volumna 500 mL. Meritev je bila izvedena z ICP-MS, rezultati pa podani v µg posamezne kovine na vzorec, in sicer:

- Izmerjene vrednosti so preračunane in podane kot µg posamezne kovine na vzorec.
- Letni vzorec za posamezno merilno mesto predstavlja seštevek 24 vzorcev, pobranih 2 krat mesečno v celem letu.
- Za analizo kovin smo uporabili polovico filtra, ostali del smo uporabili za preostale analize.
- Zaradi različnih vzrokov (vandalizem, mehansko uničenje vzorca, organsko onesnaženje) smo nekaj vzorcev s posameznih merilnih mest tekom celega leta izločili iz nadaljnjega analize.
- Preračun kovin v vzorcu je bil izveden po enačbi 3.

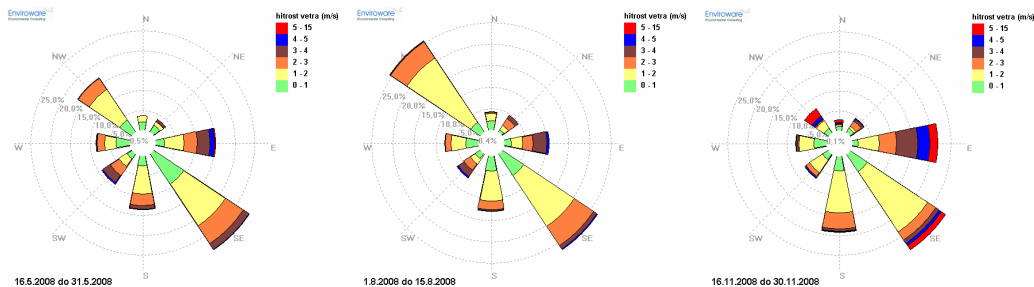
Enačba 3:
$$m_k = \frac{m_{kv} \cdot 2}{\pi \cdot r^2 \cdot t}$$

- pri čemer je:
- m_k - masa kovine v letnem vzorcu (µg/m² dan)
 - m_{kv} - masa kovine v vzorcu (µg)
 - 2 - faktor 2 (zaradi uporabljene polovice vzorca)
 - π - 3,14 (Pi)
 - r - polmer odprtine lovilne posode
 - t - čas v dnevih (365 minus število izločenih)

REZULTATI

Onesnaženost s prašnimi usedlinami (interval merjenja 2 krat mesečno)

Vzorci smo zbirali dvakrat mesečno vsakega 1. in 15. v mesecu in jih gravimetrično analizirali. Vrednosti prašne usedline, podane v mg/m² dan, so prikazane na Sliki 5 za vsa



Slika 6 a, b in c: Roža vetrov za obdobje od 16.5. do 31.5., od 1.8. do 15.8. in od 16.11. do 30.11.2008

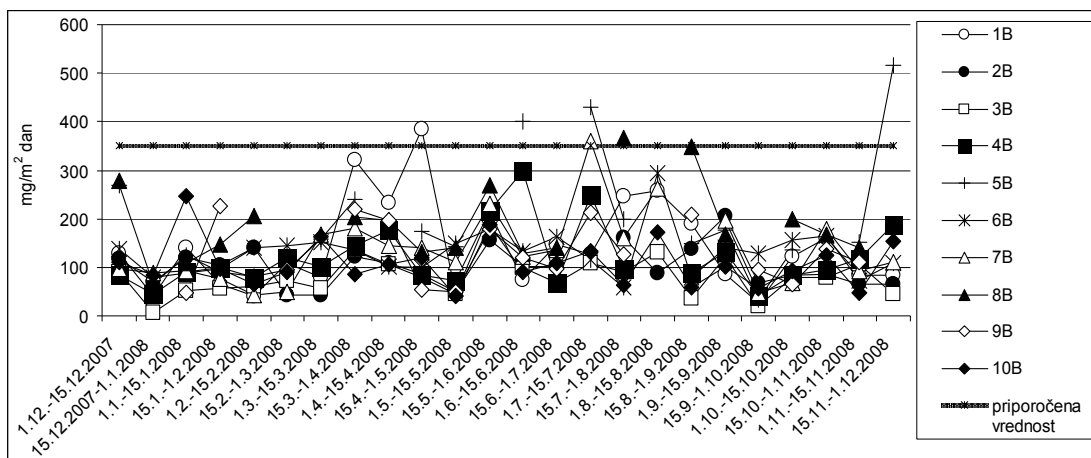
merilna mesta z uporabo standardizirane metode zbiranja prašnih usedlin (vzorci označeni s črko A) in modificirano metodo zbiranja (Slika 7) (vzorci označeni s črko B).

V vseh treh primerih, ko je količina prašne usedline prekoračila priporočene vrednosti, je veter pihal s povečano intenziteto tudi v smeri sever in severovzhod - preko deponije EET v smer merilnih mest 5 in 10 (rože vetrov za omenjeno obdobje so prikazane na Sliki 6 a, b in c). Kljub temu je potrebno izpostaviti, da je bila količina mesečne prašne usedline razmeroma nizka in nikoli ni presegla priporočenih vrednosti (Slika 8).

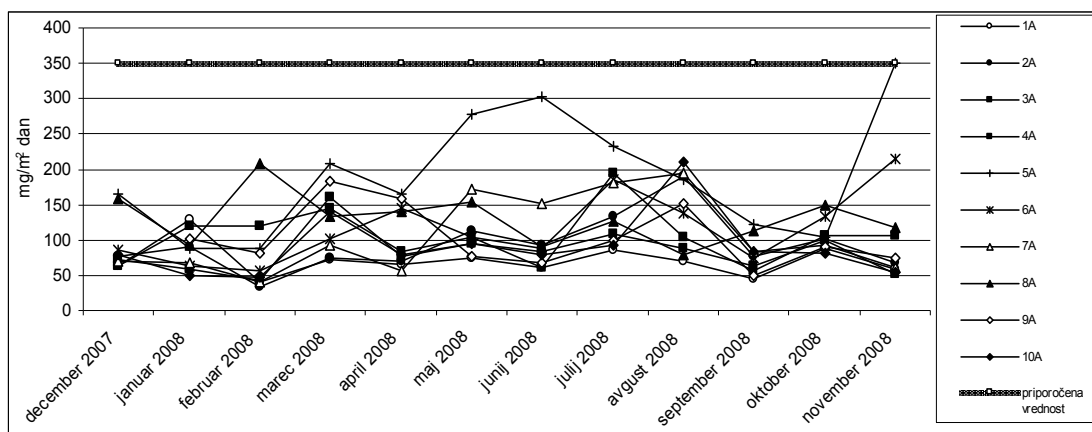
Pri analizi koncentracij prašne usedline na merilnih mestih B, kjer smo poleg vertikalnega useda spremljali tudi horizontalni doprinos prašnih delcev (predvsem z vetrom) ugotavljamo, da se imisijske koncentracije prašnih usedlin gibljejo predvsem v območju 80 do 250 mg/m² dan in le redko dosežejo ali presežejo vrednosti nad 300 mg/m² dan (Slika 7).

Onesnaženost s prašnimi usedlinami - preračunane mesečne vrednosti

Rezultati prašne usedline so preračunani na mesečne vrednosti štirinajstdnevni intervalov merjenja. Preračunane vrednosti mase prašne usedline na merilnih mestih A (standardizirana metoda) niso v opazovanem obdobju od decembra 2007 do novembra 2009 nikoli presegle priporočene vrednosti 350 mg/m² dan (Slika 8).



Slika 7: Količina prašne usedline – merilna mesta B



Slika 8: Količina prašne usedline - merilna mesta A - mesečne vrednosti

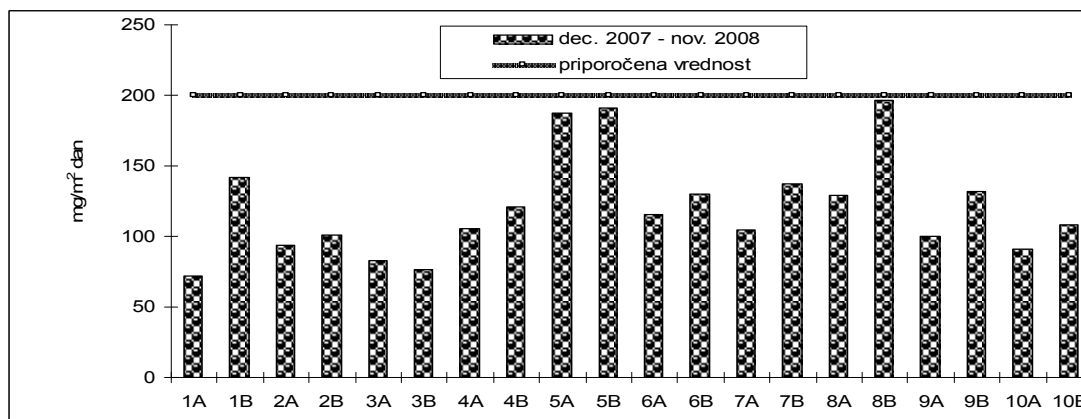
Na podlagi rezultatov mesečne količine prašne usedline lahko ugotovimo, da na opazovanem področju obstaja sezonska fluktuacija prašne usedline, višje vrednosti zaznamo v poletnih mesecih, nižje v zimskih.

Onesnaženost s prašnimi usedlinami - preračunane letne vrednosti

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v zraku (32), v celoti razveljavljena v letu 2007 (33), je predpisovala letno mejno vrednost $200 \text{ mg/m}^2 \text{ dan}$. Te vrednosti v opazovanem obdobju niso bile presežene na nobenem od merilnih mest (Slika 9). Visoke vrednosti so bile zaznane na merilnem mestu 5A in 5B (verjetno zaradi organskega onesnaženja vzorcev - razpadlo listje rastlin) in na mestu 8B (verjetno zaradi vpliva severnega vetra burje).

Analiza kovin v vzorcih prašne usedline (letni vzorec)

V prašni usedlini smo določili vsebnost posameznih toksičnih kovin. Razveljavljena Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v zraku (32) je opredelila le mejne vrednosti za vsebnost svinca, kadmija in cinka v prašni usedlini. Mejne vrednosti z omenjene uredbe ostajajo kot priporočene vrednosti. V zbranih vzorcih nobena od omenjenih treh kovin ni dosegala priporočene maksimalne vrednosti.



Slika 9: Količina prašne usedline - merilna mesta A in B - preračunane letne vrednosti

RAZPRAVA

Na podlagi razveljavljene Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v zraku (32) se še vedno uporabljajo priporočene vrednosti za količino prašne usedline ($350 \text{ mg/m}^2 \text{ dan}$). V celotnem obdobju meritev (december 2007 do november 2009) je od 240 vzorcev (merilna mesta A) prašna usedlina le v 4 primerih presegla oziroma se približala priporočeni vrednosti, in sicer v obdobju od 15. 5. do 1. 6. na merilnem mestu 5A, v obdobju od 1. 8. do 15. 8. na merilnem mestu 10A in v obdobju od 15. 11. do 1. 12. na merilnem mestu 5A in 6A. V omenjenih časovnih intervalih je veter pihal s povečano intenziteto tudi v smeri sever in severovzhod - preko deponije EET v smer merilnih mest 5 in 10. Z namenom primerjave količine prašne usedline s štirinajstdnevnih meritev smo vrednosti preračunali na mesečno količino prašne usedline. Pomembno je poudariti, da količina mesečne prašne usedline v nobenem primeru (od skupno 120 vzorcev) ni presegla priporočenih vrednosti. Prav tako letne vrednosti na nobenem od merilnih mest niso prekoračile priporočene letne vrednosti $200 \text{ mg/m}^2 \text{ dan}$.

Z namenom ugotavljanja vpliva horizontalnega doprinosa k prašni usedlini smo metodo modificirali in merilniku dodali zaslon, orientiran v smer deponije EET. Rezultati kažejo, da je količina prašne usedline na merilnih mestih B večja kot na merilnih mestih A v večini primerov, kar potrjuje hipotezo, da standardna metoda vzorčenja podcenjuje pomen horizontalnega (veter) doprinosa prašnih delcev.

S primerjavo dveh različnih meritev vetra na različnih lokacijah se je potrdil pomen topografije terena na vpliv porazdelitve smeri in jakosti vetra. Razlaga rezultatov v povezavi z jakostjo in smerjo vetra zahteva dodatna prizadevanja (na podlagi pridobljenih podatkov iz vseh treh merilnih mestih). Na podlagi podatkov namreč lahko sklepamo, da se izmerjene vrednosti močno razlikujejo in so verjetno močno odvisne od značilnosti mikrolokacije in morfologije terena na posamezni lokaciji. V opazovanem obdobju je merilna postaja na poslovni stavbi EET zabeležila največjo hitrost vetra $10,8 \text{ m/s}$ ($38,9 \text{ km/h}$), merilna postaja Markovec je zabeležila višje maksimalne vrednosti ($12,4 \text{ m/s}$ ali $44,64 \text{ km/h}$), medtem ko je merilna postaja znotraj Luke Koper (ki jih upravlja PINT) izmerila najvišjo vrednost $7,3 \text{ m/s}$ ($26,3 \text{ km/h}$).

V združenem letnem vzorcu prašne usedline so bile dodatno analizirane izbrane kovine z namenom omogočiti oceno vpliva skladiščenja železove rude na deponiji EET na količino železa v prašni usedlini na različnih merilnih mestih in vpliv ostalih virov (npr. zemlje) na količino kovin.

Evropska direktiva 2004/107/EC evropskega parlamenta in sveta z dne 15. december 2004, ki obravnava arzen, kadmij, živo srebro, nikelj in policiklične aromatske ogljikovodike v zunanjem zraku (34) predvideva spremljanje količine omenjenih parametrov v prašnih delcih PM_{10} kot tudi v prašni usedlini. Eden od ciljev omenjene direktive je tudi zagotavljanje ustreznih informacij, dostopnih širši populaciji, o koncentraciji arzena, kadmija, živega srebra, niklja in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v zunanjem zraku, pa tudi o količini depozicije omenjenih kovin. Za analizo prašne usedline je bil sprejet poseben standard - Air Quality - Ambient Air - Determination of lead, nickel, arsenic and cadmium in atmospheric depositions; oSIST prEN 15841:2008 (35). Omenjeni standard navaja metodo za zbiranje prašne usedline. Kljub temu še vedno nimamo mejnih ali ciljnih vrednosti za kovine v prašni usedlini.

Na podlagi podatkov o vsebnosti kovin v prašni usedlini, ki so predstavljeni v tej študiji, ugotavljamo, da na nobenem od desetih merilnih mest (A in B) koncentracije kovin (Pb, Cd in Zn) niso prekoračile priporočenih vrednosti. Poleg svinca, kadmija in cinka so bili vzorci analizirani še na prisotnost Cr, As, Ni, Fe in Al. Zaznali smo relativno visoke vrednosti železa (med 250 in 2800 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan) in aluminija (med 140 in 750 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan), medtem ko so bile vrednosti preostalih kovin razmeroma nizke (do 10 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan za krom, do 7 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan za svinec, kadmij je bil v večini primerov pod mejo detekcije (<0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan), do 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan za arzen, do 6 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan za nikelj in do 81 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ dan za cink). Eden od razlogov za visoke vrednosti železa in aluminija je naravni prispevek z okoliške zemlje, seveda pa lahko visoke vrednosti železa povežemo tudi z vplivom skladiščenja železove rude na terminalu za razsute tovore EET v Luki Koper.

SKLEP

V opazovanem obdobju od 1.12.2007 do 1.12.2008 v okolici Luke Koper nismo zaznali povečanih količin prašne usedline. Razloge za nizke vrednosti gre verjetno iskati tudi v vremenskih razmerah (nizke jakosti vetra v opazovanih smereh). Poleg tega so v Luki Koper v zadnjem času sprejeli dodatne preventivne ukrepe za zmanjševanje zapašenosti okolice zaradi dejavnosti pretovora in deponiranja premoga in železove rude na EET. Omenjene ukrepe ocenjujemo kot učinkovit pristop k zmanjševanju oziroma omejevanju emisije prašnih delcev v okolico.

Kljub temu pa je potrebno tovrstne raziskave nadaljevati, saj lahko le na podlagi dolgoročnih meritev podamo temeljitejšo oceno o vplivu terminala EET na zapašenost v bližnjih naseljih. Z namenom izključiti vpliv letnega nihanja vremenskih pogojev priporočamo nadaljnje spremljanje prašne usedline na obravnavanem območju.

Na podlagi rezultatov epidemiološke študije, izvedene s strani Zavoda za zdravstveno varstvo Celje (24), bi bilo smiselno epidemiološko študijo nadgraditi in razširiti. Dodatno bi bilo smiselno pripraviti oceno tveganja, osredotočeno na pojavnost dihalnih obolenj na širšem področju Kopra.

ZAHVALA

Za finančno podporo študiji se zahvaljujemo Luki Koper d.d., za meteorološke podatke pa Agenciji RS za okolje.

LITERATURA

1. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van der Brandt PA (2002). Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360 (9341): 1203-9.
2. Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery DW (2002). Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet* 360 (9341): 1210-4.

3. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Andreson GL, Kaufman JD (2007). Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 356 (5): 447-58.
4. Dominici F, Peng RD, Bell ML, Pham L, McDermott A, Zeger SL, Samet JM (2006). Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 295 (10): 1127-34.
5. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursak I, Zeger SL (2000). Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987–1994. *N Engl J Med* 343 (24): 1742-9.
6. Pope III CA, Burnett RT, Thum MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 287 (9): 1132 – 41.
7. Vallero D (2008). Fundamentals of air pollution. 4th ed. Amsterdam (etc.): Elsevier, 64-65, 313-355, 359-396.
8. Likar K, Bauer M (2006). Izbrana poglavja iz higijene. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 71-50.
9. Kampa M, Castanas E (2008). Human health effects of air pollution. *Environ Pollut* 151(2): 362-7.
10. Liroy PJ, Weisel CP, Millette JR, Eisenreich S, Vallero D, Offenbergl J, Buckley B, Turpin B, Zhong M, Cohen MD, Prophete C, Yang I, Stiles R, Chee G, Johnson W, Porcja R, Alimokhtari S, Hale RC, Weschler C, Chen LC (2002). Characterization of the dust/smoke aerosol that settled east of the World Trade Center (WTC) in Lower Manhattan after the collapse of the WTC 11 September 2001. *Environ Health Perspect* 110 (7): 703-14.
11. Fireman EM, Lerman Y, Ganor E, Greif J, Fireman-Shoresh S, Liroy PJ, Banauch GI, Weiden M, Kelly KJ, Prezant DJ (2004). Induced sputum assessment in New York City firefighters exposed to World Trade Center dust. *Environ Health Perspect* 112 (15): 1564-9.
12. Likar M (1998). Vodnik po onesnaževalcih okolja. Ljubljana: Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije.
13. Gauderman WJ, McConnell R, Gilliland F, London S, Thomas D, Avol E, Vora H, Berhane K, Rappaport EB, Lurmann F, Margolis HG, Peters J (2000). Association between air pollution and lung function growth in Southern California children. *Am J Respir Crit Care Med* 162 (4): 1383-90.
14. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, McConnell R, Kuenzli N, Lurmann F, Rappaport E, Margolis H, Bates D, Peters J (2004). The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 351(11):1057-67.
15. WHO (2003). Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Copenhagen: World Health Organization <http://www.euro.who.int/document/e79097.pdf>. <20.9.2007>
16. Agents reviewed by the IARC monograph. International Agency for Research on Cancer (IARC). <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/crthalllist.php>. <20.9.2007>
17. Potkonjak V (1979). Prevalence and etiology of chronic cough without sputum production in coal miners. *Rev Inst Hyg Mines* 34 (4): 191-202.

18. Zawisza E, Malinowski T, Janczewski G, Makowska W (1982). Occupational allergy in miners. *Med Pr* 33 (1-3): 105-7.
19. Huang X, Laurent PA, Zalma R, Pezerat H (1993). Inactivation of arl-antitrypsin by aqueous coal solutions: possible relation to the emphysema of coal workers. *Chem Res Toxicol* 6 (4): 452-8.
20. Dalal NS, Newman J, Pack D, Leonard S, Vallyathan V (1995). Hydroxyl radical generation by coal mine dust: possible implication to coal workers' pneumoconiosis (CWP). *Free Radic Biol Med* 18 (1): 11-20.
21. Smith KR, Veranth JM, Lighty JS, Aust AE (1998). Mobilization of iron from coal fly ash was dependent upon the particle size and the source of coal. *Chem Res Toxicol* 11 (12): 1494-1500.
22. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org> <25.9.2009>
23. Topič N (2009). An analysis of fugitive dust emission from coal stockpile in the Port of Koper: master thesis. Ljubljana: Jožef Stefan International postgraduate school.
24. Eržen I, Cegnar T, Podkrajšek D, Furlan N, Juričič M, Lovrečič M, Konec Juričič N, Uršič A, Zadnik V, Zaletel-Kragelj L (2003). Proučevanje vpliva okolja na pojav določenih bolezní in povečano stopnjo umrljivosti prebivalcev na območju dela Mestne občine Koper: zaključno poročilo. Celje: Zavod za zdravstveno varstvo.
25. Klein H, Benedictow A, Fagerli H. (2007). Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM: Slovenia. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
26. Gauss M, Nyiri A, Klein H. (2008). Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM: Slovenia. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
27. Nyiri A, Gauss M, Klein H (2009). Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM: Slovenia. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
28. ARSO (2005). Meritve onesnaženosti zraka v Ankaranu od 28. junija do 11. septembra 2005. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.
29. Poljšak B, Jereb G, Cepak F (2006). Kontrola onesnaženosti zraka s prašnimi usedlinami na območju KS Ankaran za obdobje 15. 10. 2005 - 15. 10. 2006: končno poročilo. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo.
30. VDI 2119 Blatt 2 (1996). Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefassen aus Glass (Bergerhoff-Verfahren) oder Kunststoff. Dusseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
31. Savez društava za čistoću vazduha Jugoslavije SDČVJ (1987). Određivanje taložne tvari (sediment) = Measurement of deposited matter. Smjernica SDČVJ 201 – prijedlog. Beograd: SDČVJ.
32. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih snovi v zraku (1994). Ur. List RS 73.
33. Uredba o prenehanju veljavnosti uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v zraku (2007). Ur. List RS 66.
34. Council Directive 2004/107/EC of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air; Official Journal L 23, 26/1/2005 P. 0003-0016
35. Air Quality - Ambient Air - Determination of lead, nickel, arsenic and cadmium in atmospheric depositions; oSIST prEN 15841:2008