



**NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO**

CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE

DANTE\n\\COZ\MB\212a\PV16Skofja loka_model_p2

MONITORING KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA (FORMALDEHID) V ŠKOFJI LOKI

Modelni izračun

Občina Škofja Loka

(Zamenjuje dokument z evidenčno oznako 212a-16/11929-16p1 z dne 15.03.2017)

Maribor, julij 2017

Oddelek za okolje in zdravje Maribor

Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor, T: (02) 45 00 260, F: (02) 45 00 148, E: mb.coz@nlzoh.si

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor

ID za DDV: SI19651295, TRR: SI5601100-6000043285, BIC: BSLJIS2X, Banka Slovenije

Naslov: Monitoring kakovosti zunanjega zraka (formaldehid) v Škofji Loki (modelni izračun, Občina Škofja loka)

Izvajalec: NACIONALNI LABORATORIJ ZA ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO
Oddelek za okolje in zdravje Maribor
Prvomajska 1, 2000 MARIBOR

Naročnik: Občina Škofja Loka
Mestni trg 15
4220 ŠKOFJA LOKA
(ga. Tatjana Bernik)

Evidenčna oznaka: 212a-16/11929-16p2
(Zamenjuje dokument z evidenčno oznako 212a-16/11929-16p1 z dne 15.03.2017)

Delovni nalog: naročilnica št. 857/2016 z dne 16.11.2016

Dejavnost: 212a – Hrup in stanje zraka

Pooblastilo: za izvajanje obratovalnega monitoringa v delu, ki se nanaša na ocenjevanje celotne obremenitve zunanjega zraka,
št. 35924-4/2014-4, izdal ARSO dne 05.06.2015, veljavnost 6 let

Izvajalci naloge:
Vodja : mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz.
Sodelavec: Uroš Lešnik, univ. dipl. inž. prom.

Maribor, 19.07.2017

ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE MARIBOR
Vodja:

mag. Emil Žerjal, univ.dipl.inž.kem.tehnol.

1. UVOD

Občina Škofja Loka je naročnik modelnega izračuna širjenja formaldehida iz podjetja Knauf Insulation, d.o.o. Trata 32, Škofja Loka, v okolje. Koncentracije formaldehida v zunanjem zraku naj bi se pojavljale v bivalni okolici kot posledica emisije te snovi iz različnih tehnoloških enot v podjetju. Namen modelnega izračuna je določiti vzorec širjenja formaldehida iz podjetja in okvirne koncentracije te snovi, ki se lahko pojavljajo v zunanjem zraku na širšem območju v bivalni okolici podjetja. Formaldehid je namreč onesnaževalo, ki ima lahko škodljive vplive na zdravje ljudi, in zato nas je zanimalo, kakšnim koncentracijam so lahko izpostavljeni stanovalci bližnjih območij. Druga možnost določitve koncentracij formaldehida v bivalnem okolju bi lahko bile meritve. Vendar smo se odločili, da najprej opravimo modelni izračun. Na njegovi podlagi lahko bolje določimo merilna mesta, ki so primerna na območjih, kjer se pričakujejo povišane koncentracije formaldehida. Ob upoštevanju proizvodnih pogojev v podjetju in vremenskih razmer, predvsem smeri vetra, se lahko izvede manj meritev, kot pa če vseh pogojev nastajanja in širjenja formaldehida v okolje ne bi podrobno poznali.

Želja Občine je bila, da se ugotovijo tudi koncentracije fenola v okolici podjetja. Fenol izhaja iz istih izpustov kot formaldehid, tudi koncentracije so istega reda velikosti. Vendar pa nam izračunane koncentracije ne bi dale odgovora na zdravstveno škodljivost tega onesnaževala, saj Svetovna zdravstvena organizacija te snovi ni vključila v svoje smernice in mejna vrednost ni predpisana. Zato se fenol v nadaljevanju več ne obravnava.

2. METODOLOGIJA DELA

2.1 Model

Z modelom smo ovrednotili širjenje formaldehida v okolico iz izpustov v podjetju Knauf Insulation. Pri tem smo uporabili program Austal View, verzija 9.1.0 TG, Lakes Environmental Software, s katerim se računa atmosferska disperzija onesnaževal. Program je predpisan s strani nemškega Zveznega urada za okolje (UBA), njegova uporaba je opisana v različnih nemških smernicah VDI in standardih DIN. Teoretične osnove modela izhajajo iz VDI 3945, Teil 3: Umweltmeteorologie, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle, Partikelmodell (Lagrangev delčni disperzijski model). Program omogoča izvedbo izračuna širjenja onesnaževal in določitve njihovih koncentracij (srednjih letnih, dnevnih ali urnih) v zunanjem zraku.

2.2 Vhodni podatki

Najosnovnejši vhodni podatek je emisija onesnaževal, katerih disperzijo (širjenje) želimo izračunati. Viri podatkov o emisiji formaldehida v podjetju Knauf Insulation so bili javno dostopni podatki o meritvah emisije snovi v zrak (občasne in prve meritve ter ocena letnih emisij za leti 2014 in 2015), ki jih je posredoval ARSO, ter odločbe o okoljevarstvenih dovoljenjih, dosegljive na spletni strani ARSO.

Izpust Z1 je odvodnik višine 65 m in notranjega premera 3,8 m (vir: OVD sprememba 7. avgust 2015, v nadaljevanju OVD 2015), skozenj gredu tudi odpadni plini, ki vsebujejo formaldehid, iz tehnoloških enot Z1MM4, Z1MM5, Z1MM7, Z1MM8, Z1MM10 in Z1MM11 (vira: OVD 2015 in ocena o letnih emisijah snovi v zrak za leto 2015, v nadaljevanju OCENA 2015). Največji prostorninski pretok odpadnih plinov je iz preglednice 20 OVD 2015, saj v OCENI 2015 ni na voljo vseh podatkov. Podatkov za temperaturo odpadnih plinov iz izpusta Z1 ni bilo na voljo, zato smo uporabili vrednosti za Z1MM4 oziroma Z1MM5 (OCENA 2015), ki prispevata največji delež k skupnemu prostorninskemu pretoku iz izpusta Z1. Masni pretok formaldehida je zmnožek največjega prostorninskega pretoka odpadnih plinov in predpisane emisijske koncentracije. Predpisana mejna vrednost

emisije snovi v zrak je za vse izpuste, iz katerih izhaja formaldehid, do 8.3.2016 20 mg/m^3 , ki smo jo uporabili pri določitvi največjih masnih pretokov snovi v zrak, po tem datumu pa 5 mg/m^3 (vir: OVD sprememba 12. februar 2016, v nadaljevanju OVD 2016). Iz OCENE 2015 sicer izhaja, da so dejansko izmerjene emisijske koncentracije na vseh izpustih razen na Z1MM5 nižje od 5 mg/m^3 .

Dodatno izhaja formaldehid v zrak še iz izpustov Z28MM33 - utrjevalna komora peči linije 3 - in Z29MM34 – ohlajevalna cona linije 3, krak 3.4 (OVD 2016). Podatki o višini obeh odvodnikov in največjih prostorninskih pretokih so iz OVD 2015. Masni pretok formaldehida je zmnožek največjega prostorninskega pretoka odpadnih plinov in predpisane emisijske koncentracije. OVD 2016 predpisuje enake mejne vrednosti, kot so navedene zgoraj, dodatno pa na izpustu Z28 navaja mejno vrednost tudi kot specifično masno emisijo končnega proizvoda ($0,03 \text{ kg/t}$). OVD 2015 in 2016 določata za merilna mesta na izpustih Z28 in Z29 izvedbo občasnih meritev formaldehida na vsake tri leta. Možno je, da se meritve na teh izpustih še niso izvajale in zato ni na voljo vseh potrebnih podatkov (premer odvodnika na izstopu v atmosfero in temperatura odpadnih plinov).

Vsi podatki, uporabljeni v osnovnem modelnem izračunu, so zbrani v naslednji tabeli.

Tabela 1: Podatkih o izpustih formaldehida v zrak iz podjetja Knauf Insulation d.o.o. Škofja Loka

Parameter/Izpust	Z1	Z28	Z29
Lokacija (GKY, GKX)	114925, 448949	114809, 448977	114875, 448964
Višina nad tlemi (m)	65	14	11
Premer na izstopu v atmosfero (m)	3,8		
Temperatura odpadnih plinov (°C)	50		
Največji normni prostorninski pretok suhih odpadnih plinov (m^3/h)	431.974	7.000	30.000
Masni pretok formaldehida (g/h)	8.114	140	600

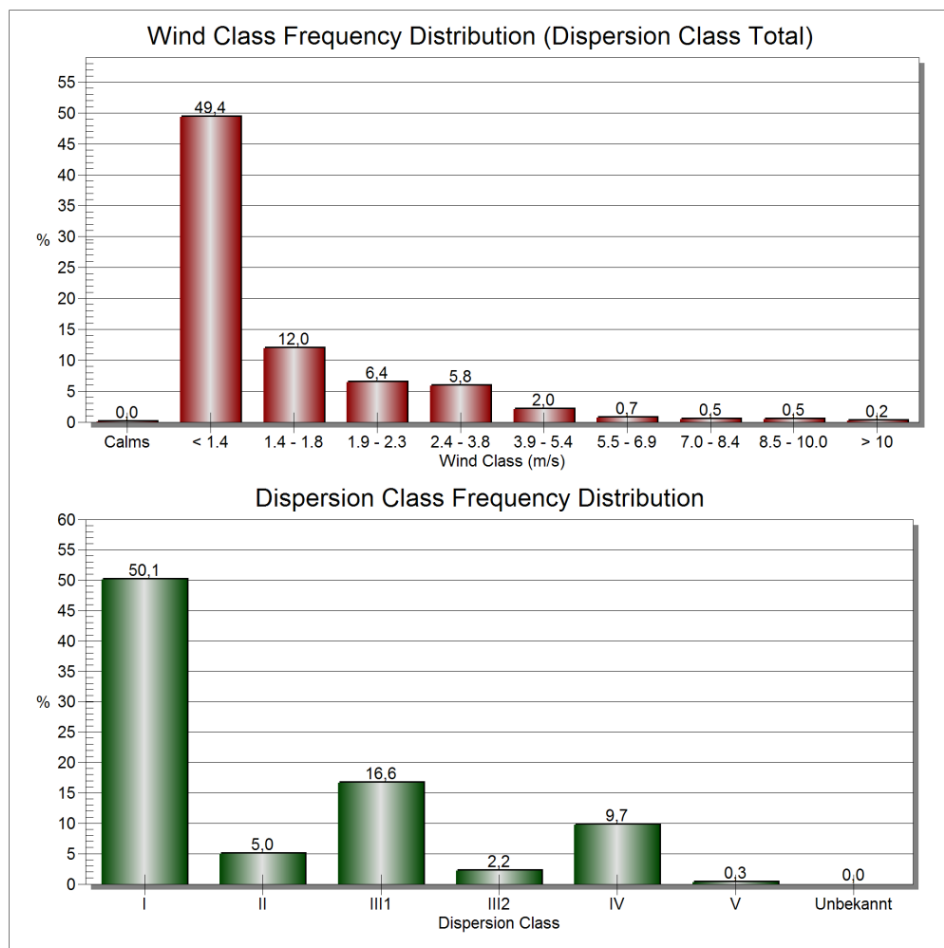
Pri odvodniku Z1 smo pri dvigu dimne zavese upoštevali impulzni (ki nastaja zaradi hitrosti odpadnih plinov v odvodniku) in termični (ki nastaja zaradi temperature odpadnih plinov, ki je drugačna od zunanje temperature okolice) del (vzgon). Javnih podatkov o premeru in temperaturi odpadnih plinov za odvodnika Z28 in Z29 ni bilo na voljo, zato smo izračun izvedli brez upoštevanja impulznega in termičnega dela.

Pri izračunu smo upoštevali neprekinjeno delovanje vseh tehnoloških enot v koledarskem letu, to je stalne in nespremenjene emisije vse ure v dnevnu in vse dneve v letu, čeprav iz OCENE 2015 izhaja, da viri dejansko ne obratujejo vse tedne v letu. Uporabljeni vhodni podatki predstavljajo največje možne emisije formaldehida iz podjetja in s tem najvišje možne koncentracije formaldehida v zunanjem zraku v okolju. Izračune smo izvedli na kvalitetni stopnji 0 (lestvica je od -4 do +4), saj smo s tem zagotovili ustrezno negotovost pri modeliranju.

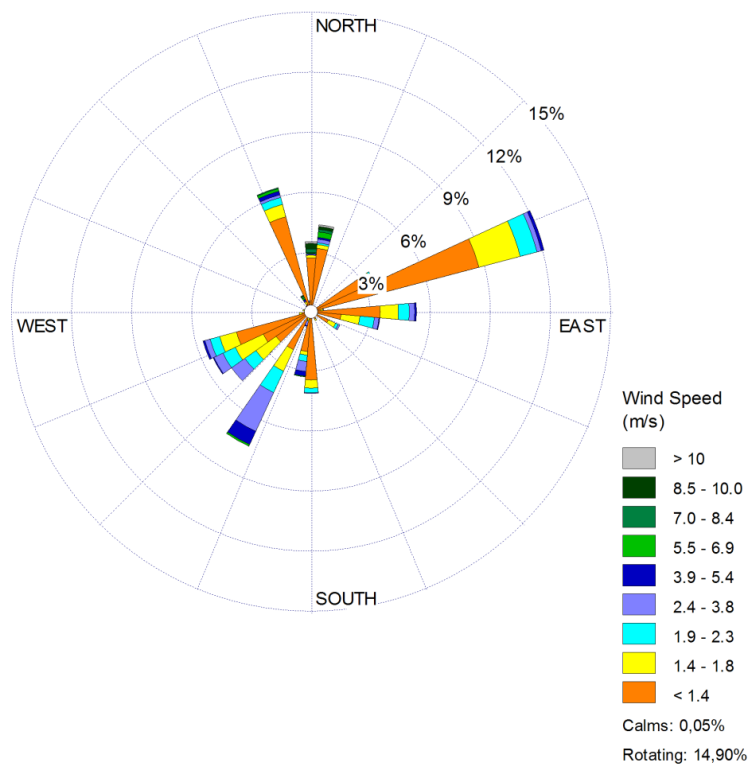
2.3 Meteorološki in drugi podatki

Širjenje onesnaževal v okolju je pogojeno z meteorološkimi pogoji, ki jih je potrebno za izračun posameznega primera tudi posebej pridobiti. Uporabili smo urno časovno vrsto podatkov (.akterm), za obdobje 15.09.2004 do 15.12.2004, ki temelji na podlagi meritev smeri in hitrosti vetra, ki smo jih opravili sami na lokaciji podjetja Knauf Insulation (takrat Termo Škofja Loka), in podatkov o stabilnosti atmosfere za leto 2004 za najbližjo državno meteorološko postajo (Letališče Jožeta Pučnika Ljubljana), pridobljenimi od Agencije RS za okolje. Meteorološke podatke prikazujemo na naslednjih slikah.

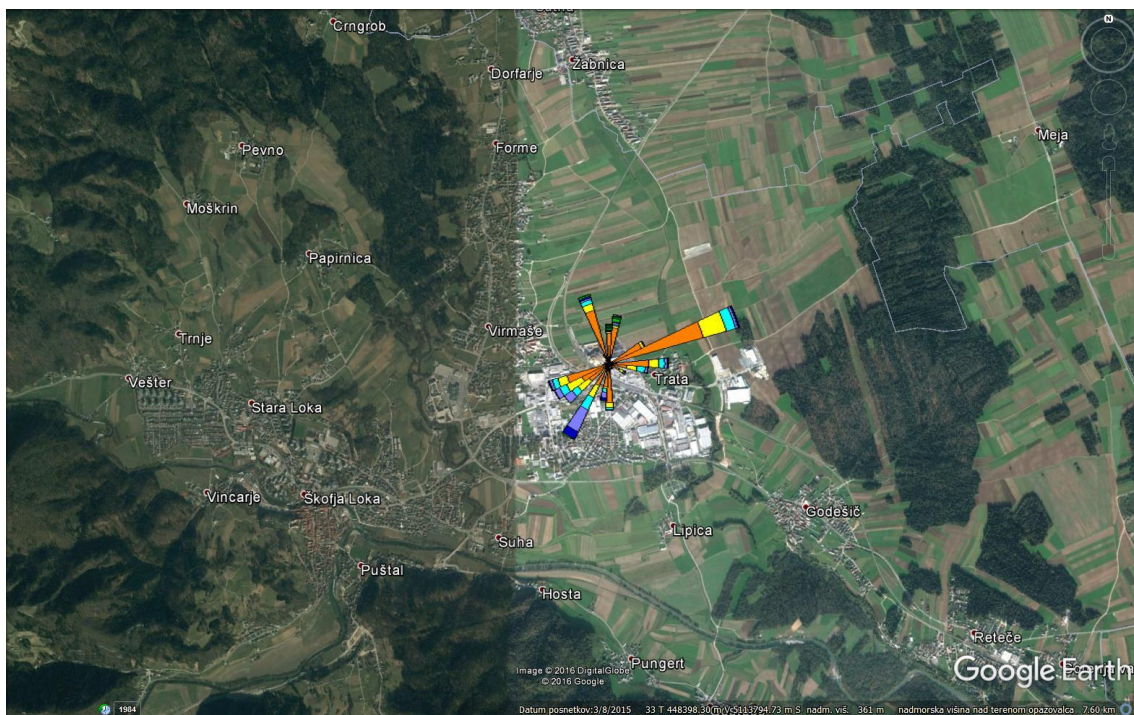
Raba (hrapavost) tal je bila določena z avtomatskim vnosom glede na pokrovnost tal (Corine Land Cover – CLC 2000, velikost celice 100 m). Kot podlage smo uporabili karte Open Street Map ali Google Zemlja. Upoštevali smo teren (digitalni model višin SRTM3 z ločljivostjo 30 m). Območje vrednotenja je bilo definirano s trojno vgnedeno mrežo, velikosti zunanje 3200 x 3200 m, srednje 2400 x 2400 m in najmanjše 1300 x 1300 m z velikostmi celic 40, 20 in 10 m. Zaradi nazornejšega prikaza obravnavanega območja smo v prikaz vključili državne ceste, železnico ter stanovanjske in nestanovanjske objekte.



Slika 1: Porazdelitev hitrosti vetra in koeficientov stabilnosti, Trata pri Škofji Loki (veter) in Letališče Brnik (stabilnost atmosfere)



Slika 2: Roža vetrov: pogostost posamezne smeri vetra in hitrosti, »Calms« predstavlja brezvetrje ($v \leq 0,2$ m/s), »Rotating« predstavlja primere, ki nimajo definirane smeri vetra ($0,2 < v < 0,5$ m/s), Trata pri Škofji Loki



Slika 3: Roža vetrov na karti Google Zemlja, Trata pri Škofji Loki

3. ZAKONODAJNE ZAHTEVE

3.1 Kakovost zunanjega zraka

Formaldehid v naši zakonodaji, ki ureja kakovost zunanjega zraka (Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Uradni list RS št. 9/11 in 8/15), nima postavljene mejne vrednosti. Pri vrednotenju izračunanih vrednosti si pomagamo s smernicami Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) *Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 9, 2000*.

Glavni način izpostavljenosti človeka formaldehidu je dihanje. Prag zaznavanja formaldehida z vonjem je 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10. percentil), 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50. percentil) oziroma 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (90. percentil) ob ponavljajoči se izpostavljenosti. Prevladujoči simptomi ob enkratni ali ponavljajoči se izpostavljenosti formaldehidu pri ljudeh so draženje nosu in grla (pri koncentraciji med 100 in 3100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), draženje oči (600-1.200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), skupaj z (odvisno od koncentracije) neugodjem, solzenjem, kihanjem, kašljanjem, nagnjenjem k bruhanju in težkim dihanjem. Pri višjih koncentracijah formaldehida so možni že resnejši vplivi na zdravje ljudi.

Najnižja koncentracija, povezana z draženjem nosu in grla pri ljudeh ob kratkotrajni izpostavljenosti, je 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, četudi nekateri ljudje lahko zaznajo formaldehid v zunanjem zraku tudi že pri nižjih koncentracijah. Smernice za škodljive učinke formaldehida, ki niso rak ali vonjave/neprijetna motnja, so zato postavljene na to vrednost. Priporočena vrednost, ki bazira na senzoričnih učinkih ali odzivu na neprijetno motnjo, je med 30 in 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vse kot 30 minutno povprečje. Upoštevanje smernic predstavlja raven izpostavljenosti, pri kateri je tveganje za raka zgornjega respiratornega traka zanemarljivo. Ker modelni izračun ne omogoča izračuna polurne vrednosti, smo privzeli zgornjo priporočeno vrednost kot urno povprečje.

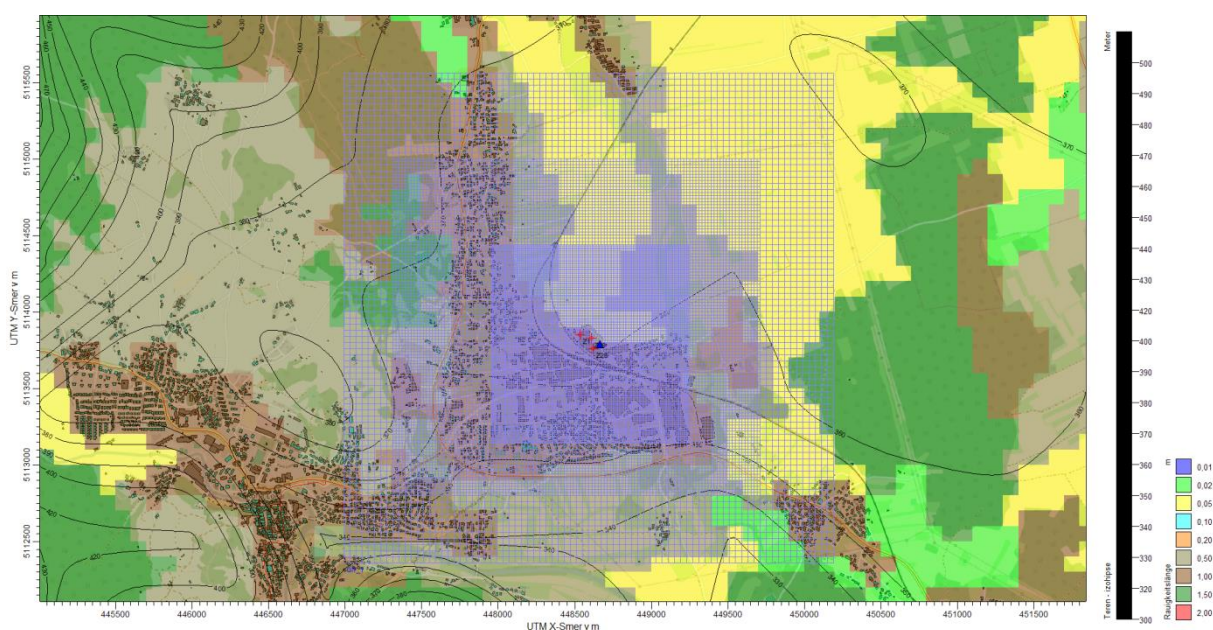
3.2 Negotovost pri modeliranju

Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, UL RS št. 55/2011 in 5/2017, predpisuje cilje kakovosti podatkov za ocenjevanje kakovosti zraka. Ugotavljamo, da za formaldehid negotovost pri modeliranju v naših predpisih ni določena.

4. REZULTATI OSNOVNEGA MODELNEGA IZRAČUNA

Rezultat modelnega izračuna so srednje letne, dnevne in urne koncentracije formaldehida v posamezni celici izbrane mreže na območju vrednotenja. Kot srednjo letno koncentracijo smo privzeli srednjo vrednost v računskem obdobju. Rezultati so prikazani s krivuljami enake pogostosti, številčnimi vrednostmi znotraj posamezne celice računske mreže oziroma z obarvanjem posameznih celic glede na vrednost.

Na naslednji sliki je prikazano širše obravnavano območje z izohipsami in hrapavostjo tal (barvni kvadrati z legendo) na podlagi Open Street Map z območjem vrednotenja, omejenim s trojno vgnazdeno računsko mrežo (modra mreža). Lokacija izpustov je označena z rdečimi križci približno na sredini območja, lokacija meteorološke postaje z modrim trikotnikom.



Slika 4: Območje obravnave z računsko mrežo, izohipsami, hrapavostjo tal, izpusti in meteorološko postajo

Rezultat izračuna so prikazani v naslednjih tabelah in sicer kot srednja letna ter najvišji dnevna in urna koncentracija formaldehida na izbranih imisijskih točkah (IM1 do IM4) in v točki območja vrednotenja, kjer se pojavlja najvišja vrednost (Max). Točka najvišjo urno koncentracijo je predstavljena tudi z GK koordinatami. V tabeli je priporočena mejna vrednost, kot jo določa SZO. Upoštevali smo maksimalno možno delovanje izpusta Z1 in vseh treh izpustov Z1, Z28 in Z29, ob upoštevanju mejne emisijske koncentracije 20 mg/m³.

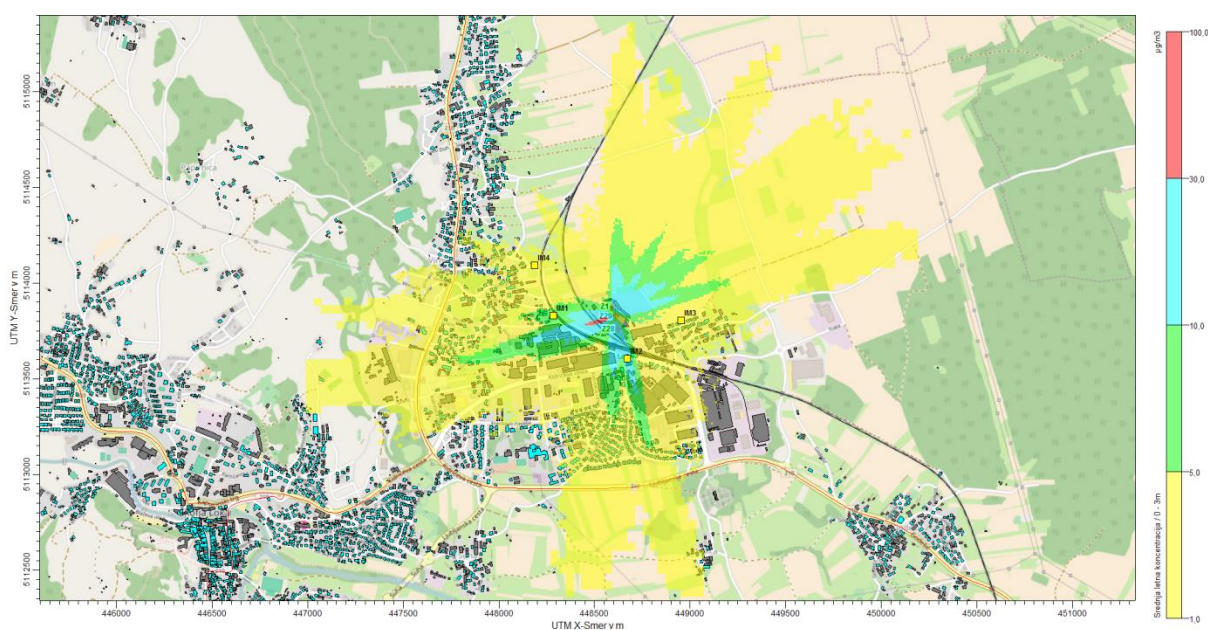
Tabela 2: Koncentracije formaldehida na izbranih mestih pri obratovanju izpusta Z1

Parameter/Merilno mesto v okolju	IM1	IM2	IM3	IM4	Max	Mejna
/Naslov	Virmaše 140	Kidričeva cesta 62	Trata 25	Virmaše 123	GKY:449320 GKX:114769	
Srednja letna koncentracija (µg/m³)	0	0	0	0	0,1	/
Najvišja dnevna koncentracija (µg/m³)	0	0	0	0	4	/
Najvišja urna koncentracija (µg/m³)	0	1	0	0	107	100

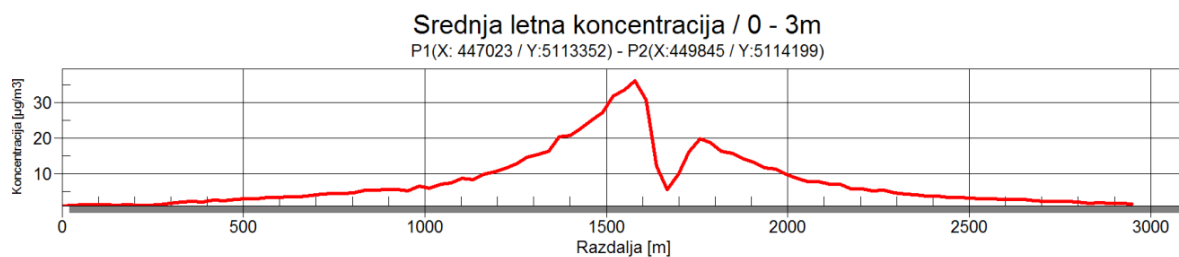
Tabela 3: Koncentracije formaldehida na izbranih mestih pri obratovanju vseh treh izpustov (Z1, Z28 in Z29)

Parameter/Merilno mesto v okolju	IM1	IM2	IM3	IM4	Max	Mejna
/Naslov	Virmaše 140	Kidričeva cesta 62	Trata 25	Virmaše 123	GKY:448774 GKX:114857	
Srednja letna koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7,5	15	2,1	1,3	36	-
Najvišja dnevna koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	65	63	26	11	147	-
Najvišja urna koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	350	570	260	220	1040	100

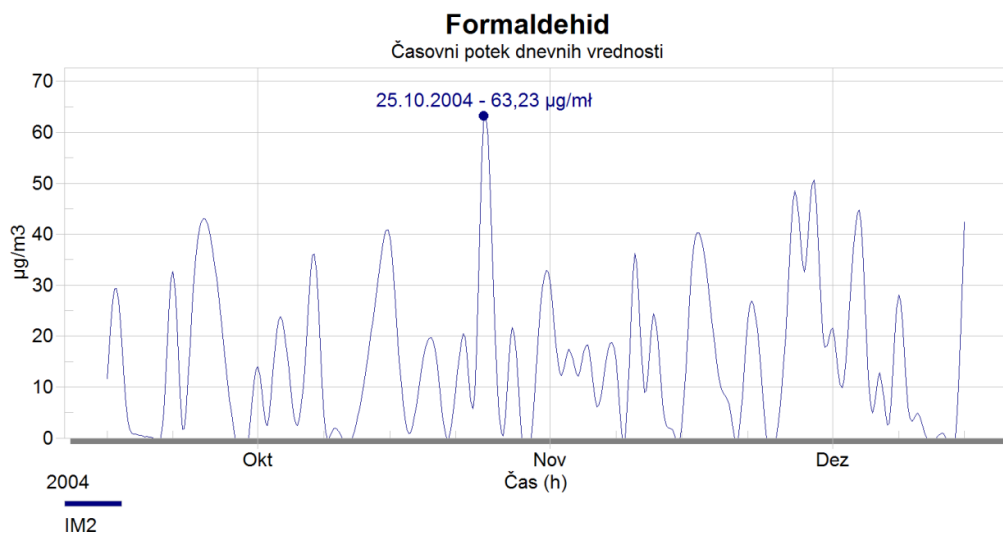
Na sliki 5 prikazujemo srednjo letno koncentracijo formaldehida na območju vrednotenja ob obratovanju vseh virov, kjer so prikazane tudi izbrane imisijske točke in lokacije izpustov ter anemometra.

**Slika 5:** Srednja letna koncentracija formaldehida, vsi izpusti

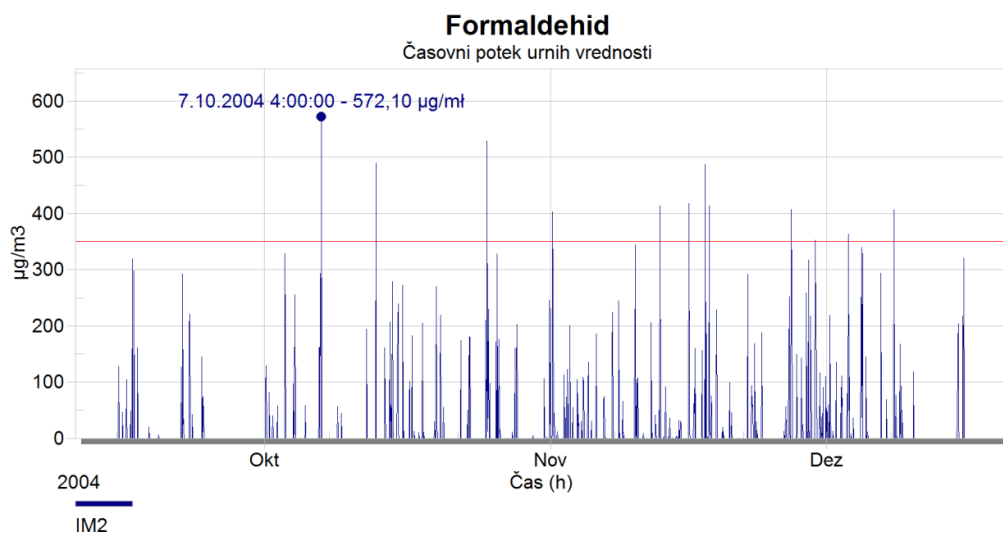
Na sliki 6 je prečni prerez srednje letne koncentracije na območju vrednotenja v smeri približno ZJZ-VSV skozi odvodnik Z29.

**Slika 6:** Prečni prerez srednje letne koncentracije formaldehida, vsi trije izpusti

Na sliki 7 je časovni potek dnevni, na sliki 8 pa urnih koncentracij formaldehida na lokaciji IM2.



Slika 7: Časovni potek srednjih dnevni koncentracij formaldehida na IM2, vsi trije izpusti



Slika 8: Časovni potek urnih koncentracij formaldehida na IM2, vsi trije izpusti

Iz tabele 2 izhaja, da največji odvodnik Z1 ne predstavlja pomembnega vira formaldehida v okolju, saj se v njem formaldehid, ki prihaja iz različnih tehnoloških enot, precej razredči, pa tudi njegova višina poskrbi za dobro razpršitev in razredčitev. Srednja letna koncentracija je zelo nizka, enako velja za srednje dnevne, medtem ko se na obravnavanem območju vrednotenja le enkrat pojavi urna vrednost, ki je nekoliko nad smernico SZO. Najpomembnejši izpust je Z29, saj ima najnižji odvodnik in relativno velik emitiran masni pretok formaldehida. Izpust Z28 ni zanemarljiv, vendar povzroča nižje koncentracije formaldehida v okolju kot izpust Z29.

Ob maksimalnih pogojih emitiranja pri obratovanju vseh treh virov (Z1, Z28 in Z29), kar je predstavljeno v tabeli 3, se lahko pojavljajo urne koncentracije, ki presegajo najnižji spodnji prag vonjanja za formaldehid $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, presegajo pa tudi vrednosti smernic SZO $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in srednji spodnji prag vonjanja $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vzorec širjenja formaldehida (slika 5) je pogojen z vplivnimi smermi vetra (J do Z, S in V). Najvišje srednje letne koncentracije formaldehida ob obratovanju vseh treh izpustov se pojavljajo na ožjem območju podjetja Knauf, v

smeri Z, najvišje dnevne in urne pa še nekoliko bolj zahodno, na kmetijskih površinah med industrijskim tirom in železniško progo Ljubljana - Jesenice.

Pojavljane najvišjih dnevnih (slika 7) in urnih (slika 8) vrednosti je pogojeno z vremensko situacijo: veter od emisijskega vira proti merilnemu mestu, nizke hitrosti vetra (običajno okoli 0,5 m/s) in zelo stabilno ozračje, za katerega je značilno počasno mešanje in se pojavlja predvsem ob temperaturnih inverzijah.

Podrobnejši pregled izračunanih urnih vrednosti na merilnem mestu v okolju IM2 (slika 8) kaže, da koncentracije formaldehida presegajo najnižji spodnji prag vonjanja do 10 % časa v koledarskem letu, vrednost smernice SZO do 5 % in srednji spodnji prag vonjanja do 3 %.

Iz vseh rezultatov izračuna, ki upošteva dejstva, da smo pri izračunu upoštevali nepopolne emisijske podatke in celoletno obratovanje, lahko zaključimo, da so bili v preteklosti možni dogodki, ko se je formaldehid v bivalnem okolju pojavljal v koncentracijah, ko ga je zaznavala večina ljudi, vendar pa koncentracije pri najbližjih stanovanjskih objektih niso pogosto dosegale zdravju škodljivih vrednosti.

5. VPLIV VHODNIH PARAMETROV NA REZULTATE MODELNEGA IZRAČUNA

5.1 Parametri odvodnikov

Kot smo že omenili, za izpusta Z28 in Z29 ni bilo na voljo uradnih podatkov o premeru odvodnikov ter temperaturi in hitrosti odpadnih plinov. Zaradi impulznega (ki nastaja zaradi hitrosti odpadnih plinov v odvodniku) in termičnega (ki nastaja zaradi temperature odpadnih plinov, ki je drugačna od zunanje temperature okolice) dela se poviša dimna zavesa, kar vpliva na širjenje oziroma redčenje onesnaževala v okolje. Za izpusta Z28 in Z29 smo privzeli vrednosti premera odvodnikov ter temperature in hitrosti odpadnih plinov iz podatkov za slične vire v podjetju (utrjevalna komora peči linij 1 in 2 za Z28 in ohlajevalna cona linij 1 in 2 za Z29). Upoštevani so naslednji vhodni podatki: temperatura odpadnih plinov iz odvodnika Z28 je 300 °C, iz Z29 pa 90 °C, premer odvodnika Z28 je 0,5 m, Z29 pa 0,8 m.

Na koncentracije formaldehida v okolju ima seveda velik vpliv masni pretok. Tega lahko določimo na več načinov. Prvi so seveda meritve, ki povedo, kakšne so dejanske koncentracije onesnaževala in volumski pretoki odpadnih plinov v odvodniku. Zmnožek obeh nam da masni pretok. Vendar pa dejanske koncentracije na odvodniku lahko le dosegajo mejno vrednost emisije snovi v zrak, ne smejo pa je presegati. Zato se v skladu z navodili ARSO pri modelnih izračunih vedno upošteva mejna vrednost emisije, kot tudi najvišji možen volumski pretok odpadnih plinov. Slednje smo pri izračunih tudi upoštevali. Mejna vrednost za formaldehid se je v zadnjem času spremenila in sicer iz OVD 2016 izhaja, da od 8.3.2016 dalje velja mejna vrednost 5 mg/m³, pred tem pa je veljala 20 mg/m³. Osnovni modelni izračun je bil narejen pri višji mejni vrednosti, nato pa smo izračun ponovili še pri nižji in sicer tudi z upoštevanjem privzetih manjkajočih podatkov o izpustih (glej predhodni odstavek). Vsi ostali podatki o modelu, opisani v predhodnih poglavjih, so ostali nespremenjeni. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

Tabela 4: Koncentracije formaldehida na izbranih mestih pri obratovanju vseh treh izpustov (Z1, Z28 in Z29) – s termičnim in impulznim delom, upoštevana mejna emisijska vrednost 5 mg/m³

Parameter/Merilno mesto v okolju	IM1	IM2	IM3	IM4	Max	Mejna
/Naslov	Virmaše 140	Kidričeva cesta 62	Trata 25	Virmaše 123	GKY:448978 GKX:115190	
Srednja letna koncentracija (µg/m ³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-
Najvišja dnevna koncentracija (µg/m ³)	0	0	0	0	2	-
Najvišja urna koncentracija (µg/m ³)	9	3	4	4	59	100

Vidimo, da so ob upoštevanju nižje mejne vrednosti emisije in manjkajočih podatkov o odvodnikih koncentracije formaldehida v okolju bistveno nižje kot v osnovnem izračunu. Ob neugodni vremenski situaciji in pri maksimalnem obratovanju vseh virov se lahko v okolici podjetja pojavljajo posamične koncentracije, ki sicer presegajo najnižji spodnji prag vonjanja 30 µg/m³, vendar so takšni dogodki zelo redki. Preseganja vrednosti smernic SZO 100 µg/m³ se ne pojavljajo nikoli.

6. ZAKLJUČEK

Za naročnika Občino Škofja Loka smo izvedli modelni izračun širjenja formaldehida v zunanjem zraku kot posledico emisij formaldehida iz podjetja Knauf Insulation, d.o.o. Trata 32, Škofja Loka. Na voljo smo imeli le javno dostopne podatke (poročila, ki jih je posredoval ARSO in okoljevarstvena dovoljenja, dosegljiva na spletni strani ARSO). Iz OVD sprememba 12. februar 2016 izhaja, da so emisijski viri formaldehida izpusti Z1 (dimnik), v katerega prihaja formaldehid iz različnih tehnoloških enot, ter Z28 - utrjevalna komora peči linije 3 in Z29MM34 – ohlajevalna cona linije 3.4. Najosnovnejši vhodni podatek za modelni izračun so podatki o odvodnikih in masni pretoki. Masni pretoki so določeni z največjimi prostorninskimi pretoki iz navedenih izpustov in z zakonodajo predpisane mejne vrednosti emisije za formaldehid. Iz nam dostopnih podatkov ni bilo možno razbrati vseh podatkov za izpusta Z28 in Z29 (premer ter temperatura in hitrost odpadnih plinov), zato osnovni modelni izračun ni upošteval vseh zahtevanih podatkov.

Za izračun atmosferske disperzije onesnaževal in vonjav smo uporabili model Austal View. Upoštevali smo meteorološke podatke za lokacijo Trata (lastne meritve smeri in hitrosti vetra v letu 2004) in Letališče Jožeta Pučnika Ljubljana (stabilnost atmosfere za isto obdobje, pridobljeno od ARSO). Pri izračunih smo upoštevali teren in hrapavost tal. Merilna negotovost vseh izračunanih vrednosti je izpolnjevala zakonodajne zahteve. Rezultate modelnega izračuna smo primerjali z najnižjim spodnjim pragom vonjanja ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in priporočeno vrednost Svetovne zdravstvene organizacije (SZO - polurno povprečje $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pri kateri že lahko pride do škodljivih učinkov formaldehida.

Prvi izračun širjenja formaldehida je pokazal, da dimnik Z1 ne predstavlja pomembnega vira formaldehida v okolju, precej bolj pomembna sta Z28 in Z29, slednji je še pomembnejši, saj je najnižji in ima višji masni pretok. Vzorec širjenja formaldehida iz izpustov je pogojen z vplivnimi smermi vetra (J do Z, S in V). Pri najbližjih stanovanjskih objektih v okolici podjetja se lahko pojavljajo urne koncentracije, ki presegajo najnižji spodnji prag vonjanja, do 10 % časa v koledarskem letu in koncentracije, ki presegajo vrednost smernice SZO, do 5 % v koledarskem letu. **Iz rezultatov izračuna in dejstva, da smo pri izračunu upoštevali nepopolne emisijske podatke in celoletno obratovanje, lahko zaključimo, da so bili v preteklosti možni dogodki, ko se je formaldehid v bivalnem okolju pojavljal v koncentracijah, ko ga je zaznavala večina ljudi, vendar pa koncentracije pri najbližjih stanovanjskih objektih niso pogosto dosegale zdravju škodljivih vrednosti.**

Na rezultate modelnega izračuna vpliva precej parametrov, od katerih so pomembnejši podatki o odvodnikih in masni pretoki. Drugi modelni izračun je bil narejen ob predpostavki manjkajočih podatkov o premeru odvodnikov in temperaturi odpadnih plinov za izpusta Z28 in Z29 ter ob upoštevanju mejne vrednosti emisije $5 \text{ mg}/\text{m}^3$, ki velja od 8.3.2016 dalje. Takšne emisijske razmere, ki bi lahko bile značilne za sedanje stanje, pomenijo bistveno nižje koncentracije formaldehida v okolici, tako da v bivalnem okolju urne vrednosti ne dosegajo niti več $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. **Mnenja smo, da se v sedanjem stanju formaldehid v bivalnem okolju lahko občasno zazna, vendar v koncentracijah, ki so precej pod smernicami SZO in ne predstavljajo zdravstvene škodljivosti.**

V modelnem izračunu so upoštewane koncentracije formaldehida, ki so predpisane z zakonodajo, meritve emisije lahko pokažejo drugačne koncentracije, ki ne bi smele biti višje od predpisanih. Meritve se v skladu z zakonodajo izvajajo v času največje oziroma optimalne ureditve proizvodnje, upravljavec mora občasne meritve izvajati v skladu z zahtevami iz okoljevarstvenega dovoljenja. Dejansko je proizvodnja živ proces, pri katerem lahko (ni pa nujno) pride do takšnih ali drugačnih težav, ki imajo za posledico višje ali celo ničelne koncentracije formaldehida na izstopu iz izpustov v atmosfero. Menimo, da izvedena modelna izračuna kažeta po eni strani neko najbolj neugodno situacijo, ki je bolj značilna za preteklo stanje, ter situacijo, ki jo lahko pričakujemo sedaj ob normalnih obratovalnih razmerah.

Namen modelnega izračuna je bil določiti vzorec širjenja formaldehida iz podjetja in okvirne koncentracije te snovi, ki se lahko pojavljajo v zunanjem zraku na širšem območju v bivalni okolici podjetja. To pa je osnovna podlaga za morebitno določitev koncentracij formaldehida v bivalnem okolju z meritvami. Merilna mesta izberemo na območjih, kjer se pričakujejo povišane koncentracije formaldehida. Metodologija meritev v okolju je pogojena z izbrano analitsko metodo, njena občutljivost pa s pričakovanimi koncentracijami v okolju, ki izhajajo iz modelnega izračuna. Ob upoštevanju proizvodnih pogojev v podjetju in vremenskih razmer, predvsem smeri in hitrosti vetra ter prisotnosti inverzije, se lahko izvede manj meritev, kot pa če vseh pogojev nastajanja in širjenja formaldehida v okolje ne bi podrobno poznali. Če bi torej meritve izvajali brez predhodnega modelnega izračuna, bi se pojavljala vprašanja glede ustreznosti izbranih merilnih mest, zunanjih in proizvodnih pogojev ter tudi časa trajanja vzorčenja in števila odvzetih vzorcev.