

Republika Slovenija
Ministrstvo za okolje in prostor RS

Strokovne podlage za vzpostavitev sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanlega zraka z neprijetnim vonjem

Poročilo po zaključeni 4. fazi projekta

Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor RS

Izvajalci: Studio okolje d.o.o.

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Ljubljana, november 2019

OSNOVNI PODATKI

Naročnik: **Ministrstvo za okolje in prostor MOP**

Dunajska 48

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: g. Tone Kvasič

Kontaktna oseba: g. Tone Kvasič

Izvajalci: **Studio okolje d.o.o.**

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Datum izvedbe: I. 2018

Datum poročila: 22. 11. 2019

Oznaka poročila: MOP – MV – 4. FAZA

Izdelava poročila: Žiga Švegelj, univ. dipl. meteo.

Martin Dobeic, prof. dr.

Vincenc Butala, prof. dr.

Matjaž Prek, doc. dr.

IZJAVA

Poročila se brez pisnega dovoljenja izvajalcev ne sme reproducirati.

Povzetek dela v četrti fazi projekta

Faza 4, ki glede na vsebino aneksa št. 3, z dne 29.3.2019, k pogodbi Strokovne podlage za vzpostavitev sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem št. 2550-16-300021, zajema izdelavo Strokovnih podlag za vzpostavitev sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem. Poročilo sestavljajo fazna poročila iz Faz 1, 2, in 3. Vsebina strokovnih podlag, vključno s predlaganimi mejnimi vrednostmi, ki opredeljujejo sprejemljivo raven izpostavljenosti neprijetnim vonjavam, je bila naročniku predstavljena na 10 delovnih sestankih, ki so potekali na sedežu naročnika.

Republika Slovenija
Ministrstvo za okolje in prostor RS

Metodologije zaznavanja in spremljanja neprijetnih vonjav v zunanjem zraku

Poročilo po zaključeni 1. fazi projekta

Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor RS

Izvajalci: Studio okolje d.o.o.

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Ljubljana, november 2019

OSNOVNI PODATKI

Naročnik: **Ministrstvo za okolje in prostor MOP**

Dunajska 48

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: g. Tone Kvasič

Kontaktna oseba: g. Tone Kvasič

Izvajalci: **Studio okolje d.o.o.**

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Datum izvedbe: I. 2017-2019

Datum poročila: 22. 11. 2019

Oznaka poročila: MOP – MV – 1. FAZA

Izdelava poročila: Žiga Šveglj, univ. dipl. meteo.

Martin Dobeic, prof. dr.

Vincenc Butala, prof. dr.

Matjaž Prek, doc. dr.

IZJAVA

Poročila se brez pisnega dovoljenja izvajalcev ne sme reproducirati.

Vsebina

1.	Uvod	9
1.1.	Namen strokovnih podlag	9
1.2.	Cilji	9
2.	Vonj.....	10
2.1.	Osnove.....	10
3.	Pristopi za ugotavljanje obremenjenosti zunanega zraka z vonjem	10
3.1.	Metoda CICOP	11
3.1.1.	Koncentracija (C)	11
3.1.2.	Intenzivnost (I).....	11
3.1.3.	Karakter vonja (C).....	12
3.1.4.	Ofenzivnost (O).....	12
3.1.5.	Obstojnost (P).....	13
3.2.	FIDOL	13
4.	Metode ocenjevanja obremenjenosti zunanega zraka z motečim vonjem	13
4.1.	Dinamična olfaktometrija.....	13
4.1.1.	Postopek določanja koncentracije vonja s postopkom dinamične olfaktometrije	14
4.2.	Anketiranje	15
4.3.	Meritve motečih vonjav na terenu.....	16
4.3.1.	Odvzem vzorcev na terenu za postopek dinamične olfaktometrije.....	16
4.3.2.	Meritve neprijetnih vonjav s prenosnim olfaktometrom.....	16
4.3.3.	Ocenjevanje obremenjenosti zunanega zraka z vonjem s preizkuševalci.....	16
4.4.	Analitski merilni postopki za ocenjevanje neprijetnih vonjav.....	17
4.5.	Disperzijski modeli.....	17
4.5.1.	Ocenjevanje vplivov na okolje z disperzijskimi modeli.....	18
4.5.2.	Tipi disperzijskih modelov	19
4.5.3.	Omejitve disperzijskih modelov	21
4.5.4.	Uporaba disperzijskih modelov v Sloveniji	21
4.5.5.	Vhodni podatki	22
4.5.6.	Metode za oceno kratkoročnih vplivov vonja in razmerje med maksimalnimi in povprečnimi koncentracijami (ang. 'Peak to mean' »p2m«).....	25
5.	Zakonodaja	28
5.1.	Pregled obstoječe zakonodaje na področju vonja	28
5.2.	Zakonodaja v drugih državah	31

5.2.1.	Predpisi v Evropi	31
5.2.2.	Predpisi o vonjavah v Ameriki	40
5.2.3.	Predpisi v Aziji.....	42
5.2.4.	Predpisi na Srednjem vzhodu	43
5.2.5.	Avstralija in Nova Zelandija	44
6.	Viri	46

Kazalo slik

<i>Slika 1. Sistem disperzijskega modela.</i>	18
<i>Slika 2. Primer Gaussovega disperzijskega modela.....</i>	19
<i>Slika 3. Primer Lagrangeevega delčnega modela.....</i>	20
<i>Slika 4. Primer Lagrangeevega paketnega modela.....</i>	20
<i>Slika 5. Točkovni vir.</i>	22
<i>Slika 6. Površinski vir.....</i>	23
<i>Slika 7. Linijski vir.....</i>	23
<i>Slika 8. Odvisnost razmerja med maksimalnimi koncentracijami in modelskim urnim povprečjem od stabilnosti ozračja in od oddaljenosti od vira neprijetnega vonja.....</i>	27

Kazalo tabel

<i>Tabela 1. Parameter hrapavosti terena.</i>	24
<i>Tabela 2. Vrednosti parametra a in razmerja R za izbran $t_p = 10$ s.</i>	26

Slovar

Izrazi uporabljeni v strokovni podlagi imajo naslednji pomen.

Izraz	Opis
Advekcija	Širjenje onesnaževal v smeri vetra.
Asimilacija podatkov	Vključitev meritev v referenčne izračune meteoroloških modelov.
BAT	Najboljše razpoložljive tehnike (<u>B</u> est <u>A</u> vailable <u>T</u> echniques)
Brezvetrje	Obdobja, ko hitrosti vetra ne presežejo 0,5 m/s.
Celotna obremenitev zunanjega zraka	Celotna obremenitev zunanjega zraka je obremenitev zunanjega zraka, izračunana kot vsota obstoječe in dodatne obremenitve
Diagnostični vetrovni model	Vetrovni model, ki prilagaja meritve vetra terenu.
Difuzija	Proces mešanja onesnaženega zraka s čistim zrakom zaradi gibanja molekul in turbulence v ozračju.
Dimni dvig	Višina v ozračju do katere se zaradi temperature in hitrosti dvignejo odpadni plini.
Disperzija	Širjenje in redčenje onesnaževal v ozračju zaradi advekcije in difuzije.
Disperzijski model	Model širjenja onesnaženja v zunanjem zraku.
Dodatna obremenitev zunanjega zraka	Dodatna obremenitev zunanjega zraka je onesnaženost zunanjega zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanjega zraka, ki je posledica samo emisije snovi v zrak iz naprave.
Emisija snovi	Emisija snovi je izpuščanje ali oddajanje snovi iz naprave v zrak in se izraža kot: <ul style="list-style-type: none"> - koncentracija snovi v odpadnih plinih, - masni pretok snovi v odpadnih plinih, - količina vlaken v odpadnih plinih, - emisijski delež, - emisijski faktor ali - število enot vonja zaradi emisije snovi, ki povzročajo vonjave.
EV	<u>E</u> nota <u>V</u> onja
IPPC	Celovito preprečevanje in nadzor onesnaževanja (Integrated Pollution Prevention and Control)
Kakovost zunanjega zraka	Kakovost zunanjega zraka je koncentracija snovi v zunanjem zraku, ki je nastala zaradi emisije snovi v zrak in se izraža kot koncentracija snovi, ki je izračunana iz mase snovi v prostornini zunanjega zraka pri 293,15 K in 101,3 kPa, ali kot masna usedlina snovi, ki se v predpisanem času usede na enoto površine

Izraz	Opis
Konvekcija	Vertikalno gibanje zraka zaradi segrevanja površja.
Mejna vrednost emisije snovi	<p>Mejna vrednost emisije snovi je vrednost, na podlagi katere se določa čezmerna obremenitev pri oddajanju snovi v zrak iz naprave in se izraža kot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mejna koncentracija snovi, mejna količina vlaken ali mejno število enot vonja, pri čemer se mejne vrednosti emisije snovi izražajo kot polurna povprečna vrednost ali dnevna povprečna vrednost, - mejni masni pretok snovi, pri čemer se mejna vrednost emisije snovi izraža kot masni pretok snovi v eni uri obratovanja naprave, - mejni emisijski faktor, pri čemer se mejna vrednost emisije snovi izraža kot dnevna povprečna vrednost emisijskega faktorja, - mejni emisijski delež, pri čemer se mejna vrednost emisije snovi izraža kot dnevna povprečna vrednost emisijskega deleža, - mejna stopnja zmanjšanja emisije snovi, pri čemer se mejna vrednost emisije snovi izraža kot dnevna povprečna vrednost stopnje zmanjšanja emisije snovi.
Mezoskalni meteorološki modeli	Modeli, ki izvajajo izračune meteoroloških spremenljivk na skali 5 do 100 kilometrov.
Vonj	vonj je organoleptična lastnost, ki se zaznavna s čutilom za voh pri vdihavanju hlapljivih snovi, praviloma pri nizkih koncentracijah teh snovi v zraku.
Evropska enota vonja	Evropska enota vonja (v nadaljnjem besedilu: EV) je količina snovi, ki izhlapi v 1 m ³ nevtralnega plina pri 273,15 K in 101,3 kPa (v nadaljnjem besedilu; normni pogoji) in povzroči enako fiziološko reakcijo pri vdihavanju, kot jo povzroči Evropska referenčna masa vonja, ki izhlapi v 1 m ³ nevtralnega plina pri normnih pogojih.
Evropska referenčna masa vonja	Evropska referenčna masa vonja je referenčna masa referenčne snovi za določanje EV. Evropska referenčna masa vonja je enaka 123 µg n-butanola, ki v nevtralnem plinu povzroči koncentracijo 0,040 µmol/mol, če izhlapi v 1 m ³ nevtralnega plina pri normnih pogojih.
nevtralni plin	nevtralni plin je zrak ali dušik, ki je obdelan tako, da je kolikor je tehnično možno, brez vonja, in ki po mnenju panelistov ne povzroča ovir pri ocenjevanju vonja.
koncentracija vonja	koncentracija vonja je število EV v 1 m ³ plina pri normnih pogojih in se izraža v EV/m ³ .
pretok vonja	pretok vonja je količina EV, ki preide določeno površino v enoti časa. Pretok vonja se izračuna kot zmnožek koncentracije vonja, hitrosti odpadnega plina in površine, skozi katero se izpuščajo ali

Izraz	Opis
	iz katere izhajajo odpadni plini, v katerih so snovi, ki povzročajo vonj. Pretok vonja se izraža v EV/s.
Emisija vonja	Emisija vonja je izpuščanje odpadnih plinov, v katerih so snovi, ki povzročajo vonj iz virov onesnaževanja okolja z vonjem.
Območje vrednotenja	Območje vrednotenja obremenitve zunanjega zraka je območje v okolici naprave, opredeljeno z zunanjo mejo in s prostorsko opredeljenimi merilnimi mesti, na katerih se ugotavlja celotna obremenitev. Na območju vrednotenja so določena tudi merilna mesta, na katerih se ugotavljajo vrednosti dodatne obremenitve.
Obstoječa obremenitev zunanjega zraka	Obstoječa obremenitev zunanjega zraka je onesnaženost zunanjega zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanjega zraka brez vpliva emisije snovi v zrak iz naprave.
Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka	Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka je ocenjevanje kakovosti zraka v skladu s predpisom, ki ureja ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjega zraka.
Odpadni plini	Odpadni plini so plini, ki se izpuščajo iz naprave in so onesnaženi s snovmi v trdnem, tekočem ali plinastem stanju. Prostorninski pretok odpadnih plinov je izražen v kubičnih metrih na uro (m^3/h) pri normni temperaturi 273 K in tlaku 101,3 kPa ter po korekciji zaradi vsebnosti vodnih hlapov v dimnih plinih (t.j. pri normnih pogojih)
Onesnaževanje zunanjega zraka	Onesnaževanje zunanjega zraka je vnos snovi ali energije posredno ali neposredno v zrak, ki ga povzroči človek in katerega škodljivi učinki so take narave, da ogrožajo zdravje ljudi, poškodujejo žive naravne vire in ekosisteme, materialna sredstva in poslabšajo ali motijo druge rabe okolja.
Parameter hrapavosti površja	Parameter hrapavosti površja je merilo vpliva površja na gibanje zračnih tokov in intenzitete mešanja onesnaževal v višje plasti ozračja.
Prognostični meteorološki model	Prognostični meteorološki model izračuna vetrovna polja in polja ostalih meteoroloških spremenljivk z reševanjem sistema diferencialnih enačb. S časovnim integriranjem enačb je mogoče s prognostičnim modelom napovedati stanje atmosfere v prihodnje.
»p2m«	Metoda za izračun maksimalnih kratkotrajno povišanih koncentracij vonja, angleško <u>Peak to Mean</u> .
Radio sondažne meritve	Vrsta meritev meteoroloških spremenljivk atmosfere v vertikalni smeri glede na površje.
Stabilnost ozračja	Lastnost ozračja, ki definira sposobnost gibanja zraka v vertikalni smeri glede na površje.

Izraz	Opis
Število enot vonja na enoto prostornine	Število enot vonja zaradi emisije snovi, ki povzročajo vonjave, je vsebnost snovi na enoto prostornine mokrih odpadnih plinov pri standardnih pogojih, to je pri 293,15 K in 101,3 kPa, ki je izmerjena olfaktometrično in se izraža v številu enot vonja, ki je enako faktorju redčenja odpadnih plinov z običajnim zunanjim zrakom do praga zaznavanja vonja.
Temperaturna inverzija	Plast zraka v kateri temperatura zraka z višino narašča.
Validacija modelov	Proces potrjevanja pravilnosti modelskih rezultatov.
Vetrovno polje	Prostorsko in časovno odvisni podatki o smeri in hitrosti vetra na računskem območju.
Višina mešanja	Višina v ozračju do katere se mešajo onesnaževala emitirana na površju.

1. Uvod

Izpostavljenost nekaterih primerov obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem (v nadaljevanju: vonjem) v javnosti kaže, da je obremenjenost zunanjega zraka z vonjem okoljski in družbeni problem. Za učinkovito ukrepanje v primerih obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem je treba zagotoviti ustrezne mejne vrednosti, ki opredeljujejo sprejemljive ravni emisij neprijetnega vonja in/ali izpostavljenosti neprijetnemu vonju v zunanjem zraku.

1.1. Namen strokovnih podlag

Namen tega dokumenta je zagotoviti pregled zakonodaje v državah, ki imajo področje vonja že urejeno, preizkus in izbor metod za merjenje emisij vonja in ugotavljanje obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem, obravnavati obstoječo obremenjenost z vonjem na področju Republike Slovenije in predlagati ustrezne mejne vrednosti, ki opredeljujejo sprejemljivo raven emisij neprijetnega vonja in/ali izpostavljenosti neprijetnemu vonju.

Projekt za pripravo strokovnih podlag je bil zasnovan modularno, saj je potekal po fazah, ki so se medsebojno vsebinsko dopolnjevale. Rezultat vseh faz, ki so bile individualno vsebinsko zaokrožene, vendar medsebojno koherentne, je predlog mejnih vrednosti vonja v zunanjem zraku in novit sistem za obravnavanje obremenjenosti zraka z vonjem v Sloveniji.

Poleg predloga mejnih vrednosti v zunanjem zraku, so bile v sklopu projekta podlag potrjene tudi metode za izvajanje meritev vonja na vseh tipih emisijskih virov. Ustrezno ovrednotenje individualnega emisijskega vira vonja je namreč za postopke obravnavanja onesnaženosti zraka z vonjem ključnega pomena. Za zagotavljanje sistema za obravnavanje obremenjenosti zraka z vonjem je potreben nadzor emisijskih virov vonja in sistem evidence virov, opredelitev mejnih vrednosti, ki opredeljujejo sprejemljivo raven emisij neprijetnega vonja in/ali izpostavljenosti neprijetnemu vonju v zunanjem zraku.

Predlog mejnih vrednosti v tem dokumentu je rezultat emisijskih in imisijskih meritev vonja, izračunov koncentracij vonja z disperzijskim modelom prilagojenim specifičnim zahtevam obravnavanja vonjav in vremenskih razmer v Sloveniji ter analiz anket izvedenih v okoljih s prekomerno onesnaženostjo z motečim vonjem, ki ima na lokalne skupnosti negativen vpliv.

1.2. Cilji

Z namenom vzpostavitve sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem v Sloveniji je potrebno zaradi preprečevanja izpostavljenosti ljudi z neprijetnim vonjem, ki s čezmerno škodljivi za zdravje ali čezmerno vplivajo na kakovost njihovega bivanja:

- preučiti metodologije zaznavanja in spremljanja neprijetnih vonjav v zunanjem zraku ter predlagati najprimernejše metodologije, na podlagi katerih bi se v Sloveniji lahko vzpostavil zakonodajni okvir na tem področju. Predlagane metodologije naj vključujejo potrebne elemente za vzpostavitev emisijskega in/ali imisijskega monitoringa,
- izvesti meritve neprijetnega vonja po metodologijah iz predhodne alineje,
- predlagati ustrezne mejne vrednosti, ki opredeljujejo sprejemljivo raven emisij vonja in/ali izpostavljenosti vonjavam ter
- svetovanje pri pripravi predpisov, ki bodo vzpostavili sistem za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem.

2. Vonj

2.1. Osnove

Človek z vohalnim organom zaznava dražljaje, ki jih imenujemo »voh«. Na približno 4 cm² površine olfaktornega epitela zaznava vonj kot prijeten, nevtralen, ali neprijeten dražljaj. Voh je človeku in živalim izjemno pomemben dražljaj, saj z njim sprejema različne informacije iz okolja. Občutek vonja po navadi sprožijo v zraku spojine velikega števila različnih lahkih hlapnih snovi organskega ali anorganskega porekla, lahko pa ga oblikuje tudi enotna snov. Iz tega razloga se vonj lahko opredeli kot subjektivni občutek oblikovan v kognitivnih procesih, ki izhaja iz interakcije hlapnih kemičnih komponent zraka in vohalnega organa (Hedner *et al.*, 2010). Skorajda brezštevila različnih vonjav je namenjena razpoznavanju hrane, okolice in drugim življenjsko pomembnim funkcijam. Za nastanek vonjalnega dražljaja mora biti presežen prag zaznave vonja. Človek nekatere vonjave zazna že pri le nekaj molekulah snovi, torej v razmeroma nizkih koncentracijah. Zaznava je odvisna od njegove individualne občutljivosti na določene vonje, pri čemer imajo veliko vlogo tudi trajanje in pogostost obdobj z vonjem. Iz navedenih razlogov je neprijetne vonjave potrebno ocenjevati glede na veliko število kriterijev in ne zgolj kot koncentracijo snovi v zraku.

3. Pristopi za ugotavljanje obremenjenosti zunanega zraka z vonjem

V večini primerov pristopi za ugotavljanje obremenjenosti zunanega zraka z vonjem temeljijo na merjenju koncentracij in določanju maksimalnih koncentracij vonja v zraku po standardu SIST EN 13725:2006 (Brancher *et al.*, 2017).

Omenjenim ocenam lahko sledi še metoda ocenjevanja obremenjenosti zraka z vonjem z uporabo disperzijskih modelov, ki upoštevajo tudi topografske in meteorološke pogoje (Capelli *et al.*, 2013). Modeliranje omogoča izračun razdalj na katerih je vpliv vira vonja glede na meteorološke in topografske pogoje predstavlja obremenitev v okolju. Disperzijski modeli na ta način omogočajo izračune glede na meteorološke in topografske pogoje predstavlja obremenitev v okolju koncentracij vonja na območju vrednotenja in oceno obremenitve lokalnega okolja in prebivalstva.

Obnavnanje obremenjenosti zunanega zraka z vonjem temelji na primerjavi izvedenih meritev vonja in predpisanih mejnih vrednostih vonja (ang. odour impact criteria - (OIC)). Na podlagi meril OIC ugotavljamo obremenjenost zraka z vonjem glede na:

- mejne koncentracije vonja,
- skladnost izmerjenih in izračunanih koncentracij vonja z mejnimi vrednostmi izraženimi v odstotkih časa (percentil),
- čas povprečij, ki se uporablja za izračun koncentracij vonja s pomočjo disperzijskih modelov. (Brancher *et al.*, 2017, Schauburger *et al.*, 2015, Sommer-Quabach *et al.*, 2014, Cantuaria, *et al.*, 2017).

Poleg meritev koncentracij vonja in ocenjevanja širjenja vonja v zunanjem zraku z uporabo disperzijskih modelov sta za ugotavljanje obremenjenosti zraka z vonjem v uporabi tudi pristpa FIDOL in CICOP; kratica FIDOL predstavlja frekvenco (F), intenzivnost (I), trajanje (D - duration), ofenzivnost (O) in lokacija (L), kratica CICOP pa koncentracijo (C - concentration), intenzivnost (I), tip (C - character), ofenzivnost (O) in obstojnost (P - persistency). Oba pristopa sodita med temeljni merili za ocenjevanje obremenjenosti zunanega zraka z vonjem (Brancher *et al.*, 2017, Ministry for the Environment New Zealand, 2016).

Poleg predpisov predvideva zakonodaja v različnih državah tudi druge ukrepe za zmanjšanje obremenjenosti zraka z vonjem. Eden izmed takih primerov so zaključki BAT, ki za zmanjšanje emisij predvidevajo uporabo najmodernejših tehnik (Valli *et al.*, 2015).

3.1. Metoda CICOP

Metoda CICOP (kratica pomeni C – koncentracija, I - intenzivnost, C - karakter, O – ofenzivnost in P - obstojnost vonja) se nanaša na značilnosti vonja, ki jih lahko izmerimo z analitskimi metodami (npr. fizikalno kemijske metode), senzoričnimi metodami (npr. dinamična olfaktometrija) in analitsko-senzoričnimi metodami (npr. elektronski nos) (Brancher *et al.*, 2017). Uporaba kombinacije metod omogoča vrednotenje vonja tako po kemični sestavi, kot intenzivnostjo ali hedoniko vonja, ki vpliva na človeka.

3.1.1. Koncentracija (C)

Zakonodaje za ovrednotenje vonja najpogosteje navajajo mejne koncentracije vonja, saj z medsebojno primerjavo koncentracij najlažje primerjamo vplive emisijskih virov vonja. Poleg tega se koncentracija vonjav uporablja tudi za izračun emisij vonjav na izpustih in zagotavlja vhodne podatke za disperzijske modele (Capelli *et al.*, 2013). Meritve koncentracije vonja potekajo v kontroliranem laboratorijskem okolju z uporabo olfaktometra po postopku dinamične olfaktometrija (standard SIST EN 13725: 2006 Capelli *et al.*, 2009). Vonjave v postopku dinamične olfaktometrije senzorično zaznavajo preskuševalci oziroma panelisti, ki so predhodno testirani in usposobljeni za izvedbo takšnih meritev (Schmidt *et al.*, 2010).

Postopek določanja koncentracije vonja po metodi dinamične olfaktometrije je standardiziran v Avstraliji in Novi Zelandiji: AS / NZS 4323.3: 2001 (AS / NZS, 2001), v državah Evropske unije: SIST EN 13725:2006 (CEN, 2003) in v ZDA: ASTM E679-04 (Brancher *et al.*, 2017, McGinley *et al.*, 2002). V Nemčiji vzporedno s standardom SIST EN 13725:2006 upoštevajo tudi navodila določena v smernici VDI 3884 1. del: 2015 (VDI 3884 1. del, 2015).

Kemično snovi v zraku se lahko meri tudi s fizikalno-kemijskimi metodami, kot sta plinska kromatografija in masna spektrometrija (GC-MS) (Brattoli *et al.*, 2013). Z novejšimi tehnikami, npr. plinska časovna kromatografija in masna spektrometrija (GC-TOFMS) je mogoče še natančneje identificirati in količinsko ovrednotiti spojine pri zelo nizkih koncentracijah. GC-TOFMS je hitra in zelo natančna metoda, ki se razlikuje od običajnih GC-MS, saj omogoča učinkovitejšo analizo (do 50%) spojin v istem vzorcu zraka. Slabost navedenih metod je, da ne dopuščajo ovrednotenja hedoničnega tona (Byliński *et al.*, 2017). Obremenitev z vonjem namreč ni odvisna le od koncentracije vonja, temveč tudi od značaja ali hedoničnosti številnih sestavin vonja, ki tvorijo interakcijo spojin v zraku.

3.1.2. Intenzivnost (I)

Intenzivnost vonja je definirana kot stopnja vpliva na stimulus v olfaktorjem sistemu, ki povzroča občutek vonja (Keller *et al.*, 2007). Razmerje med intenzivnostjo in logaritemskimi koncentracijami vonja je linearno in se lahko opiše kot logaritemska funkcija v skladu z Weber-Fechner-jevim zakonom:

$$I = a \log C + b$$

Odvisnost med intenzivnostjo in koncentracijo vonja lahko opišemo tudi kot funkcijo v obliki Stevensovega zakona (Brancher *et al.*, 2017):

$$I = k C^n$$

Logaritemska transformacija, ki se uporablja za to funkcijo se glasi:

$$\log I = n \log C + \log k$$

kjer je I intenzivnost vonja, C koncentracija vonja, a, b, k in n pa so konstante. Obe formuli opisujeta razmerje med intenzivnostjo in koncentracijo za določen vonj ali za kompleksne mešanice vonja. Te funkcije se lahko uporabljajo tudi za opis razmerja med neprijetnostjo in koncentracijo vonja. Intenzivnost vonja je različna in specifična za posamezne snovi. Pri enaki koncentraciji imajo namreč vsi vonji različno intenzivnost. Tako je pri enaki

koncentraciji vonja, na primer 16 EV/m³, lahko intenzivnost vonja označena kot »šibka«, v drugem primeru pa lahko kot »močna«.

Intenzivnost vonja je kvantificirana na podlagi referenčnih lestvic, po katerih primerjamo zaznano intenzivnost vonja z intenzivnostjo vonja referenčnega plina (n-butanol za olfaktometrijo). Standardne referenčne lestvice za merjenje intenzivnosti vonja so v veljavi v Nemčiji, kjer izvajajo ocenjevanje po smernici VDI 3882 e 1. del: 1992 (VDI, 1992), v ZDA po smernici ASTM E544-10 (ASTM, 2010) in v Franciji po smernici AFNOR X 43-103 (AFNOR, 1993). V Nemčiji standard VDI 3882 - 1. del: 1992 temelji na različnih stopnjah redčenja vzorcev in predstavitvi vzorcev z dinamičnim olfaktometrom, kjer panelisti ocenjujejo intenzivnost vonja na 7-stopenjski lestvici. V Združenih državah Amerike standard ASTM E544-10 uvaja dve metodi, in sicer dinamično metodo in statično metodo. Prva temelji na metodi dinamične olfaktometrije, druga pa na uporabi niza erlenmajeric s fiksnimi razredčitvami n-butanola v vodi, ki hlapijo v okoliški zrak. Podobno temelji francoski standard AFNOR X 43-103 na statični metodi, ki uporablja 5-točkovno lestvico, iz različnih koncentracij n-butanola v vodni raztopini (Brancher *et al.*, 2017)

Metoda z uporabo statične lestvice se na terenu pogosto uporablja tudi za določanje intenzivnosti vonja v bližini vira vonja. Takšen primer je nemška smernica VDI 3940 - 3. del: 2010 (VDI, 2010a). Pri uporabi slednje je potrebna previdnost, saj se lestvica intenzivnosti po VDI 3940 - 3. del: 2010 razlikuje od VDI 3882 - del 1:1992. Potrebno je poudariti, da se metoda VDI 3940 - del 3: 2010, uporablja za ocenjevanje vonja s tako imenovano mrežno metodo in »plum« metodo na terenu, medtem ko je smernica VDI 3882 -del 1:1992 namenjena postopku dinamične olfaktometrije. Glavna prednost statične metode ocenjevanja intenzivnosti vonja so nizkih stroški izvedbe (Brancher *et al.*, 2017).

3.1.3. Karakter vonja (C)

Brancher *et al.*, 2017 razvrščajo karakterje vonja po posameznih predhodno določenih kategorijah. Za kategorizacijo vonja je v praksi na voljo več seznamov kategorij vonja. Eden izmed takih je seznam z osmimi kategorijami (tj. rastlinski, sadni, cvetni, medicinski, kemični, ribji, agresivni, zemeljski). Karakterizacija vonja poteka tako, da vonj najprej uvrstimo v eno izmed navedenih kategorij. Rezultat kategorizacije vonja je po navadi predstavljen na polarnem diagramu ali kot histogram. Kategorizacije vonja je uporabna zlasti v kombinaciji z analitskimi metodami (plinska kromatografija – masna spektrometrija), saj meritev koncentracije plina dopolni z informacijo o vrsti oziroma tipu vonja (DEFRA, 2007).

3.1.4. Ofenzivnost (O)

Ofenzivnost (ali hedonični ton) je merilo prijetnosti in neprijetnosti vonja v določeni koncentraciji. Pri zaznavanju vonja lahko človek kvalitativno razlikuje prijetna in neprijetna občutja. Hedonični učinek, imenujemo ga tudi sprejemljivost vonja, ovrednoti vpliv na človeka glede na koncentracijo in vrsto vonja. Sprejemljivost se torej lahko spreminja v odvisnosti od koncentracije in vrste vonja, in sicer od »posebej prijetnega« do »posebej neprijetnega«. Pogost problem, ki se pojavi ob merjenju vonjav je, da koncentracije posameznih spojin v zraku ne sovpadajo z intenzivnostjo vonja in hedoničnim tonom, ki ju zaznavamo (Phung *et al.*, 2005).

Zaznavanje hedoničnega tona vonja je subjektivno za vsakega posameznika. Odvisno je od njegovih nedavnih izkustev in izkustev v različnih obdobjih njegovega življenja, ki so se mu vtisnila v spomin. Zato se ofenzivnosti ne bi smela odražati kot mnenja splošne populacije, ampak bi bilo potrebno rezultate ocenjevanja tolmačiti kot podatek o hedoničnem tonu v časovnem okviru izvedbe meritev.

Podobno, kot se uporablja za določitev intenzitete vonja lestvica, je bila tudi za kvantifikacijo hedoničnega tona razvita številna lestvica za ugotavljanje raznolikosti med hedoničnimi toni vonjav. Podobno kot intenzivnost se lahko tudi hedonični ton določi po postopku dinamične olfaktometrije ali statične metode.

Mednarodno sprejetega merila za ocenjevanje hedoničnega tona ni. Nemški standard VDI 3882 - del 2 in nizozemski Standard NVN 2818: 2005 nl (NEN, 2005) predlagata ocenjevanje hedoničnega tona z uporabo metode

dinamične olfaktometrije in 9 stopenjske lestvice (Brancher *et al.*, 2017). Za določitev hedoničnega tona se je določila 9 stopenjska številna lestvica v intervalu med – 4 in 4, kjer predstavlja -4 izredno neprijeten vonj, 4 pa izredno prijeten vonj. Za potrebe določanja mejnih vrednosti smo uporabili 4 stopnje ofenzivnosti, in sicer:

- majhna stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -1 in 1),
- srednja stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -2 in 2),
- velika stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -3 in 3),
- izredna stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -4 in 4).

Ker lahko poteka določanje hedoničnega tona po metodi dinamične olfaktometrije, na terenu pa po principu mrežne metode, so v veljavi različni standardi. Nemška smernica VDI 3882 - 2. del predvideva uporabo dinamičnega olfaktometra, smernica VDI 3940 - 3. pa je namenjena izvajanju ocenjevanja hedoničnega tona s panelisti na terenu (mrežna metoda) (Brancher *et al.*, 2017).

3.1.5. Obstočnost (P)

Obstočnost opisuje stopnjo zmanjševanja intenzivnosti vonja glede na oddaljenost od emisijskega vira. Faktor obstojnosti je velik, če zaznamo vonj na veliki oddaljenosti od vira kljub temu, da se je vonj širil v velikem volumnu zraka. Vrednost obstojnosti vonja izračunamo z uporabo Stevensovega zakona (Kai and Schäfer, 2004), po katerem je koncentracija vonja izražena kot logaritem razmerja redčenja, intenziteta vonja pa kot logaritem koncentracije plina n-butanol (Brancher *et al.*, 2017).

3.2. FIDOL

Uporaba FIDOL faktorjev (Frekvenca, Intenziteta, (Duration) Trajanje, Ofenzivnost, Lokacija) omogoča vrednotenje obremenjenosti zraka z vonjem. Številni obstoječi predpisi in kriteriji za ugotavljanje obremenjenosti okolja z vonjem vsaj delno temeljijo na pristopu FIDOL. Frekvenca pojavljanja vonja je predstavljena v percentilih in definira dovoljeno število preseganj predpisanega praga koncentracije vonja. Metoda FIDOL nadalje upošteva intenzivnost vonja in čas izpostavljenosti vonju. Posamezniki so namreč lahko izpostavljeni motečemu vonju občasno v krajših časovnih intervalih ali pa kontinuirano v daljših časovnih intervalih. Faktor ofenzivnosti vonja kategorizira vonj glede na hedonični ton, lokacija pa je povezana z rabo tal v okolici vira vonja in se nanaša na namembnost zemljišč (vnaprej določena območja z visoko stopnjo varovanja, npr. šole, bolnišnice, kraji pritožb). Faktor lokacije lahko upošteva tudi socialno ekonomske razmere, strpnost in pričakovanja populacije (Invernizzi *et al.*, 2016, Griffiths, 2014, Ouellette *et al.*, 2010).

4. Metode ocenjevanja obremenjenosti zunanjega zraka z motečim vonjem

4.1. Dinamična olfaktometrija

Najbolj razširjena metoda za vrednotenje vonja je dinamična olfaktometrija. Za izvedbo meritev mora biti zadoščeno naslednjim pogojem:

- mesta za odvzem vzorcev odpadnih plinov morajo biti primerno izbrana,
- sistem za odvzem vzorcev ne sme vplivati na koncentracijo vonja v odvzetih vzorcih odpadnih plinov,
- vreče za vzorce morajo biti izdelane iz materiala, ki ne vpliva na odvzete vzorce odpadnih plinov (nalofan, tedlar, teflon ipd.),
- postopek dinamične olfaktometrije mora biti opravljen najkasneje v 24 urah po odvzemu vzorcev odpadnih plinov; priporočljiva je čim hitrejša analiza vzorca (SIST EN 13725: 2006),
- naprava za merjenje vonja mora biti standardiziran olfaktometer.

Postopek določanja koncentracije, intenzitete in hedoničnega tona vonja poteka v ustrezno opremljenem laboratoriju, ki omogoča meritve vonja po standardu SIST EN 13725: 2006 (Schmidt and Cain 2010, 2009). Z

uporabo olfaktometra so preskuševalci oziroma panelisti izpostavljeni različnim koncentracijam vonja. Ker preskuševalci, zaradi kontaminacije olfaktornega sistema, ne smejo biti izpostavljeni visokim koncentracijam vonja, so na začetku postopka izpostavljeni nizkim koncentracijam vonja, ki jim v nadaljevanju sledijo višje. Naloga preskuševalcev je ugotoviti, ali v predstavljenem vzorcu onesnaženega zraka vonj zaznajo. Koncentracija vonja pri kateri preskuševalec vonj zazna je prag zaznavanja vonja (Sironi *et al.*, 2010).

4.1.1. Postopek določanja koncentracije vonja s postopkom dinamične olfaktometrije

V evropskem standardu SIST EN13725:2006 je 1 enota vonja (1 EV) definirana s točno določeno koncentracijo referenčnega plina n-butanol, ki je certificiran referenčni material. Evropska referenčna masa vonja (EROM) je sprejeta referenčna vrednost, ki je enaka 123 µg plina n-butanol (CAS-Nr.71-36-3). Če v 1 m³ nevtralnega plina pri standardnih pogojih izhlapi 1 EROM (123 µg plina n-butanol), je koncentracija plina n-butanol v tem kubičnem metru zraka enaka 0,040 mmol/mol oziroma 40 ppbv (delež volumna). Ena enota vonja v kubičnem metru zraka (1 EV/m³) je enaka koncentraciji 40 ppbv n-butanol v 1 kubičnem metru zraka. Koncentracija vonja ima torej enoto EV/ m³ in je izražena z vrednostjo 1 Evropske Referenčne Mase Vonja (ang. 1 EROM). V standardu SIST EN 13725:2006 je definiran tudi prag zaznavanja vonja Z₅₀ pri katerem zazna vonj 50 odstotkov populacije (Brancher, *et al.*, 2017).

Navodila in pogoje za izvedbo postopka dinamične olfaktometrije navaja standard SIST EN 13725:2006 (Kakovost zraka - Določevanje koncentracije vonja z dinamično olfaktometrijo – Popravek AC, SIST EN 13725:2006). Meritve se izvajajo pri sobni temperaturi (293 K), normalnem atmosferskem pritisku (101,3 kPa) in vlažnosti zraka po ISO 10780. Ker metoda olfaktometrije temelji na občutljivosti človeškega nosu, so najpomembnejši del standardov navodila za izbiro preskuševalcev. Ustrezen preizkuševalec mora skladno s smernicami zaznavati povprečno koncentracijo vonja, ki ga zaznava najširša populacija. Iz tega razloga so izbrani za olfaktometrijske meritve le preizkuševalci s povprečno občutljivostjo zaznavanja plina n-butanol, ki mora biti v območju 20-80 ppbv. Raziskave kažejo, da spol preskuševalcev in njihove navade, denimo kajenje, nimajo nobenih značilnih vplivov na rezultate meritev. Vsekakor pa na njihovo občutljivost vpliva starost. Pri izvedbi meritev morajo sodelovati vsaj štirje panelisti, ki so starejši od 16 let.

Pri olfaktometrijskih meritvah je potrebno posebej paziti, da se izognemo vplivom, ki bi lahko vplivali na čutila preizkuševalcev. Ti morajo biti zdravi, neposredno pred (30 minut) in med olfaktometrijskimi meritvami naj ne uživajo hrane ali pijač, razen vode. Preizkuševalci in vodje meritev ne smejo uporabljati intenzivnih sredstev za telesno nego oziroma kozmetiko. Trajanje meritev naj bo omejeno na 30 minut, saj preizkuševalci ne smejo biti preobremenjeni (SIST EN 13725:2006).

Koncentracija neprijetnih vonjav (EV/m³) je določena na način, da se koncentracija razredčenega vonjalnega vzorca v mešanici s čistim zrakom povečuje po stopnjah do meje praga zaznavanja preizkuševalcev, ko vonj pri določeni koncentraciji zazna 50% preizkuševalcev in dobi vtis "vonjam nekaj", s čimer se določi njihov prag zaznavanja vonja. Panelisti pri dinamični olfaktometriji določajo vonj na dveh vonjalnih čašah olfaktometra. Na eni izhaja čist zrak, na drugi zrak z motečim vonjem. Četudi panelist v določenih koncentracijah vonja še ne zazna, se po metodi "prisilne odločitve" (Forced choice method) slepo odloča za čašo za katero meni, da je zaznal vonj. Na ta način ima panelist 50 % možnost, da ugaane pravilni odgovor. Obenem odgovarja še o svoji prepričanosti v odločitev, kar je pomembno za statistični izračun. Odgovarja v kakšni meri je v svojo odločitev prepričan, in sicer: 1 – ugibam, 2 – nisem prepričan, 3 – sem prepričan v odločitev. Na podlagi različnih redčitev vzorca in odgovorov preskuševalcev se izračuna koncentracija vonja (EV/m³) v vzorcu onesnaženega zraka.

Pomemben je tudi zadosten volumski pretok zraka iz čaše. Če je pretok zraka prenizek, lahko na panelistovo odločitev vplivajo razmere v laboratoriju (ki so sicer prav tako standardizirane), prevelik pretok zraka pa lahko oslabi njegovo čutno zaznavnost. Upoštevati je potrebno tudi odmore med meritvami, ki morajo trajati več kot eno minuto. Na ta način preprečimo navajanje panelista na določen vonj in dvig praga zaznavanja (SIST EN 13725:2006).

Ključni elementi Standarda SIST EN 13725: 2006 so merila kakovosti za natančnost in ponovljivost meritev. Standard je rezultat številnih študij, razvoja in preizkusov metod za meritve koncentracij vonja. Uvedene so smernice, ki predpisujejo opremo in metodologije za vzorčenje odpadnega zraka in analizo, glavni namen standarda pa je zagotoviti dosledne postopke za izvajanje meritev in zagotoviti primerjave med laboratoriji glede na referenčni plin (n-butanol). Trenutno je EN 13725:2006 v postopku posodabljanja. Delovna skupina, odgovorna za vodenje postopka nadgrajevanja je Tehnični odbor CEN TC264 Air Quality.

4.2. Anketiranje

Specifičnost ocenjevanja obremenjenosti zunanjega zraka in lokalnih skupnosti z motečim vonjem je, da lahko zazna vonj v zraku vsak posameznik. Kljub temu, da je zaznavanje vonja pri ljudeh subjektivno, je ena izmed metod, ki se uporablja za preverjanje obremenjenosti ljudi z motečim vonjem, metoda anketiranja. Anketiranje se izvaja na območju, kjer se pojavljajo moteče vonjave. Celotno območje vrednotenja se lahko za potrebe lažjega in preglednejše izvedbe razdeli v posamezna območja (Brancher and Lisboa, 2014).

Bistvo ankete je ugotoviti obremenjenost ljudi z motečim vonjem, zato anketne vprašalnike pogosto sestavljajo vprašanja vezana na kriterije ocenjevanja vonjav: intenziteta, hedonični ton, frekvenca (pogostost pojavljanja) in čas dneva v katerem se pojavljajo »epizode« vonja (Henshaw *et al.*, 2006, Sakawi *et al.*, 2011). Okolje se smatra za obremenjeno z motečimi vonjavami, ko več kot 20 % anketirancev potrdi prisotnost motečega vonja. Anketa je sicer najcenejša in najenostavnejša metoda ocenjevanja obremenjenosti z motečimi vonjavami, vendar je žal težko izločiti nepristransko presojo anketirancev. Anketiranje je primerno predvsem v urbanih okoljih, z določenimi omejitvami pa metodo anketiranja lahko izvajamo tudi v ruralnem okolju. V obeh primerih je potrebno na območju anketiranja razlikovati med obstoječo obremenjenostjo zraka z motečim vonjem in obremenjenostjo, ki jo skušamo ovrednotiti z anketiranjem. Pri tolmačenju zbranih podatkov je ključnega pomena zanesljivost metode, njena natančnost in veljavnost (VDI 3883, Zv. 1). Pred izvedbo anketiranja je potrebno ustrezno izbrati tip anketiranja (npr. v izbranih točkah, na izbrani površini ali pa liniji), glede na izkušnje lokalnega prebivalstva ali uradnikov kvantitativno oceniti emisijo vonja, preučiti topografijo terena in upoštevati meteorološke podatke (če so na voljo).

Anketo naj sestavljajo vprašanja o:

- onesnaženju z motečim vonjem na splošno,
- intenziteti in hedoničnem tonu vonja,
- frekvenci pojavljanja motečega vonja,
- odzivu anketiranca na obremenitev z motečimi vonjavami (uporaba nominalne skale in opisno),
- odzivu anketiranca ob največji obremenitvi,
- vplivu izpostavljenosti motečemu vonju na kakovost življenja z vidika bivanjskih razmer in zdravja.

Razen osnovnih vprašanj je priporočljivo vsebino ankete prilagoditi specifičnosti lokalne skupnosti in lokaciji, kjer se anketa izvaja.

Za izbor anketirancev se največkrat uporabi metoda naključnega vzorca (ang. random selection), ki vključuje izbor naslovov iz registra stanovalcev na območju vrednotenja ali pa naključni »ulični« izbor anketirancev. V obeh primerih je potrebno paziti, da se pokrije celotno območje potencialnega obremenjevanja. Pogoji je, da so anketiranci stari vsaj 18 let. V prvi fazi »uličnega« izbora anketirancev je najpomembnejše, da se anketar sprehodi po območju in naključno izbere določeno število oseb različnih starosti in spolov. V preteklosti so se podatki zbirali predvsem ustno, pisno ali telefonsko, dandanes pa so najučinkovitejše spletne ankete. Anketirance se obvesti o namenu in ciljih ankete in o tem kje lahko dobijo natančnejše informacije, kot tudi o njihovih pravicah, še posebej o anonimnosti.

Zaradi zagotavljanja reprezentativnosti rezultatov ankete, mora biti vzorec anketirancev primerno velik. Ob enem je pri analiziranju podatkov potrebno upoštevati tudi število neodgovorjenih ali delno izpolnjenih anketnih vprašalnikov (VDI 3883, Zv. 1).

4.3. Meritve motečih vonjav na terenu

4.3.1. Odvzem vzorcev na terenu za postopek dinamične olfaktometrije

Ker so v postopek dinamične olfaktometrije vključeni preizkuševalci, vzorci zraka za dinamično olfaktometrijo ne smejo biti strupeni. Za vzorčenje zraka se uporabljajo vzorčevalne vreče iz materiala, ki je inerten in na odvzeti vzorec zraka nima vpliva (standard SIST EN13725:2006 predlaga materiale teflon, tedlar ali nalofan).

Za vzorčenje na terenu se uporablja vzorčevalni sistem, ki črpa vzorec zraka neposredno v vrečo. Sistem sestavljata komora z vzorčevalno vrečo in črpalka, ki v komori ustvarja podtlak. Odvzem zraka mora trajati vsaj tri minute. Postopek odvzema vzorcev zraka je velikokrat težaven, saj se povišane koncentracije vonja v zunanjem zraku pogosto pojavljajo v kratkih časovnih intervalih (SIST EN 13725: 2006).

4.3.2. Meritve neprijetnih vonjav s prenosnim olfaktometrom

Meritve na predhodno določenih merilnih mestih z uporabo prenosnega olfaktometra izvaja usposobljen preizkuševalec (izpolnjevati mora kriterije za preizkuševalca navedene v standardu SIST EN13725). Podobno, kot pri postopku dinamične olfaktometrije, je funkcija prenosnega olfaktometra redčenje onesnaženega zraka s čistim zrakom. Prag zaznavanja in s tem koncentracija vonja se določi glede na redčitev, pri kateri preizkuševalec zazna vonj. Metoda je sicer uporabna za merjenje koncentracij vonjav na terenu, vendar je zaradi določenih tehničnih poenostavitev lahko netočna. Pri nekaterih izvedbah prenosnega olfaktometra povzroča težave kontaminacija preizkuševalčevega olfaktornega sistema, pri drugih pa netočnost sistema za redčenje vzorcev zraka.

4.3.3. Ocenjevanje obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem s preizkuševalci

Metodologiji zbiranja in analize podatkov o obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem s preskuševalci oz. panelisti na terenu sta določeni s standardom EN 16841, ki je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu z naslovom EN 16841-1 Ambient air – Determination of odour in ambient air by using field inspection – Part 1: Grid method je opredeljena tako imenovana »mrežna« metoda, ki je namenjena ugotavljanju izpostavljenosti vonju na območju vrednotenja s preizkuševalci na terenu. Metoda, ki je opisana v drugem delu standarda z naslovom EN 16841-2 Ambient air – Determination of odour in ambient air by using field inspection – Part 2: Plume method predvideva podobno, kot »mrežna metoda«, ocenjevanje vonja s preizkuševalci na terenu, vendar z razliko, da je namen druge metode oceniti razdaljo od izpusta na kateri preizkuševalci vonja ne zaznajo več (West, 2015).

Metodi s preizkuševalci na terenu ne ocenjujeta intenzivnosti in hedoničnega tona vonja. Cilj mrežne metode je namreč ugotoviti obremenjenost zunanjega zraka z vonjem na območju vrednotenja glede na pogostost pojavljanja vonja. Preizkuševalci, ki so na terenu razporejeni na predhodno določenih lokacijah, ocenjujejo ali vonj zaznajo ali ne. Zadostno število ponovitev omogoča izračun pogostosti pojavljanja vonja na določenem mestu. V primeru, da preizkuševalec vonj zazna, ga mora uvrstiti v eno izmed znanih kategorij vonja.

Podobno kot »mrežna« metoda, tudi metoda za ocenjevanje oddaljenosti od izpusta (v nadaljevanju : metoda za ocenjevanje razdalje (in površine)), na kateri vonj ni več zaznaven, ne predvideva ocenjevanje intenzitete in hedoničnega tona vonja. Cilj metode je zagotoviti izključno oceno o oddaljenosti od izpusta vonja in oceno površine na kateri še lahko zaznamo njegov vpliv. Predvsem prvi podatek je uporaben tudi za validacijo izračunov širjenja vonja v zunanjem zraku z uporabo disperzijskih modelov.

Mrežne meritve se izvajajo v daljšem časovnem obdobju (6 ali 12 mesecev), saj je potrebno zagotoviti oceno o obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem glede na letni časi, dan v tednu, uro v dnevu in glede na vremenske razmere. Merilne točke (tj. lokacije panelistov) so določene vnaprej. Vsaka merilna točka je ocenjena bodisi 13 ali 26-krat, odvisno od časovnega intervala izvajanja meritev. Dnevi in časi vsakega merjenja vonja so določeni pred začetkom raziskave.

V nasprotju meritve po standardu EN 16841-2 »Plume method« niso načrtovane vnaprej, temveč se izvajajo takrat, ko so vremenski pogoji primerni za tvorjenje približno homogenega volumna zraka z vonjem v prizemni plasti ozračja. Pogosto je število merilnih dni v primerjavi z mrežnim tipom meritev manjše, kar pomeni, da je meritev manj in je reprezentativnost analize obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem omejena.

Mrežne meritve so zaradi velikega števila meritev na terenu drage (do 26 posameznih meritev na merilno mesto). Poleg tega lahko vpliva na končni rezultat tudi dolg časovni interval med pričetkom in koncem meritev (trajanje 6 ali 12 mesecev). Podobne omejitve ima tudi metoda »Plume method« za ocenjevanje razdalje (in površine) od emisijskega vira na kateri vonja preizkuševalci ne zaznajo več. Izvedba meritev je zahtevna, ker je potrebno odhode na teren uskladiti z vremenskimi razmerami, predvsem smerjo in hitrostjo vetra (West, 2015).

S stališča ocenjevanja obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem je priporočljiva izvedba obeh metod (mrežne metode in metode ocenjevanja razdalje (in površine)), saj se izsledki obeh metod medsebojno dopolnjujejo.

4.4. Analitski merilni postopki za ocenjevanje neprijetnih vonjav

Za kvalitativno, predvsem pa kvantitativno ocenjevanje vonjalnih snovi se uporabljajo tudi različni analitski merilni postopki. Z analitskimi postopki se določa prisotnost in količine posameznih snovi v zraku. Kolikor so vonjave le iz virov emisij, ki emitirajo samo eno snov ali v mešanica, kjer je dominanten vonj ene snovi, so analitske metode ustrezne in izpovedne. Prav tako se analitske postopke uporablja tudi v primerih, ko so merjene snovi strupene. Poleg znanih analitskih postopkov, kot so analize na plamenskih ionizacijskih detektorjih (FID), plinskih kromatografih (GC) in drugih, se uvaja tudi senzorsko analitske meritve (elektronski nosovi) (Muñoz *et al.*, 2010).

Za določevanje posameznih snovi se uporabljajo instrumentalne analitske metode, kjer določanje lahkih hlapnih komponent običajno temelji na ločevanju snovi s plinsko kromatografijo ali detekcijo z masno spektrometrijo. S plinsko kromatografijo se ločuje komponente, ki so hlapne v območju od 50°C do 400°C. Običajno so to manjše molekule, saj večje pri takih pogojih razpadejo še preden pridejo čez »merilno« kolono plinskega kromatografa. Na izhodu iz kolone se posamezne frakcije komponente zazna z ustreznim detektorjem. Detektorji, ki se jih najpogosteje uporablja v kombinaciji s plinsko kromatografijo, lahko merijo toplotno prevodnost nosilnega plina, količino ionov, ki nastanejo ob sežigu komponent v vodikovem plamenu (FID - flame ionization detector) ali spremembo števila elektronov, ko mimo izvora elektronov teče nosilni plin z ločenimi komponentami (ECD - electron capture detector).

Za detekcijo in identifikacijo spojin z intenzivnim vonjem se najpogosteje uporablja detekcija z masno spektrometrijo. Masni spektrometer na koncu kapilarne kolone, večkrat na sekundo posname masni spekter komponent, ki prihajajo skozi kolono in ga shrani v spominu računalnika.

Po končani kromatografski ločbi je mogoče posamezne komponente identificirati in kvantificirati s pomočjo primerjave posnetih in shranjenih spektrov s spektri v banki spektrov znanih snovi, ki je shranjena v računalniku. Kot markerji se zato najpogosteje uporabljajo snovi, ki so najznačilnejše za določene vonje, npr. hlapne maščobne kisline, fenol, p-krezol, skatol, očetna kislina in amonijak (Bartsch *et al.*, 2016).

Elektronsko merjenje neprijetnih vonjav se izvaja s tako imenovanimi elektronskimi nosovi. Te sestavljajo vrstni senzori koncipirani za območje zaporednega merjenja posameznih komponent vonjalnih snovi in predstavljajo podoben sistem, kot ga predstavlja sistem vohalnih celic v nosu. V primerjavi z metodami, ki temeljijo na organoleptičnih zaznavanjih (olfaktometrija) se zdi merjenje z elektronskim nosom bolj praktično in hitrejše. Vendar je njegova občutljivost približno za faktor 10^2 manjša od občutljivosti človeškega nosu ali GC-MS analize, metoda pa zaradi tega manj zanesljiva in natančna.

4.5. Disperzijski modeli

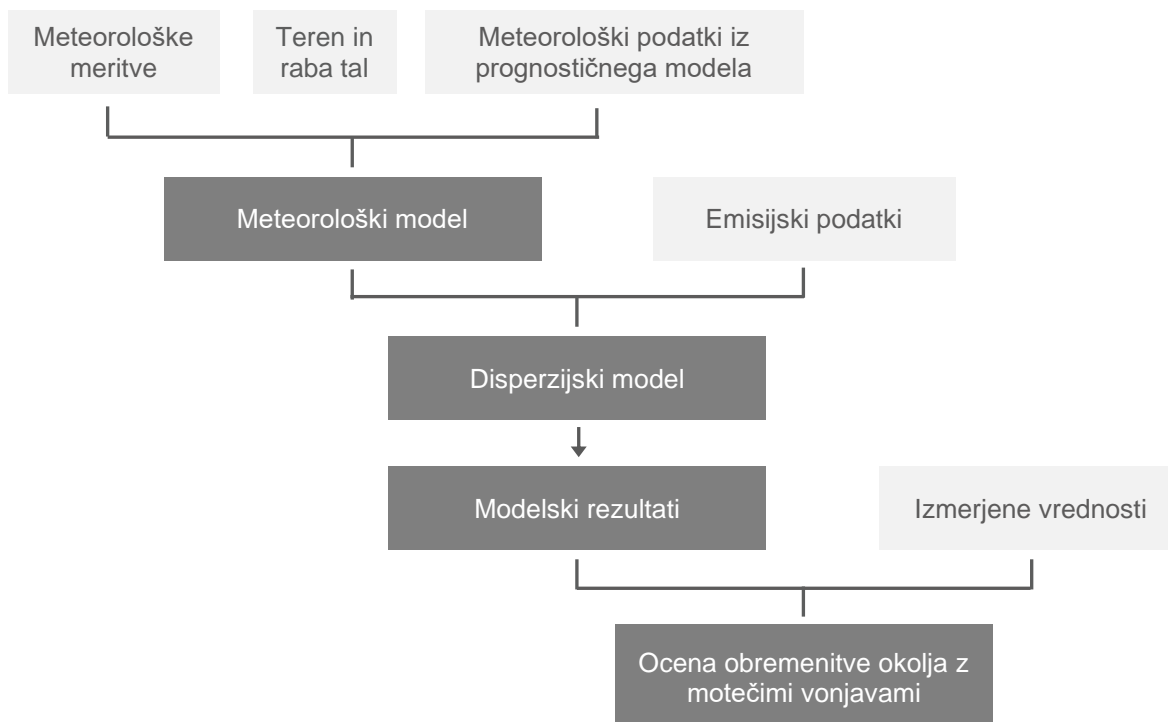
Emisije snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja, so lahko škodljivi za okolje in zdravje ljudi. Ker je izvajanje meritev mogoče le v diskretnih točkah prostora, poleg tega pa je potrebno upoštevati tudi merilno negotovost posamezne meritve, je bilo dodatno uvedeno spremljanje širjenja onesnaževal v ozračju z disperzijskimi modeli. Uporaba disperzijskih modelov omogoča spremljanje koncentracij onesnaževal na širšem območju vrednotenja in dopolnjuje meritve na terenu.

4.5.1. Ocenjevanje vplivov na okolje z disperzijskimi modeli

Disperziji onesnaževal sledimo poleg meritev tudi z disperzijskimi modeli, ki simulirajo širjenje onesnaževal v ozračju. Cilj uporabe disperzijskih modelov je oceniti ali napovedati koncentracijo onesnaževal na območju vrednotenja okoli emisijskega vira in preprečiti škodljive vplive na okolje.

Disperzija, eden pomembnejših atmosferskih procesov, ki skrbi za transport snovi v ozračju, temelji na dveh procesih, in sicer advekciji snovi z vetrom in mešanju snovi prečno na smer vetra. Onesnaževalo se torej v horizontalni smeri vedno širi tja kamor piha veter, učinkovitost mešanja onesnaževala v vertikalni smeri pa je odvisna od stabilnosti ozračja. Slednja je povezana s turbulentno difuzijo, ki je posledica naključnega gibanja manjših in večjih vrtincev v atmosferi. Učinkovitost mešanja onesnaževal s čistim zrakom je torej odvisna predvsem od turbulence v atmosferi. V stabilnem ozračju, ko je turbulentna difuzija šibka, je proces disperzije neučinkovit in lahko v okolici emisijskega vira pričakujemo visoke koncentracije onesnaževal. Nasprotno velja za nestabilno ozračje, ko je proces disperzije učinkovit in se onesnaževalo dobro meša z okoliškim zrakom. V tem primeru so koncentracije onesnaževal na vplivnem območju emisijskega vira nizke. Poudariti velja, da zaradi kompleksnosti turbulentne difuzije, neposredne metode za določanje odvisnosti koncentracij onesnaževal in meteoroloških spremenljivk ni.

Preprosti disperzijski modeli so se začeli uporabljati že pred desetletji. Prvi modeli so bili za uporabo pripravljeni v obliki formul, tabel in grafov. Z razvojem računalnikov so disperzijski modeli postajali vse naprednejši. Sodobni disperzijski modeli so skupek računalniških programov, ki za izračun disperzije potrebujejo številne vhodne podatke. V večini primerov jedro disperzijskega modelskega sistema sestavljata meteorološki in disperzijski model. Izhodni modelski podatki so naknadno obdelani z namensko programsko opremo, ki uporabniku omogoča pregled meteoroloških podatkov, koncentracij onesnaževal in ostalih izračunanih podatkov. Okvirna struktura disperzijskega modela je prikazana na spodnji sliki.



Slika 1. Sistem disperzijskega modela.

Disperzijske modele se najpogosteje uporablja za časovno in prostorsko ocenjevanje koncentracij onesnaževal na območju vrednotenja v okolici industrijskih virov. Z njimi želimo obravnavati in preprečiti potencialno škodljive

vplive na okolje in zdravje ljudi. Tovrstno uporabo modelov zahteva v Sloveniji uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja. Uredba v prilogi 3 predvideva tudi uporabo modela za izračun višine odvodnika.

Modele lahko uporabimo za:

- izračune koncentracij na vplivnem območju obstoječih emisijskih virov,
- prostorsko umeščanje novih industrijskih obratov in obravnavanje potencialno škodljivih vplivov na okolje in zdravje ljudi,
- preverjanje učinkovitosti nadgradenj obstoječih industrijskih obratov in ukrepov za zmanjšanje vplivov na okolje,
- oceno višine načrtovanega odvodnika odpadnih plinov,
- obravnavanje škodljivih vplivov na okolje in ljudi v primeru nenadnih izpustov v času nesreč (uporabnost modelov je omejena, saj v večini nezgod emisija ni znana).

Kljub slabostim in omejitvam disperzijskih modelov, so modeli ob pravilni uporabi na področju kakovosti zunanjega zraka lahko zelo uporabni in so dobrodošlo dopolnilo meritvam kakovosti zraka z okoljskimi merilnimi sistemi.

4.5.2. Tipi disperzijskih modelov

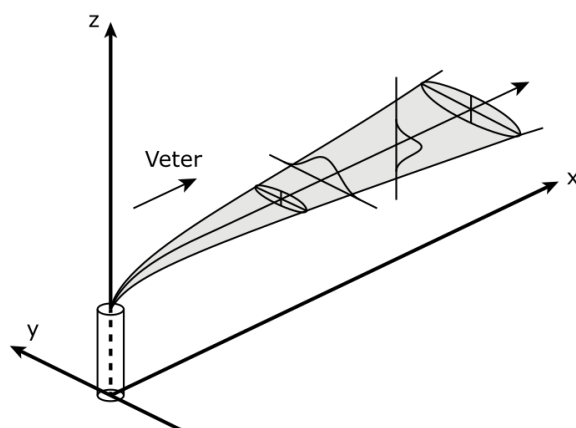
Disperzijske modele delimo glede na koordinatni sistem v katerem izvajajo izračune. Delimo jih na modele, ki za izračune uporabljajo :

- Eulerjev koordinatni sistem,
- Lagrangejev koordinatni sistem.

V primeru uporabe Eulerjevega koordinatnega sistema potekajo izračuni v točkah računske mreže. Obratno velja za izračune v Lagrangejevem koordinatnem sistemu, ki so neodvisni od računske mreže, in se le ta uporabi po že izvedenih izračunih za vrednotenje rezultatov.

4.5.2.1. Gaussov model

Gaussovi modeli so najstarejši in najpreprostejši disperzijski modeli. Temeljijo na uporabi Gaussove krivulje, saj predpostavljajo, da so koncentracije onesnaževal v horizontalni in vertikalni smeri porazdeljene kar z omenjeno krivuljo, ki je postavljena na skupno višino odvodnika in dimnega dviga izpusta.



Slika 2. Primer Gaussovega disperzijskega modela.

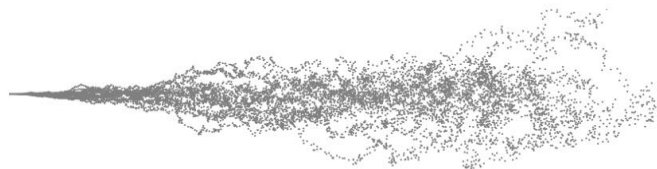
Gaussovi modeli so bili dolgo časa najbolj uporabljeni disperzijski modeli, potem pa so jih zaradi pomanjkljivosti in razvoja naprednejših modelov, nadomestili sodobni disperzijski modeli. Gaussov model namreč predvideva, da je

vetrovno polje homogeno in od kraja neodvisno ter ne upošteva, da se emisije in vetrovno polje s časom spreminjajo. Posledično so koncentracije onesnaževal izračunane v posameznih časovnih intervalih med seboj neodvisne. Model tudi ne omogoča izračuna vetrovnega polja nad kompleksnim terenom, čeprav so pogosto prav meteorološke razmere nad kompleksnim terenom vzrok za visoke koncentracije onesnaževal.

Dodatno omejitev modela predstavlja enačba za izračun koncentracij onesnaževal, saj je obratno sorazmerna s hitrostjo vetra. Ker so izračunane koncentracije onesnaževal v obdobjih s šibkimi vetrovi lahko močno precenjene, model meritev hitrosti vetra pod 1 m/s v izračunih ne upošteva. V praksi so visoke ravni onesnaževal najpogostejše prav v obdobjih s šibkim vetrom.

4.5.2.2. Lagrangev delčni model

V Lagrangevem delčnem modelu je izpust onesnaževal opisan s tokom delcev. V horizontalni smeri se v ozračju delci širijo skladno z izračunanim vetrovnim poljem. V vertikalni smeri oziroma prečno na smer vetra pa je disperzija simulirana s principom naključne hoje. Posamezen delec torej advektiramo v smeri vetra in ga z uporabo metode naključne hoje razpršimo prečno na smer vetra. Naključna hoja je proces v katerem za vsak korak sprehoda (pomik) izberemo naključno smer in naključno dolžino koraka (Ivančič M., 2010). Za kvaliteten opis disperzije onesnaževal, mora biti simulacija disperzije izvedena z velikim številom delcev.

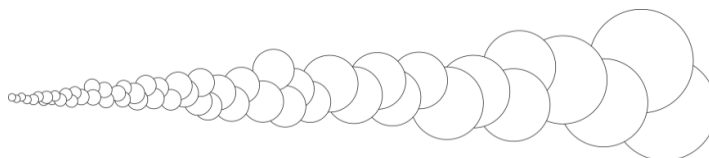


Slika 3. Primer Lagrangevega delčnega modela.

V nasprotju z Gaussovimi modeli Lagrangevi modeli omogočajo uporabo časovno in prostorsko odvisnih vetrovnih polj. Če je Gaussovemu modelu za opis vetrovnega polja zadostovala ena točkovna meritev, potrebuje Lagrangejev model za izvajanje izračunov tridimenzionalna polja meteoroloških spremenljivk. Ker model omogoča izračune disperzije tudi nad kompleksnim terenom, so v zahtevnih meteoroloških pogojih končni rezultati natančnejši in bližje realnim razmeram v ozračju.

4.5.2.3. Lagrangev paketni model

Delovanje Lagrangevega paketnega modela je podobno Lagrangeevemu delčnemu modelu, saj se paketi stohastično premikajo po prostoru neodvisno od koordinatnega sistema. Delci onesnaženja so povezani v pakete, zato za opis širjenja zadostuje manjše število paketov kot pri Lagrangevem delčnem modelu. Posamezen paket v horizontalni smeri potuje v smeri vetra, v smeri prečno na veter pa je disperzija delno opisana s premikanjem delcev, delno pa z Gaussovo disperzijo posameznega delca. Takšen paket se tekom simulacije razširja, koncentracija, ki jo paket nosi, pa se hkrati redči v okolico. Tudi paketni model omogoča izračune nad kompleksnim terenom in v zahtevnih meteoroloških pogojih.



Slika 4. Primer Lagrangevega paketnega modela.

Med vsemi tremi modeli je računsko najzahtevnejši Lagrangejev delčni model, ki mu sledi Lagrangejev paketni modela (delci so povezani v pakete). Gaussov model je zaradi preprostosti najmanj računsko zahteven.

V literaturi so bili za širjenje neprijetnih vonjav bili najbolj pogosto uporabljeni naslednji modeli: AERMOD, AODM (Piringer *et al.*, 2016) CALPUFF (Scire *et al.*, 2000), AUSTAL2000g (Janicke *et al.*, 2004), SPRAY (Tinarelli *et al.*, 2000), GRAL (Oettl *et al.*, 2015) Prva dva modela sta Gaussova modela, tretji model je Lagrangev paketni model, zadnji trije omenjeni modeli pa so Lagrangevi delčni modeli.

4.5.3. Omejitve disperzijskih modelov

Delovanje modelov temelji na uporabi fizikalnih in matematičnih zvez, ki opisujejo proces disperzije v ozračju. Zaradi kompleksnosti procesa, uporabljajo modeli nekatere predpostavke in poenostavitve, ki jih je pri uporabi modelov in interpretaciji končnih rezultatov potrebno upoštevati.

Omejitve Gaussovih modelov smo delno že omenili v podpoglavju 4.4.2.1. To so:

- homogeno, od kraja neodvisno vetrovno polje,
- časovno neodvisne emisije,
- koncentracije izračunane v posameznih računskih intervalih so med seboj neodvisne,
- model ne omogoča izračunov nad kompleksnim terenom,
- v obdobjih s šibkimi vetrovi, ko so hitrosti vetra pod 1 m/s, model odpove. Koncentracije onesnaževal so pogosto najvišje prav v obdobjih s prevladujočimi šibkimi vetrovi.

Kljub temu, da uporabljajo sodobni disperzijski modeli za reševanje problemov naprednejša orodja in so izračuni tudi v neugodnih meteoroloških razmerah bližje izmerjenim vrednostim, imajo nekatere omejitve. Čeprav modeli omogočajo vpeljavo kompleksnega terena, še vedno prihaja do napak v izračunih vetrovnih polj in tudi izračunih koncentracij onesnaževal pri specifičnih meteoroloških pogojih (Ministry for the Environment New Zealand, I. 2004) in sicer:

- izračunih koncentracij blizu emisijskega vira v času stabilnega ozračja,
- izračunih koncentracij blizu emisijskega vira pri hitrostih vetra višjih od 1 m/s.

4.5.4. Uporaba disperzijskih modelov v Sloveniji

V velikem delu Slovenije prevladujejo šibki vetrovi, ki so pogosti predvsem ponoči in zjutraj. Ker je večina Slovenije hribovita, hladen zrak zastaja v njenih konkavnih reliefnih oblikah (kotlinah). Značilni so lokalni vetrovi, ki so odvisni od terena in dnevnega ohlajanja in segrevanja ozračja. V tem času je turbulentno gibanje zračnih mas skromno, zato pride do pojava močnih prizemnih inverzij, ki se zlasti v drugi polovici noči razvijejo v nizke temperaturne inverzije. V letih z izrazito slabimi meteorološkimi razmerami pride v nekaterih delih Slovenije do pojava temperaturne inverzije kar v tretjini dni v letu. V takšnih razmerah lahko že manjši izpusti povzročajo visoke koncentracije onesnaževal v okolju, ki presežejo priporočene ali pa predpisane mejne vrednosti (Švegelj, I. 2009) Podobno velja za neprijetne vonjave. Ob neugodnih meteoroloških razmerah se namreč obdobja z intenzivnejšim vonjem pojavljajo vse pogosteje. Koncentracije vonja pričnejo presegati prag zaznavanja, zato postanejo za družbo moteče.

Prevladujoči šibki vetrovi v kotlinah in hribovit relief z ozkimi dolinami ob upoštevanju omejitev disperzijskih modelov onemogočajo uporabo Gaussovih disperzijskih modelov na področju Slovenije. Izračuni koncentracij onesnaževal pri hitrostih vetra pod 1 m/s so nenatančni in pogosto precenijo izmerjene vrednosti. Ker model ne omogoča izračunov nad kompleksnim terenom in predpostavlja homogeno vetrovno polje, modelski rezultati na območju vrednotenja v večini primerov niso reprezentativni. Prav tako ne vključujejo kemijskega modela, ki je pri obravnavi reaktivnih in sekundarnih onesnaževal nepogrešljiv.

Sodobnejši Lagrangevi modeli omogočajo izračune nad hribovitim reliefom, odpovejo le, ko je teren zelo kompleksen. Tridimenzionalna vetrovna polja so izračunana z diagnostičnim ali prognostičnim meteorološkim modelom, možna pa je tudi kombinacija obeh modelov. Izračunano vetrovno polje je nehomogeno in odvisno od

terena. Večina disperzijskih modelov ima za pripravo vetrovnih polj lasten meteorološki model. Ta mora omogočati uporabo meteoroloških meritev iz vsaj ene postaje in vsaj en vertikalni profil meteoroloških podatkov.

Priporočeno je, da merilno mesto zadosti pogojem, ki jih navaja Agencija RS za okolje ali Svetovna meteorološka organizacija (World Meteorology Organization, I. 2014). Podatke o meteoroloških spremenljivkah v vertikalni smeri lahko zagotovijo sondažne meritve, ki jih dnevno izvaja Agencija RS za okolje ali pa z uporabo metod daljinskega zaznavanja, denimo merilnih sistemov SODAR ali LIDAR. Druga možnost za pridobitev vertikalnih meteoroloških podatkov so analize ali napovedi mezoskalnih meteoroloških modelov. Ker so emisije odvisne od delovanja industrijskega obrata, mora disperzijski model omogočati uporabo časovno odvisnih emisij.

4.5.5. Vhodni podatki

Negotovost modelskih rezultatov je v veliki meri odvisna od negotovosti vhodnih podatkov. Nenatančnost izmerjenih podatkov namreč lahko povzroči večje napake v izračunih koncentracij onesnaževal. Nepravilna uporaba in interpretacija rezultatov lahko vodi v sprejemanje napačnih odločitev v postopkih presoje vplivov na okolje, neprimerno umeščanje novih industrijskih objektov, nepravilno oceno izračuna višine novega odvodnika in neučinkovitih ukrepov za omejitev škodljivih vplivov na zdravje ljudi in okolje.

Disperzijskim modelom je potrebno za izračun koncentracij onesnaževal na območju vrednotenja zagotoviti podatke o:

- tipu emisijskega vira,
- emisiji onesnaževal,
- podatke o terenu in rabi tal,
- meteorološke podatke,
- obstoječe koncentracije onesnaževal – ozadje.

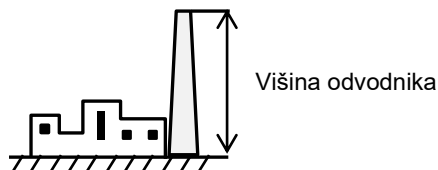
Pri obravnavanju reaktivnih in sekundarnih onesnaževal je potrebno pri disperzijskih izračunih upoštevati možnost kemijskih pretvorb. Nekatera onesnaževala so ob izpustu nestabilna in se tekom širjenja v ozračju pretvorijo v drugo vrsto onesnaževal. Za potrebe ocenjevanja vplivov tovrstnih onesnaževal na okolje mora disperzijski model že vključevati kemični model. Če ga ne vključuje, je potrebno kemični model celotnemu disperzijskemu sistemu dodati.

4.5.5.1. Tipi emisijskih virov

Večina onesnaževal v ozračju je antropogenega izvora in je posledica izpustov iz premičnih in nepremičnih virov onesnaženja. Za potrebe disperzijskega modeliranja definiramo štiri tipe emisijskih virov, in sicer:

- točkovne vire,

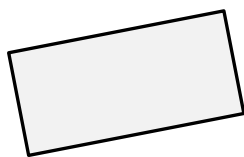
za katere velja, da so v modelskem okolju definirani kot točke in nimajo geometrijske oblike. Poleg podatkov o emisiji je potrebno zagotoviti podatke o višini izpusta onesnaževal, izhodni hitrosti onesnaževal in njihovi temperaturi. Primeri točkovnih virov so odvodniki, zračniki itd.



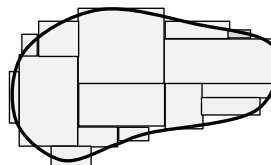
Slika 5. Točkovni vir.

- površinske vire,

ki emitirajo onesnaževala iz velike površine in so različnih geometrijskih oblik. Primeri površinskih virov so odlagališča odpadkov, biofiltri, bazeni z izcednimi vodami, deponije rud itd.



(a) pravokotni površinski vir



(b) površinski vir nepravilne oblike

Slika 6. Površinski vir.

- linijske vire,

ki so v večini primerov predstavljeni kot več zaporednih točkovnih virov ali pa površinski vir z izrazito posamezno dimenzijo. Med linijske vire uvrščamo ceste, stavbe z dolgim prežračevalnikom po dolžini ali širini stavbe in podobne vire.



Slika 7. Linijski vir.

- volumske vire,

kot so denimo ubežne emisije iz posameznih objektov industrijskih obratov.

4.5.5.2. Emisija vonja

Rezultati izračunov z disperzijskimi modeli temeljijo predvsem na natančnem definiranju emisijskega vira in natančnih meteoroloških podatkih. Podrobno poznavanje lastnosti emisijskega vira pomembno vpliva na izračun koncentracij onesnaževal na območju vrednotenja okoli emisijskega vira. Zaradi različnih tipov emisijskih virov in časovne odvisnosti emisij od vrste industrijskega procesa, delimo emisije na:

- nadzorovane emisije,
- razpršene emisije,
- ubežne emisije.

Nadzorovane emisije so tiste, ki jih povzročajo dobro definirani viri onesnaženja. V večini primerov gre za točkovne vire z znanimi podatki o višini izpusta, temperaturi izpusta, izhodni hitrosti onesnaževal in predvsem znanem obratovalnem času vira. Emisije so namreč pogosto odvisne od obratovanja industrijskega obrata in so variabilne. Časovno odvisne emisije je potrebno v disperzijskem modelu upoštevati, saj nepravilen izbor podatka o emisiji lahko vodi v podcenjene ali precenjene ravni onesnaževal v okolju.

V nasprotju s sorazmerno preprostimi meritvami nadzorovanih emisij, so meritve razpršenih emisij iz površinskih virov zelo kompleksne. Meritve emisij iz površinskih virov, kot so odlagališča odpadkov, biofiltri itn. so pogosto neuspešne, saj onesnaževala ne izhajajo iz površine enakomerno. Metode za določanje razpršenih emisij so pomanjkljive in primerne predvsem za meritve na manjših površinskih virih, medtem ko pri večjih virih odpovejo. Zaradi neenakomernosti emisij je potrebno povprečno emisijo celotnega površinskega vira izračunati na podlagi posameznih emisijskih meritev izvedenih na več merilnih mestih na površinskem viru. Priporočljivo je, da so vzorci emisij zaradi reprezentativnosti odvzeti v čim krajšem časovnem intervalu. Če so razlike v emisiji med posameznimi območji vira velike, lahko celoten površinski vir razdelimo v manjše enote in jih v modelu obravnavamo samostojno. Namesto meritev se za določanje razpršenih emisij pogosto uporabljajo disperzijski modeli, s katerimi ocenimo emisije glede na izmerjene koncentracije vonja ali onesnaževal v okolju. Ker

kontinuirano spremljanje koncentracij vonjav v okolju ni mogoče, lahko pri nekaterih emisijskih virih izberemo onesnaževalo, ki služi kot indikator neprijetnih vonjav in omogoča stalne meritve v okolju.

Podobno zahtevne za izvajanje emisijskih meritev so ubežne emisije, ki so pogosto posledica puščanja na infrastrukturi in drugih nenadzorovanih izpustov. Tudi za ocenjevanje ubežnih emisij se pogosto uporablja disperzijske modele. Izračuni razpršenih in ubežnih emisij z uporabo disperzijskega modela so zaradi pomanjkljivih vhodnih podatkov lahko nenatančni in za nadaljnjo uporabo negotovi.

Agencija RS za okolje vodi evidenco emisij določenih onesnaževal na področju Slovenije. Za potrebe obravnavanja vplivov emisijskih virov vonjav na okolje bi bilo priporočljivo obstoječo evidenco nadgraditi z emisijami vonjav iz večjih virov onesnaženja. Dopolnitev evidenc bi omogočala pregled emisijskih virov vonjav v Sloveniji in zagotavljala sledljivost rezultatov meritev emisij vonjav. Slabost tovrstnih evidenc je nadzor rezultatov emisijskih meritev, saj vnaša negotovost v poročila o obremenitvi okolja z motečimi vonjavami iz posameznih virov onesnaženja, prednost pa enoten sistem podatkov o emisijah vonjav, ki zagotavlja vhodne podatke za ocenjevanje vplivov emisijskih virov neprijetnih vonjav na območju vrednotenja z uporabo disperzijskih modelov.

4.5.5.3. Teren in raba tal

Potek terena v okolici emisijskega vira pomembno vpliva na zračne tokove in izračun vetrovnih polj, ki so bistvenega pomena za natančne izračune disperzije onesnaževal v okolju. Primeri vpliva terena na smer in hitrost vetra ter turbulenco in posledično ravni onesnaževal v okolju so:

- zastajanje hladnega zraka v kotlinah,
- tvorjenje temperaturnih inverzij,
- kanalizirani vetrovi vzdolž dolin,
- dnevni vzgonski veter in nočni vzdolnik,
- višje hitrosti vetra in manjša turbulenca nad ravnim terenom.

Hrapavost terena je odvisna od poraščenosti terena in rabe tal in je eden izmed vhodnih modelskih podatkov. Razen v primeru termičnih vzgonskih vetrov, ima vpliv na vertikalni profil vetra v prizemnih plasteh ozračja. Ovire pri tleh namreč povzročajo spremembe v gibanju zračnih tokov, prispevajo k večji turbulenci v prizemnih plasteh ozračja in intenzivnejšemu mešanju onesnaževal s čistim zrakom. Primeri parametra hrapavosti terena so prikazani v Tabeli 1 (World Meteorology Organization, l. 2014).

Tabela 1. Parameter hrapavosti terena.

Tip površja	Parameter hrapavosti terena [m]
Morje, jezero	0,0001
Snežna odeja, teren brez rastja ali brez ovir	0,005
Odpert raven teren s posameznimi ovirami	0,003
Podeželje, polja	0,4
Gozd	0,8 - 1
Urbane površine z nizkimi in visokimi stavbami, razgiban teren	1,0 – 3,0

Podatke o terenu zagotavlja Geodetska uprava Republike Slovenije, podatke o rabi tal pa je možno pridobiti na Evropski okoljski agenciji EEA (CORINE Land use and land cover).

4.5.5.4. Meteorološki podatki

Zaradi lege in orografije so v Sloveniji pogosti lokalni vetrovi, ki so odvisni predvsem od lokalnih reliefnih značilnosti in dnevnih temperaturnih razlik zaradi sončnega obsevanja. Šibki vetrovi prevladujejo predvsem v nočnem in jutranjem času, ko pride do pojava temperaturnih inverzij. Pogosto je tudi meandriranje zračnih tokov, ki pomembno vpliva na širjenje onesnaževal v ozračju. Ko je prizemni sloj atmosfere stabilen in mešanje zraka v

vertikalni smeri ni intenzivno, so pogoji za disperzijo onesnaževal neugodni in lahko že manjši izpusti povzročijo povišane ravni onesnaževal v zunanem zraku. V takšnih razmerah neprijetne vonjave presežejo prag zaznavanja in postanejo za družbo moteče.

Za povišane ravni onesnaževal v zraku, ki pogosto sovpadajo s šibkimi vetrovi, so ključnega pomena natančne meteorološke meritve, poznavanje tridimenzionalnih vetrovnih polj in drugih spremenljivk stabilnosti in turbulentnosti ozračja v obdobju vseh letnih časov. Podatki o vetru so bistven dejavnik pri modeliranju disperzije onesnaževal, saj se onesnaževala advektirajo stran od emisijskega vira z vetrom. Onesnaževala se namreč v horizontalni smeri advektirajo v smeri vetra, v vertikalni smeri pa za širjenje oziroma disperzijo skrbi proces turbulence. Mešanje onesnaževal z okoliškim zrakom je v stabilnem ozračju slabo, v nestabilnem in turbulentnem ozračju pa intenzivno.

Večina disperzijskih modelov je opremljena z meteorološkim modelom oziroma meteorološkim predprocesorjem. Pomembno je, da predprocesor pri izračunu vetrovnih polj omogoča uporabo podatkov z različnih meteoroloških postaj in vpeljejo vertikalnega profila meteoroloških podatkov. Priporočljivo je tudi, da so v izračun na lokalni prostorski skali vključeni tudi podatki iz mezoskalnih meteoroloških modelov (Ivančič, I. 2010). Tridimenzionalna vetrovna polja lahko zagotavljamo z uporabo:

- diagnostičnega vetrovnega modela,
- prognostičnega mezo-meteorološkega modela.

Diagnostični vetrovni modeli so od prognostičnih modelov enostavnejši, saj izvajajo le prilagajanje vetra terenu in v izračunih ne upoštevajo meteoroloških spremenljivk, kot so temperatura, vlaga in zračni pritisk. Nasprotno prognostični modeli pri izračunih vetrovnih polj omenjene meteorološke spremenljivke upoštevajo. Kot sledi iz imen obeh vrst modelov in dveh različnih pristopov k izračunu vetrovnih polj, prognostični modeli omogočajo napovedati prihodnje stanje atmosfere, medtem ko diagnostični modeli izračunajo vetrovna polja na podlagi že izmerjenih podatkov o vetru.

Zaradi tega, ker obremenitev okolja z motečimi vonjavami obravnavamo na majhni prostorski skali, je priporočljivo, da za izračun vetrovnih polj uporabimo kombinacijo diagnostičnega in prognostičnega modela. Moderni disperzijski modeli zagotavljajo kvalitetna vetrovna polja z uporabo vhodnih podatkov, ki vključujejo podatke talnih meteoroloških postaj in podatke iz prognostičnega modela.

4.5.5.5. Upoštevanje koncentracij onesnaževal - ozadje

Koncentracija ozadja je obstoječa koncentracija onesnaževal oziroma vonjav v okolju, ki jo je potrebno pri ocenjevanju celotne obremenitve zunanjega zraka upoštevati. Čeprav družbo zanima predvsem celotno onesnaženje zraka, je pomemben delež, ki ga k skupnemu onesnaženju prispeva ozadje, saj ima lahko velik vpliv na kakovost zraka na območju vrednotenja. Zlasti, ko se v okolici obravnavanega emisijskega vira nahaja več virov, je potrebno določiti deleže, ki jih k skupni obremenitvi zraka z motečimi vonjavami prispevajo posamezni emisijski viri.

4.5.6. Metode za oceno kratkoročnih vplivov vonja in razmerje med maksimalnimi in povprečnimi koncentracijami (ang. 'Peak to mean' »p2m«)

Za ocenjevanje vonjav se v literaturi pogosto pojavlja oznaka vonjalna ura (ang. 'Odour hour'), ki je definirana kot ura, znotraj katere so koncentracije vonjav vsaj 6 minut presegle 1 EV/m^3 (Oettl *et al.*, 2017). To pomeni, da je 90 percentil razporeditve koncentracij neprijetnih vonjav znotraj časovnega intervala 1 ure enak ali višji od 1 EV/m^3 .

Človeški nos lahko zaznava vonjave z vsakim vdihom, torej nekaj desetkrat v vsaki minuti. Ker so modelski izračuni širjenja vonjav v zunanjem zraku v večini primerov pripravljene s časovnim korakom ene ure, je potrebno za obravnavanje vonjav modelske rezultate primerno korigirati. Urno povprečje je namreč vedno nižje od nekaj sekundne maksimalne koncentracije. Za pravilno oceno vonjav je zato potrebno v modelskih izračunih iz

povprečnih urnih koncentracij pripraviti oceno maksimalnih koncentracij znotraj ene ure. Za ta namen se v literaturi uporablja razmerje med maksimalnimi in povprečnimi koncentracijami (ang. 'Peak to mean', oz. p2m):

$$R = \frac{C_p}{\bar{C}},$$

kjer C_p predstavlja maksimalno koncentracijo znotraj urnih koncentracij, \bar{C} pa z disperzijskim modelom ocenjeno povprečno urno koncentracijo.

Razmerje R je mogoče oceniti na več različnih načinov. Najenostavnejši način je, da se za razmerje uporabi konstantna vrednost, kar je pogosta praksa v Nemčiji, kjer uporabljajo vrednost $R = 4$ (Janicke *et al.*, 2004).

V več študijah je bilo pokazano, da je razmerje R zelo odvisno od stabilnosti ozračja in od dolžine časovnega intervala, za katerega želimo oceniti maksimalno koncentracijo. Pogosto se za razmerje R uporablja potenčna odvisnost (Smith, 1973):

$$R_0 = \frac{C_p}{\bar{C}} = \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^a,$$

kjer je t_m povprečni časovni interval modelskih izračunov (tipično 1 ura), t_p dolžina kratko-časovnega intervala vzorčenja neprijetnih vonjav (5s, 10s, 30s, 1 minuta, 6 minut,...), parameter a pa potenca (Beychok, 1979), odvisna od stabilnosti ozračja. Vrednosti potence a in razmerja R_0 za 10 s interval vzorčenja so zbrane v spodnji tabeli (Piringer *et al.*, 2007). V stabilni atmosferi, ko je mešanje vonja z okoliškim zrakom neizrazito, je vrednost razmerja R_0 nizka in celo manjša od konstantnega razmerja, ki ga uporabljajo v Nemčiji. Razmerje R_0 ima najvišjo vrednost v situacijah, ko je ozračje nestabilno in je mešanje vonja z okoliškim zrakom intenzivno.

Tabela 2. Vrednosti parametra a in razmerja R za izbran $t_p = 10$ s.

Stabilnost ozračja	a	R_0
Zelo nestabilno	0,68	54,74
Nestabilno	0,55	25,47
Rahlo nestabilno	0,43	12,57
Nevtralno	0,30	5,85
Rahlo stabilno	0,18	2,88
Stabilno	0,18	2,88

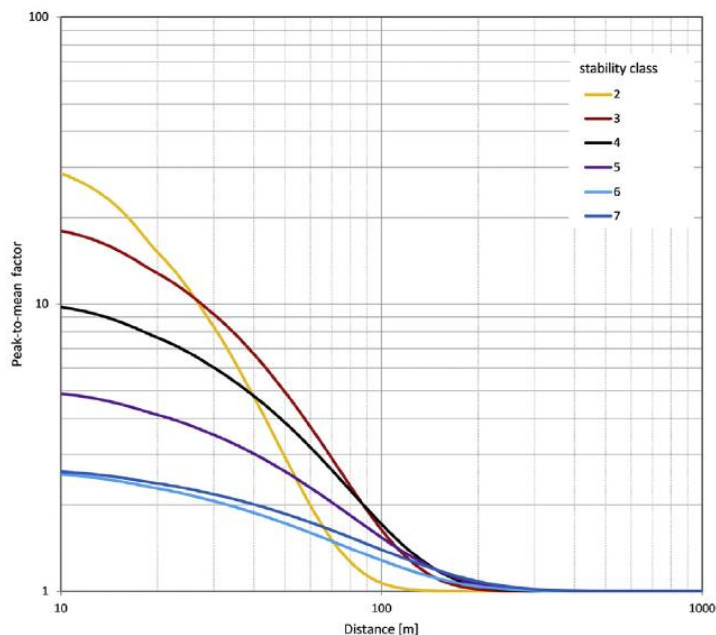
Zgornjemu modelu za oceno razmerja maksimalne koncentracije napram modelskemu urnemu povprečju je mogoče dodati tudi odvisnost od oddaljenosti od vira vonja (Piringer *et al.*, 2007):

$$R(r) = 1 + (R_0 - 1) * e^{-0.7317 \frac{T(r)}{t_l}},$$

kjer je $T(r) = r/u$ čas potovanja, izračunan iz prepotovane razdalje r ter hitrosti vetra u in t_l Lagrangeva časovna skala. Slednja je definirana kot razmerje med varianco hitrosti vetra in stopnjo trošenja energije turbulence:

$$t_l = \frac{\sigma^2}{\varepsilon} = \frac{\frac{1}{3}(\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2)}{\frac{1}{kz} \left(\frac{\sigma_w}{1,3} \right)^3},$$

kjer so σ_u^2 , σ_v^2 in σ_w^2 variance posameznih komponent vetra, k von Karmanova konstanta (0,4), spremenljivka z pa oddaljenost receptorja od tal (2 m). Razmerje maksimalnih koncentracij napram povprečni urni modelski koncentraciji $R(r)$ pada v odvisnosti od oddaljenosti r, kar je za prikazano na Sliki 8.



Slika 8. Odvisnost razmerja med maksimalnimi koncentracijami in modelskim urnim povprečjem od stabilnosti ozračja in od oddaljenosti od vira neprijetnega vonja.

Avtorja Oettl in Ferrero (2017) sta ugotovila, da porazdelitev koncentracij vonjav c znotraj posamezne ure najbolj ustreza malce modificirani Weibullovi porazdelitvi z dvema prostima parametroma k in λ :

$$p(c) = \lambda k (\lambda k)^{k-1} e^{-(\lambda c)^k}$$

Prosta parametra lahko določimo po enačbah:

$$k = \left(\frac{\bar{c}}{\sigma}\right)^{1.086} \quad \text{in} \quad \lambda = \frac{\Gamma(1+1/k)}{\bar{c}}$$

kjer \bar{c} predstavlja povprečno urno koncentracijo, σ pa standardno deviacijo koncentracij znotraj posamezne ure. Oettl in Ferrero sta pokazala, kako določiti vrednosti parametrov k in λ na analitičen način v post-processingu, ko so klasični modelski izračuni že zaključeni. Takšen način je v praksi uporaben, saj za izračun parametrov k in λ ni potrebno posegati v izvorno kodo modela in je mogoče metodo uporabiti na rezultatih poljubnega disperzijskega modela.

Ko enkrat določimo vrednosti parametrov k in λ , lahko 90 percentil Weibullove porazdelitve (p2m faktor) določimo s spodnjo enačbo:

$$R_{90} = \frac{(-\ln 0.1)^{1/k}}{\lambda \bar{c}}$$

5. Zakonodaja

5.1. Pregled obstoječe zakonodaje na področju vonja

V Republiki Sloveniji je področje vonja normativno urejeno z:

- a.) Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, št. 99/13 s spremembami). Za obratovanje naprav za kompostiranje in bioplinarn so predpisani ukrepi za zmanjševanje emisije snovi, ki jih zaznavamo kot vonj:
- minimalni odmiki območja kompostiranja od območij stanovanjskih, gostinskih, pisarniških, trgovinskih in drugih stavb, 300 do 500 m,
 - v primeru, da se kompostiranje izvaja v stavbi mora biti le ta v podtlaku, odpadni plini se morajo zajemati in čistiti na enoti za čiščenje odpadnih plinov (kot je npr. biofilter),
 - zalogovniki za skladiščenje biološko razgradljivih odpadkov morajo biti v podtlaku, odpadni plini se morajo zajemati in čistiti na enoti za čiščenje odpadnih plinov (kot je npr. biofilter).
- b.) Uredbo o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Uradni list RS, št. 31/07 s spremembami). Za obratovanje naprav so predpisane mejne vrednosti in ukrepi za zmanjševanje emisije snovi, ki jih zaznavamo kot vonj:
- dejavnost 4.1.d - naprave za proizvodnjo dušikovih ogljikovodikov
 - pri proizvodnji akrilonila mejna vrednost koncentracije akrilonilita $0,2 \text{ mg/m}^3$,
 - pri proizvodnji kaprolaktama mejna koncentracija kaprolaktama 100 mg/m^3 .
 - dejavnost 4.1.l - naprave za proizvodnjo plinov:
 - pri proizvodnji klora je mejna koncentracija klora 1 mg/m^3 .
 - dejavnost 8.5 - naprava za proizvodnjo komposta iz organskih odpadkov:
 - mejna koncentracija celotnega prahu 10 mg/m^3 ,
 - mejna koncentracija organskih snovi, razen metana, izražene kot celotni ogljik 50 mg/m^3 in
 - mejna koncentracija amonijaka 10 mg/m^3 .
 - dejavnost 8.6 - naprava za biološko obdelavo odpadkov:
 - mejna koncentracija celotnega praha 10 mg/m^3 ,
 - mejna koncentracija organskih snovi, razen metana, izražene kot celotni ogljik 50 mg/m^3 in
 - mejna koncentracija amonijaka 10 mg/m^3 .
 - dejavnost 8.10.1 - naprava za sušenje odpadkov:
 - mejna koncentracija celotnega praha 10 mg/m^3 ,
 - mejni masni pretok amonijaka je $0,1 \text{ kg/h}$ in mejna koncentracija 20 mg/m^3 ,
 - mejni masni pretok anorganskih spojin klora izraženih kot HCl je $0,10 \text{ kg/h}$ in mejna koncentracija 20 mg/m^3 ,
 - za emisijo organskih snovi stopnja zmanjšanja emisije ne sme biti manjša od 90 %, izraženo s celotnim ogljikom, mejna koncentracija je 20 mg/m^3 izražena kot celotni ogljik.
 - dejavnost 8.10.2 - naprava za sušenje blata čistilnih naprav:
 - mejna koncentracija celotnega praha 10 mg/m^3 ,
 - mejni masni pretok amonijaka je $0,1 \text{ kg/h}$ in mejna koncentracija 20 mg/m^3 ,
 - mejni masni pretok anorganskih spojin klora izraženih kot HCl je $0,10 \text{ kg/h}$ in mejna koncentracija 20 mg/m^3 ,

- mejna koncentracija organskih snovi izraženih s celotnim ogljikom je 20 mg/m³.
- dejavnost 8.11.1 - naprava za mehansko in drugo fizikalno obdelavo komunalnih odpadkov:
 - mejna koncentracija celotnega praha 10 mg/m³,
 - mejni masni pretok anorganskih spojin klora izraženih kot HCl je 0,10 kg/h in mejna koncentracija 20 mg/m³,
 - mejna koncentracija organskih snovi izraženih s celotnim ogljikom je 20 mg/m³.

Razkladalna mesta, dovozni in sprejemni bunkerji morajo biti v zaprtih prostorih s zračnim tlakom, ki je nižji od atmosferskega. Odpadne pline iz prostorov je treba odvajati v napravo za čiščenje odpadnih plinov.

Tehnološke enote in postrojenja morajo biti vsaj nadstrešena. Če njihova postavitve ni mogoča v tesni izvedbi je treba tokove odpadnih plinov zajeti in odvesti v napravo za čiščenje odpadnih plinov.

- dejavnost 8.11.2 - naprava za druge vrste obdelav odpadkov:
 - mejna koncentracija celotnega praha 10 mg/m³,
 - mejna koncentracija organskih snovi izraženih s celotnim ogljikom je 20 mg/m³.

c.) Uredbo o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega (Uradni list RS, št. 57/15). Obratovanje tovrstnih naprav mora biti skladno z zaključki o BAT, ki v zvezi z omejevanjem vonja določajo ukrepe za:

- Kemično industrijo, naprave, ki na industrijski ravni s kemijskimi ali biološkimi procesi proizvajajo:
 - organske kemikalije, dejavnost 4.1,
 - anorganske kemikalije, dejavnost 4.2,
 - fosforna, dušikova ali kalijeva gnojila, dejavnost 4.3,
 - sredstva za zaščito rastlin ali biocidov, dejavnost 4.4,
 - farmacevtske izdelke, vključno s polizdelki, dejavnost 4.5,
 - proizvodnjo eksplozivov, dejavnost 4.6 in
 - neodvisno upravljane naprave za čiščenje industrijske odpadne vode iz kemične industrije, dejavnost 6.11,

se uporabljajo zaključki o BAT za čiščenje odpadnih voda in plinov ter ravnanja z njimi v kemični industriji. BAT zaključek zahteva:

- uvedbo in izvajanje sistema za ravnanje z okoljem (EMS), ki vključuje tudi izdelavo načrta za obvladovanje vonja. Predmetni načrt vključuje ukrepe za: preprečitev vonja, izvajanje meritev in korektivne ukrepe v primeru incidentov;
- redni monitoring vonja z uporabo standarda EN 13725;
- tehnike za preprečevanje oziroma zmanjševanje emisij vonja vključujejo zajemanje in kemično čiščenje snovi z vonjem.
- Farme, naprave, ki izvajajo dejavnost intenzivne reje perutnine ali prašičev, dejavnost 6.6, se uporabljajo zaključki o BAT za intenzivno rejo perutnine ali prašičev. BAT zaključek zahteva:
 - uvedbo in izvajanje sistema za ravnanje z okoljem (EMS), ki vključuje tudi izdelavo načrta za obvladovanje vonja. Predmetni načrt vključuje ukrepe za: preprečitev vonja, izvajanje meritev in korektivne ukrepe v primeru incidentov;
 - redni monitoring vonja z uporabo standarda EN 13725,
 - tehnike za preprečevanje oziroma zmanjševanje emisij vonja vključujejo:
 - tehnike nastanitve živali in odstranjevanja gnojevke,
 - predelava gnoja z aerobno presnovo, kompostiranjem ali anaerobno presnovo,

- zagotovitev ustrezne razdalje med napravo in občutljivimi sprejemniki (v primeru novogradnje z uporabo najmanjših standardnih razdalj ali modeliranjem disperzije),
 - uporaba kombinacije tehnik čiščenja vonja kot so: biofilter, biološki pralnik plinov, suhi filter in podobno.
- Energetiko, kurilne naprave s skupno vhodno toplotno močjo nad 50 MW, dejavnost 1.1, se uporabljajo zaključki o BAT za velike kurilne naprave. BAT zaključek zahteva, da se v primerih ko zgorevajo, uplinjajo ali sosežigajo snovi neprijetnega vonja v sistem za ravnanje z okoljem (EMS), vključi tudi načrt za obvladovanje vonja. Predmetni načrt vključuje ukrepe za: preprečitev vonja in korektivne ukrepe v primeru incidentov.
 - Proizvodnja in predelava kovin, in sicer za naprave, ki:
 - pražijo ali sintrajo rude kovin, dejavnost 2.1,
 - proizvajajo surove barvne kovine z metalurškimi, kemičnimi ali elektrolitskimi postopki, dejavnost 2.5a,
 - talijo in/ali legirajo barvne kovine, dejavnost 2.5b,
 - proizvajajo industrijski ogljik ali elektrografit, dejavnost 6.8.

se uporabljajo zaključki o BAT za industrijo neželeznih kovin. BAT zaključek predvideva:

- ustrezno skladiščenje materialov, ki so vir emisije vonja in v kolikor je to mogoče zmanjšanje njihove uporabe;
 - projektiranje, vodenje in vzdrževanje tehnološke opreme na način, da je čim manjša emisija vonja;
 - uporaba tehnik za zmanjševanje vonja (naknadni sežig, biofiltri ipd) tam kjer je to primerno.
- Papirno industrijo, in sicer za naprave za proizvodnjo vlaknin ali vlakninske pulpe iz lesa in drugih vlaknastih materialov se uporabljajo zaključki o BAT za proizvodnjo celuloze, papirja in kartona, kjer obravnava ukrepe za preprečevanje in zmanjšanje emisij vonja predvsem iz naprav za proizvodnjo sulfatne in sulfitne celuloze, dejavnost 6.1 a.
 - Usnjarsko industrijo, in sicer za naprave za strojenje živalskih kož in krzna, dejavnost 6.3, se uporabljajo zaključki o BAT za strojenje kož, v katerem so za zmanjšanje emisij vonja predvideni ukrepi, kot so:
 - zmanjševanje emisij amonijaka z nadomestitvijo amonijevih spojin pri razluževanju,
 - zmanjševanje emisij amonijaka in vodikovega sulfida iz objektov proizvodnje s čiščenjem in/ali uporabo biofiltrov.
 - Naprave, ki izvajajo dejavnost ravnanja z odpadki, in sicer:
 - odstranjevanje ali predelava nevarnih odpadkov, dejavnost 5.1,
 - odstranjevanje ali predelava nenevarnih odpadkov, dejavnost 5.2,
 - začasno skladiščenje nevarnih odpadkov, dejavnost 5.5 in,
 - neodvisno upravljane naprave za čiščenje industrijske odpadne vode, dejavnost 6.11,

se uporabljajo zaključki o BAT za obdelavo odpadkov. BAT zaključek predvideva:

- uvedbo in izvajanje sistema za ravnanje z okoljem (EMS), ki vključuje tudi izdelavo načrta za obvladovanje vonja. Predmetni načrt vključuje ukrepe za: preprečitev vonja, izvajanje meritev in korektivne ukrepe v primeru incidentov;
- meritev koncentracij vonja po standardu EN 13725, enkrat na šest mesecev,
- izvajanje najboljših tehnik za preprečevanje oz. zmanjševanje vonja,

- mejne vrednosti koncentracij vonja, v območju med 200 in 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.2. Zakonodaja v drugih državah

Predpisi v državah, ki imajo področje obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem delno ali v celoti urejeno, temeljijo na senzorični metodi dinamične olfaktometrije po standardu SIST EN 13725:2003 in uporabi disperzijskih modelov. Nadzor nad izpusti vonja in preprečevanje prekomerne onesnaženosti z vonjem je med državami podoben, vendar zaradi izvedljivosti prilagojen lokalnim in družbenim značilnostim. Za zagotavljanje nadzora emisijskih virov in kakovosti zunanjega zraka so v uporabi naslednji kriteriji (Brancher *et al.*, 2017):

- mejna vrednost koncentracije vonja v zunanjem zraku,
- mejne vrednosti odpadnih plinov z vonjem v zunanjem zraku,
- primerna oddaljenost emisijskega vira od najbližjih bivanjskih površin,
- mejne vrednosti emisij vonja v zrak,
- mejne vrednosti emisij odpadnih plinov z vonjem v zrak,
- število pritožb prebivalcev na območju vrednotenja,
- upoštevanje naprednih tehnologij za omejevanje oziroma zmanjšanje emisij vonja (dokumenti BAT).

Sledi pregled predpisov v državah Evrope (Avstrija, Belgija, Danska, Francija, Irska, Italija, Nemčija, Nizozemska, Norveška, Španija, Velika Britanija), v Ameriki (Kanada, Panama, Združene države Amerike), Aziji (Hong Kong, Izrael, Japonska, Južna Koreja, Kitajska), Avstraliji in Novi Zelandiji.

5.2.1. Predpisi v Evropi

5.2.1.1. Avstrija

V Avstriji je področje vonja urejeno kvalitativno. Predpisi ne določajo mejnih vrednosti vonja v zunanjem zraku, ampak s kvalitativnim pristopom določajo, da je »nesprejemljiv« oziroma moteč vonj prepovedan. Obremenjenost zunanjega zraka z vonjem ocenjujejo skladno z nemško smernico GOAA (GOAA, 2008) iz leta 2008, po kateri ocena obremenjenosti z vonjem temelji na številu ur, ko je koncentracija vonja v posamezni uri vsaj 6 minut presejala predpisano mejno vrednost vonja (v uporabi je izraz »vonjalna ura«). Ker na ravni države število dovoljenih vonjalnih ur ni določeno, urejajo in nadzorujejo področje vonja lokalne oblasti v posameznih regijah. Tako nekatere regije predpisujejo, da vonjalnih ur v obdobju enega leta, v primeru, da je vonj šibek, ne sme biti več kot 8% (92 percentil), v primeru, da je vonj močan, pa več kot 3% (97 percentil) (Umweltwissenschaftliche Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des Nationalen Umweltplans für die Bereiche Klima, Luft, Lärm und Geruch, I. 1991). V času pregleda predpisov je bil šibek vonj definiran, kot vonj s koncentracijo $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, močan vonj pa vonj s koncentracijo višjo od 5 oziroma $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V drugih regijah uporabljajo kombinacijo nemške smernice GOAA in dokumenta (Umweltwissenschaftliche Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des Nationalen Umweltplans für die Bereiche Klima, Luft, Lärm und Geruch, I. 1991), ki ga je pripravila Avstrijska akademija znanosti. Število vonjalnih ur je v vseh primerih izračunano z disperzijskim modelom in z upoštevanjem metode za ocenjevanje kratkotrajnih koncentracij vonja »p2m« (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.1.2. Belgija

V Belgiji je področje vonja urejeno na ravni posameznih regij. Predpisi temeljijo na izvajanju meritev koncentracij vonja skladno z metodo dinamične olfaktometrije in nacionalnim standardom NBN EN 13725:2003. Sledi pregled zakonodaje v Valoniji in Flandriji.

V Valoniji razvrščajo vire vonja glede na velikost njihovega vpliva na okolje in družbo. Veliki onesnaževalci sodijo v razred 1, manjši pa v razred 3. V odvisnosti od določenih parametrov, denimo zmogljivosti obrata ali pa tehnične dovršenosti, vire razvrščajo v podrazrede. Skladno z zakonodajo morajo upravljavci virov posredovati informacije o objektu, ki je vir motečega vonja, navesti razlog za emisijo motečega vonja in izvajanje preventivnih ukrepov za zmanjšanje in omejevanje onesnaženja z motečim vonjem. Izpostavljeni so predvsem obrati za kompostiranje

bioloških odpadkov, za katere morajo upravljavci predložiti oceno obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem določeno z uporabo disperzijskih modelov. Predpisi določajo, da izračunane koncentracije vonja pri najbližjih stanovanjskih objektih 98 odstotkov časa (98 percentil) ne smejo presežati 3 EV/m^3 . Mejna vrednost je predpisana za kompostarne z možnostjo predelave 500 m^3 odpadkov ali več pri čemer ni upoštevano časovno povprečenje (Brancher *et al.*, 2017).

Podobno kot z opisano splošno klasifikacijo virov vonja, razvrščajo v Valoniji tudi emisije vonja iz objektov za rejo živali. Razvrščanje v tri razrede poteka v odvisnosti od vrste živali, števila živali in obstoječe ali predvidene oddaljenosti vira vonja od stanovanjskih površin. Izračun minimalne oddaljenosti vira vonja od stanovanjskih površin mora biti izveden skladno z metodologijo v smernici, ki je v fazi potrjevanja. Smernica tudi predlaga mejne vrednosti za koncentracije vonja v zunanjem zraku, ki so posledica emisij vonja iz objektov za rejo prašičev in perutnine. Če gre za objekt za rejo prašičev, koncentracije vonja na meji s stanovanjskimi površinami ne smejo biti večje od 6 EV/m^3 98 odstotkov časa (98 percentil), v primeru objekta za rejo perutnine pa koncentracije vonja na meji s stanovanjskimi površinami ne smejo biti večje od 10 EV/m^3 98 odstotkov časa.

Flandrija nima enotnega predpisa za urejanje področja vonjav. Namesto tega je področje vonja vključeno v različnih predpisih, zakonih in uredbah. Cilj večine predpisov je zmanjšati ali omejiti emisije vonja iz industrijskih in kmetijskih objektov. Dodatno je v veljavi tudi več smernic, ki preverjajo učinkovitost ukrepov za zmanjšanje obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem, in ki omogočajo uvedbo lokalnih predpisov za nadzor nad emisijskimi viri in njihovim vplivom na okolje in družbo.

Za ocenjevanje velikosti emisije vonja in vpliva določenega emisijskega vira je bila razvita metoda za preskušanje vonja na terenu. Metoda temelji na ocenjevanju razdalje od vira na kateri moteč vonj ni več zaznaven (v smeri prevladujočega vetra). Izračun obremenjenosti zraka z vonjem in emisija vonja na izpustu je ocenjena z uporabo tako imenovanega obratnega modeliranja. Metoda za ocenjevanje vonja na terenu je v veliki meri podobna metodi dinamične olfaktometrije, le da pri prvi panelisti preskušajo vonj neposredno na terenu, v primeru druge pa v laboratoriju. Enote za ocenjevanje koncentracije oziroma intenzivnosti vonja so določene podobno kot pri dinamični olfaktometriji. Ena enota vonja v kubičnem metru zraka je v smernicah definirana kot koncentracija vonja pri kateri preizkuševalci v zunanjem zraku zaznajo vonj (1 se/m^3). Po zaključku procesa, ki ugotavlja obremenjenosti zraka z vonjem in izračunu emisij vonja, sledi sprejetje ukrepov za zmanjšanje vpliva emisijskega vira skladno z zaključki BAT.

Merilo za presojo vplivov vira na okolje in družbo je število podanih pritožb prebivalcev. Glede na število pritožb so določene tri vrednosti sprejemljivosti obremenjenosti zraka z motečim vonjem, in sicer nulta, ciljna in mejna. Ciljna vrednost je enaka nulti, kar pomeni, da v je v primeru pritožb potrebno sprejeti ukrepe za zmanjšanje obremenjenosti do mere, da pritožb praktično ni več (Brancher *et al.*, 2017, Van Broeck *et al.*, 2001).

5.2.1.3. Danska

Na Danskem delijo vire vonja za katere ocenjujejo obremenjenost zraka z vonjem in njihov vpliv na družbo na dve vrsti, in sicer na industrijske emisije in na objekte za rejo živali. Področje onesnaženja zraka z vonjem je urejeno v okviru smernic za nadzor emisij odpadnega zraka. Za industrijske obrate velja, da koncentracija vonja 99 odstotkov časa (99 percentil) ne sme presežati 5 do 10 LE/m^3 . Enota vonja LE/m^3 je definirana podobno kot enota vonja po standardu EN13725 EV/m^3 , saj predstavlja število redčenj odpadnega zraka s čistim zrakom pri katerem zazna vonj 50 % panelistov. V enotah vonja, kot jih definira Danska, je upoštevana tudi preizkuševalčeva občutljivost zaznavanja vonja (preskus z n-butanolom in vodikovim sulfidom). Ker se povišane koncentracije vonja v zraku pogosto pojavljajo v kratki časovnih intervalih, temelji postopek ocenjevanja obremenjenosti z vonjem na 1 minutnem časovnem intervalu. Za izračun minutnih koncentracij vonja iz urnih koncentracij vonja je v uporabi metoda »p2m«. Parameter R, ki nastopa v enačbi za izračun »p2m« vrednosti, je na Danskem predpisan in znaša 7,8. Faktor je konstanten in je torej neodvisen od stabilnosti ozračja, hitrosti vetra, oddaljenosti vira od stanovanjskih objektov in tipa emisijskega vira. Izračuni širjenja vonja z disperzijskim modelom morajo biti izvedeni za vse mesece v letu. Skladnost izračunanih minutnih koncentracij vonja z mejnimi vrednostmi je potrebno potrditi za vsak mesec posebej, pri čemer morajo biti izračunane koncentracije nižje od mejne vrednosti 99 odstotkov časa. Upravljavec naprave mora zadostiti mejni vrednosti na območjih izven mej obrata. V izračunih z disperzijskim modelom je potrebno upoštevati največjo izmerjeno emisijo vonja. Za ocenjevanje kakovosti zraka

je predpisana uporaba danskega nacionalnega disperzijskega modela. Poleg mejnih vrednosti koncentracij vonja v zunanem zraku predpisi določajo tudi postopek za izračun višine odvodnika in mejno vrednost emisije vonja, ki znaša 4.000 LE/m^3 . V primeru, da skladnost z mejno vrednostjo, zaradi tehničnih in finančnih razlogov, ni mogoča, lahko mejno vrednost emisije vonja povečajo, vendar pod pogojem, da je učinkovitost čiščenja odpadnih plinov večja kot 95 %. Če je mogoče, lahko poteka ocenjevanje kakovosti zraka tudi na podlagi skladnosti z mejnimi vrednostmi plinov z vonjem v zraku.

Za objekte za rejo živali veljajo na Danskem predpisi, ki določajo ločevalne razdalje med viri vonja in najbližjimi stanovanjskimi objekti. Na voljo so smernice s podatki o emisijskih faktorjih, ki so odvisni od vrste živali, smernice za uporabo disperzijskega modela in smernice z mejnimi vrednostmi dovoljene izpostavljenosti motečim vonjavam.

Ločevalne razdalje so določene individualno za vsak emisijski vir, predpisane pa so naslednje mejne vrednosti:

- v obstoječih ali novih urbanih območjih in parkih koncentracije vonja ne sme presegati 5 EV/m^3 ,
- v naselju na podeželju z več kot 6 stavbami koncentracija vonja ne sme presegati 7 EV/m^3 ,
- v primeru gradnje novega objekta, širitve dejavnosti ali predelave obstoječega objekta na zasebni posesti, koncentracija vonja ne sme presegati 15 EV/m^3 .

Skladno s predpisi morajo upravljavci zagotoviti izračune urnih koncentracij vonja in zagotoviti kriteriju, ki določa, da morajo biti izračunane koncentracije vonja 99 odstotkov časa v mesecu pod zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.1.4. Francija

Predpisi določajo mejne vrednosti vonja v zunanem zraku za izpuste iz kompostarn in obratov za predelavo živalskih odpadkov. Objekti za kompostiranje morajo v postopku pridobivanja obratovalnega dovoljenja zadostiti tehničnim zahtevam navedenim v enem izmed omenjenih predpisov. Hkrati so določene tudi mejne vrednosti za koncentracije vonja v zunanem zraku. Velja, da koncentracije vonja izračunane z uporabo disperzijskega modela znotraj oddaljenosti 3 km od uradne meje obrata 98 odstotkov časa (98 percentil) ne smejo presegati 5 EV/m^3 . Ker zakonodaja ne omenja uporabe metode za izračun kratkotrajno povišanih koncentracij vonja predvidevamo, da se izračuni izvajajo na urni skali. Stroške za izračune koncentracij vonja v zraku prevzame upravljavec naprave, ki je tudi odgovoren za pravilnost izračunov. Če emisije vonja ne presegajo $20 \times 10^6 \text{ EV/h}$ in se vir nahaja na območju z nizko stopnjo tveganja (izven stanovanjskih naselij, na zadostni oddaljenosti od bolnišnic, šol ipd.), izračuni z disperzijskim modelom niso obvezni. Mejne vrednosti so bile določene skladno z zaključki BAT in z vidika stroškov za zmanjšanje emisij vonja. Enote vonja so definirane skladno s standardom EN 13725.

Mejne vrednosti koncentracij vonja v zraku, ki so posledica emisij vonja iz objektov za predelavo živalskih odpadkov so naslednje:

- z disperzijskim modelom izračunane koncentracije vonja v zraku, ki so posledica emisij iz obstoječih virov, na oddaljenosti manj od 3 km od uradne meje obrata ne smejo presegati 5 EV/m^3 98 odstotkov časa (98 percentil),
- z disperzijskim modelom izračunane koncentracije vonja v zraku, ki so posledica emisij iz načrtovanih virov, na oddaljenosti manj od 3 km od uradne meje obrata ne smejo presegati 5 EV/m^3 99,5 odstotkov časa (99,5 percentil).

Izračuni z disperzijskim modelom morajo upoštevati dimni dvig odpadnega zraka in meteorološke ter topografske značilnosti območja vrednotenja. Če je emisija vonja manjša od 1.000 EV/m^3 , izvedba izračunov z disperzijskim modelom ni potrebna (Brancher *et al.*, 2017)

5.2.1.5. Italija

V Italiji na državni ravni ni predpisov, ki bi urejali področje obremenjenosti z vonjem. Nadzor kakovosti zraka poteka na nivoju pokrajin, ki same odločajo o predpisih na tem področju. Dodatno veljajo v pokrajinah Bazilikata, Abruci, Emilija Romanja, Sicilija, Benečija, Lombardija in Apulija predpisi, ki urejajo področje vonja. Predpisi določajo predvsem največjo dovoljeno emisijo vonja iz kompostarn in objektov za dejavnosti povezanimi z bioplinom (Cusano, *et al.*, 2010, Brancher *et al.*, 2017).

V **Lombardiji** velja predpis po katerem koncentracija vonja v zraku 98 odstotkov časa v obdobju enega leta ne sme presežati 1, 3 ali 5 EV/m³. Predpis navaja, da zazna koncentracijo vonja 1 EV/m³ 50 odstotkov populacije, 3 EV/m³ 85 odstotkov populacije, 5 EV/m³ pa 90 do 95 odstotkov populacije. Za izračun kratkotrajno povišanih koncentracij vonja iz urnih koncentracij se uporablja metoda »p2m«. Po tej metodi je potrebno urne koncentracije vonja izračunane z disperzijskim modelom pomnožiti s koeficientom 2,3. Presenetljivo postopek ne omenja trajanja kratko časovnega intervala. Koeficient 2,3 je utemeljen z ugotovitvijo, da strokovna literatura trenutno še ne ponuja primernejšega postopka za izbor omenjenega koeficienta. Predpis velja za obstoječe in nove objekte, pri čemer je za nove objekte namen predpisa preučiti predvideno obremenjenost zraka z vonjem in obrat primerno lokacijsko umestiti v prostor. Upravljalci obstoječih objektov, ki povzročajo prekomerno onesnaženost zraka z vonjem in imajo na okolje in družbo negativen vpliv, morajo izvesti oceno skladnosti s predpisom v štirih fazah, in sicer:

- Faza 1: meritve koncentracij vonja na terenu,
- Faza 2: kvantitativno in kvalitativno oceniti obremenjenost zraka z vonjem,
- Faza 3: preveriti ali izmerjene in izračunane vrednosti ustrezajo okoljskemu dovoljenju,
- Faza 4: na podlagi sprejetih ukrepov ponoviti Fazo 1.

Predpisi vključujejo smernice in standarde za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem z uporabo disperzijskih modelov, navodila za pravičen odvzem vzorcev onesnaženega zraka in analizo vzorcev, navodila za ocenjevanje obremenjenosti prebivalcev z motečim vonjem in kemijsko analizo vzorcev odpadnega zraka (EN 13725, UNI 10796, UNI 10964, UNI 10169, EN 13284-1, VDI 3883:1993, VDI 3940:2006).

Področja so razdeljena glede na stopnjo občutljivosti v štiri skupine, in sicer na kmetijske površine, stanovanjske površine, površine s trgovinami in industrijske površine. Za vsako izmed teh območij veljajo različne mejne vrednosti.

Čeprav predstavljeni predpisi veljajo le v Lombardiji, se lahko pokrajine brez lastnih predpisov, sklicujejo na te (Brancher *et al.*, 2017).

Predpisi v pokrajini **Apulija** so namenjeni predvsem ugotavljanju obremenjenosti zraka z vonjem iz obratov za čiščenje odpadnih vod (Brattoli, *et al.*: *A methodological approach for the development of an odour regulation in Puglia Region (Italy)*). Predpisane so mejne vrednosti:

- Koncentracije vonja 98 odstotkov časa v obdobju enega leta ne smejo presežati 1, 2 ali 3 EV/m³.

Upravljalci naprav morajo predložiti grafični prikaz maksimalnih koncentracij vonja (98 percentil). Izračuni morajo upoštevati meteorološke podatke iz preteklih dveh let. Podobno kot v Lombardiji, je predvidena uporaba metode »p2m« in faktorja 2,3. Obvezen je tudi izračun obremenitve zraka z vonjem v času zelo neugodnih razmer za širjenje vonja v ozračju. Cilj teh izračunov je obravnavati obremenjenost zraka z vonjem na območju z visoko stopnjo varnosti pri 99,9 percentilu. Zagotoviti je torej potrebno oceno pri mejnih vrednosti:

- Koncentracije vonja 99,9% ali 100% odstotkov časa v obdobju enega leta ne smejo presežati 1, 2 ali 3 EV/m³.

Sprejemljivost obremenitve z vonjem je odvisna od stopnje varovanja območja in lokacije obrata. Predpisi vsebujejo smernice za izvajanje disperzijskega modeliranja ter odvzem in analizo vzorcev odpadnega zraka (EN

13725, UNI 10796, UNI 10964). Predvidene vrednosti emisije vonja za naprave v sklopu obstoječih objektov se lahko določi glede na podatke o izbrani tehnologiji, podatke iz literature in splošno sprejetih izkušenj.

5.2.1.6. Irska

Čeprav zakonodaja na Irskem področja vonja ne ureja, je njihova agencija za okolje sprejela smernico za objekte za rejo prašičev, ki določa:

- ciljno vrednost 1,5 EV/m³ ne glede na starost objekta,
- mejno vrednost 3,0 EV/m³ za nove objekte in
- mejno vrednost 6,0 EV/m³ za obstoječe objekte.

Zgornje vrednosti ne smejo biti presežene 98 odstotkov časa in veljajo za območja z visoko stopnjo občutljivosti. Mejne vrednosti so najprej veljale za objekte za rejo prašičev, kasneje pa so bile sprejete tudi za farme kokoši. Za modeliranje širjenja vonja v zraku se uporabljata modela ADMS4 ali pa AERMOD. Upravljalci obstoječih objektov morajo izvajati vzorčenje odpadnega zraka za izračun emisije vonja. Za nove farme agencija v naprej določa emisijske vrednosti, ki so značilne za določeno obdobje v obratovalnem času farme. Irska poleg lastnih predpisov upošteva predpise, ki jih določa Evropska unija in upravljavcem priporoča uporabo zaključkov BAT (*Odour Monitoring Ireland Services: Odour Measurement*).

5.2.1.7. Madžarska

Trenutno Madžarska nima pravnih omejitev na področju vonja. V dokumentu Cseh *et al.* (2010) so navedene ciljne vrednosti med 3 do 5 EV/m³, ki naj bi temeljile na smernicah iz nekaterih drugih evropskih držav. Predvidevamo, da mora biti koncentracija vonja v zunanjem zraku pod zapisanima koncentracijama 98 odstotkov časa. Za izračune širjenja vonja v zraku se uporablja model OT, ki je bil razvit iz modela HNS-TRANSMISSION. Informacija o uporabi metode »p2m« ni na voljo. Mejne vrednosti vonja in izračune z disperzijskim modelom se uporablja za oceno obremenjenosti z vonjem in širjenje vonja iz objektov za rejo živali, odlagališč odpadkov in drugih industrijskih objektov.

5.2.1.8. Nemčija

Nemška zakonodaja sledi na področju kakovosti zraka smernicam Evropske unije, ki jih umešča v svoj pravni red, v veliki meri pa uvaja tudi lastne metode ocenjevanja obremenjenosti zraka z motečim vonjem. Predpis »Bundes Immissionsschutz Gesetz« (krajše BImSchG) uvaja nadzor in preprečuje okolju škodljive vplive, ki jih povzročajo onesnaženost zraka, hrup, vibracije ipd. Predpis prepozna kot moteče, emisije vonja iz vseh vrst industrijskih obratov.

Tehnična navodila za urejanje področja kakovosti zraka so na voljo v dokumentu »TA-Luft«. Namen tega dokumenta je zaščititi družbo in okolje pred neželenimi učinki prekomerne onesnaženosti zraka in omogočiti nadzor ter varnostne ukrepe za čim višjo kakovost zunanjega zraka. Čeprav TA-Luft omenja težave, ki jih lahko povzroča moteč vonj, mejne vrednosti vonja v zraku niso navedene. Področje obremenjenosti z vonjem natančneje ureja smernica GOAA (*Guideline on Odour in Ambient Air, 2008*).

Smernica obravnava emisije vonja iz industrijskih obratov in objektov za rejo živali, ne vključuje pa virov, kot so promet, ogrevanje individualnih stanovanjskih objektov, gnojenje ipd. Merila za ocenjevanje vonja temeljijo na zaznavanju vrste vonja in tako imenovani metodi »vonjalnih ur«. Za ocenjevanje vonja v zunanjem zraku sta priznani dve metodi, in sicer metoda s panelisti na terenu in izračuni z uporabo disperzijskega modela.

Pristop ocenjevanja vonja z vonjalnimi urami je opisan v smernici VDI 3940-Part 1:2006. Vonjalna ura predstavlja časovno obdobje ene ure v kateri je bil delež časa, ko je bil vonj zaznaven, višji od predhodno določenega deleža. Z drugimi besedami, če je bil v obdobju ene ure vonj zaznaven več kot 10 minut, je ura označena kot vonjalna ura. Definicija vonjalne ure temelji na človekovem procesu zaznavanja vonja, predvsem na njegovi zmožnosti prilagajanju dražljajem in predpostavki, da imajo na človeka posamezne kratkotrajno povišane koncentracije vonja večji vpliv, kot daljši intervali z nižjimi koncentracijami vonja. Zaradi tega ocenjevanje vonja v zraku s pristopom

vonjalnih ur namenja večji poudarek kratkotrajno povišanim koncentracijam vonja kot daljšim obdobjem z nižjimi koncentracijami vonja (GOAA, 2008).

Za izračun kratkotrajno povišanih koncentracij vonja iz urnih povprečij je v uporabi »p2m« metoda s pripadajočim koeficientom 4. Po definiciji je prag zaznavanja vonja enak 1 EV/m^3 , kar pomeni, da je z upoštevanjem koeficienta 4, prag zaznavanja na urni skali enak $0,25 \text{ EV/m}^3$. Skupna obremenjenost z vonjem je enaka:

$$EXP_{tot} = EXP_{exist} + EXP_{add}$$

kjer predstavlja EXP_{exist} obstoječo obremenjenost z vonjem, EXP_{add} pa predvideno dodatno obremenjenost z vonjem. Obstoječo obremenjenost povzročajo obstoječi viri vonja in ne upošteva dodatne obremenjenosti, ki jo bo povzročil načrtovan objekt za katerega mora upravljavec pridobiti okoljevarstveno dovoljenje. Obstoječa obremenitev EXP_{exist} je ocenjena z izvedbo »mrežne« metode na terenu ali pa z disperzijskim modelom.

V panogi kmetijstva in živinoreje veljajo mejne vrednosti samo za emisije vonja iz objektov za rejo živali. Skupna obremenitev z vonjem je definirana kot:

$$EXP_{tot,nr} = f_{tot} EXP_{tot}$$

kjer je faktor f_{tot} izračunan skladno s postopkom v dokumenta GOAA (poglavje 4.6). Faktor je odvisen od vrste živali, in neprijetnosti vonja. V primeru, da gre za izračun obremenjenosti z vonjem iz objekta za rejo perutnine, je faktor f enak 1,5, če gre za objekt za rejo prašičev je faktor enak 0,75, če gre za krave pa 0,5. Iz velikosti faktorja je razvidno, da je mejna vrednost odvisna od hedoničnega tona vonja. V primeru neprijetnega vonja je mejna vrednost nižja, v primeru prijetnega vonja pa višja.

Okoljsko dovoljenje brez prihodnjih obveznosti dobijo objekti s takšno dodatno obremenitvijo zraka, da skupna obremenitev zraka z vonjem v 98 percentilu ne presega koncentracije $0,25 \text{ EV/m}^3$. Če ta mejna vrednost ni presežena lahko predpostavimo, da je prispevek naprave k skupni obremenitvi zraka zanemarljiv in na kakovost zraka ne bo imela večjega vpliva.

Predpis GOAA navaja, da morajo biti rezultati izračunov z disperzijskim modelom prikazani v obliki, ki je skladna z rezultati mrežne metode na terenu. To pomeni, da so izračuni predstavljeni na mreži s primerno ločljivostjo, kjer posamezna celica predstavlja površino s pripadajočo oceno obremenjenosti z vonjem. Navodila za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem z uporabo disperzijskih modelov so navedena v tretji prilogi TA-Luft. Modeliranje mora biti izvedeno z disperzijskim modelom AUSTAL 2000, ki je predpisan in definiran v standardu VDI 3945 – Part 3:2001. V primeru, da želijo upravljavci naprave uporabiti drug model, je potreben predhoden posvet z odločevalci.

5.2.1.9. Nizozemska

Nizozemska ima dolgo zgodovino standardov, zakonov, odlokov in predpisov v zvezi z vonjavami v okolju. Ta zgodovina sega od zgodnjih sedemdesetih let do danes.

Kratka zgodovina sprejemanja zakonodaje na Nizozemskem:

- leta 1971 pričnejo na ravni države veljati predpisi za nadzor obremenjenosti zraka z vonjem v panogi živinoreje. Težave povzročajo predvsem številne farme prašičev. Smernice določajo najmanjšo dovoljeno razdaljo, ki je odvisna od velikosti farme glede na število glav, med farmami in stanovanjskimi površinami (Van Harreveld, 2003),
- leta 1984 prične veljati smernica za emisije vonja iz industrijskih obratov, ki temelji na meritvah emisij vonja z dinamičnim olfaktometrom. Meritvam sledi ocena pogostosti izpostavljenosti motečemu vonju v zunanem zraku. Izračunane vrednosti primerjajo s predpisano urno mejno vrednostjo vonja. Uvedejo dva kriterija, in sicer za obstoječe in nove objekte.

- leta 1995 uvedejo nove smernice (Netherland Emission Guidelines, krajše NeR), ki temeljijo na nemškem predpisu TA-Luft. Pred letom 1995 je bilo izdajanje okoljevarstvenih dovoljenj prepuščeno lokalnim oblastem, po letu 1995 pa so celotno področje vonjav začeli urejati na ravni države. Smernice NeR so poleg mejnih vrednosti za koncentracije vonja v zraku predpisovale tudi mejne emisijske vrednosti za večino kemijskih onesnaževal. Namen smernic je bil uskladiti okoljevarstvena dovoljenja na ravni države, omejiti emisije snovi v zrak in na ta način čim bolj zmanjšati izpostavljenost motečim vonjavam in drugim onesnaževalom v zraku. Mejne vrednosti vonja so bile določene glede na hedonični ton vonja. Bolj kot je bil vonj neprijeten, bolj stroge so bile mejne vrednosti. Čeprav so smernice NeR prenehale veljati leta 2016, so bila nekatera navodila v smernicah ukinjena že predhodno, saj so bili takrat za nekatere industrijske panoge na voljo že dokumenti BREF, ukrepi za zmanjšanje emisij vonja pa so bili s stališča najboljših možnih tehnologij (BAT) zastareli.

Od leta 2016 dalje so evropske direktive, ki urejajo področje onesnaženosti zraka, na Nizozemskem vključene v Zakon o ravnanju z okoljem (Wet Milieubeheer) in Odlok o dejavnostih v okolju (Activiteitenbesluit milieubeheer). Direktiva o industrijskih emisijah (IED 2010/75/EU), ki ureja emisije iz velikih industrijskih virov, je prav tako vključena v Odlok o dejavnostih v okolju. Ta direktiva določa pravila za velike kurilne naprave, sežigalnice odpadkov, obrate z emisijami HOS (angleško VOC) in IPPC zavezance. Obrati, ki ne spadajo v katero izmed naštetih kategorij, morajo pridobiti dodatna dovoljenja.

Področje vonja ureja člen 2.7a odloka o dejavnostih v okolju. Člen določa, da dejavnosti v okolju ne smejo povzročati obremenjenosti z motečim vonjem. Če to ni mogoče, mora biti obremenjenost zmanjšana do mere, ki jo določijo lokalne oblasti.

Obremenjenosti z vonjem, ki je posledica emisij iz objektov za rejo živali, in pridobivanje okoljskih dovoljenj od leta 2007 ureja samostojen odlok, ki velja na ravni države. Namen odloka je določitev najmanjših razdalj med emisijskim virom in stanovanjskimi površinami ter določitev največje dovoljene obremenitve z vonjem na območju z največjo stopnjo varstva.

Glavni cilj nizozemske zakonodaje je čim bolj omejiti onesnaženje z vonjem iz obstoječih objektov in preprečiti onesnaženost iz novih. Ta cilj in upoštevanje BAT smernic sta temelja za urejanje področja obremenjenosti z vonjem na Nizozemskem. Na odločitve glede dovoljene obremenjenosti z vonjem lahko vplivajo tudi lokalne oblasti, če ugotovijo, da za to obstaja interes lokalne skupnosti in presodijo, da bo kakovost zraka še vedno dovolj dobra. Tako imajo pokrajine Flevoland, Gelderland, Groningen, North Brabant, Overijssel, Zeeland in South Holland na področju vonja lastno zakonodajo, ki velja predvsem za tiste vire, ki jih zakonodaja na državni ravni ne ureja (Brancher *et al.*, 2017).

Meritve koncentracije vonja izvajajo na Nizozemskem skladno z evropskim standardom EN 13725, ki ima v nizozemski zakonodaji oznako NEN-EN 13725. Poleg tega standarda so veljavni še naslednji standardi:

- NVN 2820:1995/A1:1996 nl za izvajanje meritev z olfaktometrom,
- NTA 9065:2012 nl za izvajanje ocenjevanja obremenjenosti zraka z vonjem (na ta standard se sklicuje Odlok o dejavnostih v okolju in Smernica za obremenjenost zraka z vonjem),
- NTA 9055:2012 nl za izvajanje meritev z uporabo elektronskega nosa,
- NVN 2818:2005 nl definira hedonični ton in meritve tega z olfaktometrom. Panelisti ocenjuje prag zaznavanja vonj in hedonični ton na devet stopenjski lestvici. Koncentracijo vonja, ki je prikazana na logaritmični skali in hedoničnim tonom ponazarja linearna krivulja. Koncentracija vonja je izračunana iz regresijske enačbe, pri čemer so vrednosti hedoničnega tona enake predpisanim mejnim vrednostim. Zahteve za izvajanje postopkov za ocenjevanje kakovosti zraka so navedene v smernici NNM Guide, ki opisuje širjenje snovi v zraku po Gaussovi metodi. Izračuni širjenja snovi v zraku morajo upoštevati meteorološke podatke za zadnjih 10 let.

Odlok o dejavnostih v okolju za industrijske obrate predpisuje naslednje mejne vrednosti:

- objekti zgrajeni po 1. 2. 1996:

- koncentracija vonja na območju s stanovanji ne sme biti višja od 0,5 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- koncentracija vonja v industrijskih conah, poslovnih središčih in izven urbanih področij ne sme biti višja od 1 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- objekti zgrajeni pred 1. 2. 1996:
 - koncentracija vonja na območju s stanovanji ne sme biti višja od 1,5 EV/m³ 98 odstotkov časa,
 - koncentracija vonja v industrijskih conah, poslovnih središčih in izven urbanih področij ne sme biti višja od 3,5 EV/m³ 98 odstotkov časa,

Zaradi velikega števila farm za rejo živali so mejne vrednosti vonja v zraku odvisne od števila farm in glede na lokacijo emisijskega vira. Tako veljajo mejne vrednosti:

- koncentracija vonja na območju z velikim številom farm v naselju ne sme presežati 3 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- koncentracija vonja na območju z velikim številom farm izven naselja ne sme presežati 14 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- koncentracija vonja izven območja z velikim številom farm in v naselju ne sme presežati 2 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- koncentracija vonja izven območja z velikim številom farm in izven naselja ne sme presežati 8 EV/m³ 98 odstotkov časa.

Dodatno velja, da mora biti razdalja med farmo živali in območjem visoke občutljivosti, ki je del sosednje farme živali, najmanj 100 metrov v naselju in najmanj 50 metrov izven naselja. Ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem se izvaja z uporabo disperzijskih modelov (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.1.10. Norveška

Na Norveškem področje vonjav ureja Zakonom o nadzoru onesnaževanja po katerem morajo pridobiti okoljevarstveno dovoljenje vsi obrati, ki lahko povzročajo onesnaženje. Čeprav zakon predvideva težave povezane z izpostavljenostjo različnim onesnaževalom v zraku, mejnih vrednosti za vonj ne določa. Zaradi tega je bila sprejeta smernica TA-3019:2013, ki predstavlja kvantitativni in objektivni pristop ocenjevanja obremenjenosti zraka z vonjem. Smernica predlaga postopek za izdelavo ocene tveganja zaradi izpostavljenosti motečemu vonju, izdelavo tehničnega opisa vira in ukrepe za zmanjšanje emisij vonja, načrt za upravljanje obrata z vidika emisij vonja (postopek v primeru tehničnih težav v obratovanju) ter načrt komunikacije z javnostjo.

Postopek ocene tveganja izpostavljenosti vonju mora upoštevati potencialne vire vonja pri vsakem procesu v obratu, jih primerno identificirati in označiti ter določiti oziroma izmeriti emisijo vonja. Sledi obravnavanje širjenja vonja v zraku z uporabo disperzijskih modelov v primeru običajnega obratovanja naprave in v primeru nepredvidenega odstopanja od normalnega obratovanja. Metoda ocenjevanja temelji na metodi KVALUR in standardu NS 5814. Namen metode je določiti faktor tveganja zaradi izpostavljenosti vonju in ovrednotiti potencialen vpliv vonja na ljudi. Če je faktor obremenjenosti z vonjem, ki mora biti izračunan za vsak vir, manjši od 0,1, je vir izločen iz nadaljnje obravnave. Nasprotno velja, če je faktor enak ali večji 1. V tem primeru je verjetnost, da bo imel vir na najbližje prebivalce negativen vpliv, velika. Upravljavec naprave mora zato sprejeti ukrepe za zmanjšanje emisij vonja. Ker se KVALUR metoda uporablja v kombinaciji z disperzijskimi modeli, faktor obremenjenosti 1 odgovarja 1 EV/m³.

Najstrožje mejne vrednosti veljajo v bližini stanovanjskih objektov, bolnišnic, domov za starostnike, počitniških objektov, šol in vrtcev. Za ta območja velja, da urna koncentracija vonja 99 odstotkov časa ne sme presežati 1 ali 2 EV/m³, pri čemer velja 1 EV/m³ za obrate v neposredni bližini stanovanjskih površin, 2 EV/m³ pa za obrate v industrijskih conah. Če je vonj posebej neprijeten ali pa je lokacija obrata specifična, se mejna vrednost lahko spremeni.

Za razpršene vire veljajo enaka pravila, kot za vse ostale vire. Ker ocenjevanje obremenjenosti z vonjem, ki ga povzročajo razpršeni viri zahtevno, je priporočljiva izvedba ankete (po standardu VDI 3993) in meritve s panelisti na terenu (VDI 3940). Izračuni z disperzijskim modelom (OML, AERMOD, CALPUFF) morajo biti izvedeni minimalno

za obdobje enega leta. Upoštevati je namreč potrebno meteorološke razmere v vseh letnih časih. Meritve vonja potekajo skladno s standardom EN 13725 (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.1.11. Španija

Španija predpisov, ki bi urejali področje vonja na državni ravni, še nima. Področje deloma urejajo različni predpisi, ki urejajo celotno področje okolja. Zakonodaja za urejanje področja vonja, ki je sicer v začetni fazi, temelji na občinskih odlokih, okoljevarstvenih in obratovalnih dovoljenjih.

Katalonija je leta 2005 pripravila osnutek zakona proti onesnaževanju zraka z vonjavami. V dokument, ki je še vedno v fazi razvoja, želijo vključiti najnovejše metode za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem, ki jih uporabljajo v drugih državah. Primernost metod potrjujejo z meritvami na različnih vrstah objektov z emisijami vonja. Meritve emisij vonja iz obstoječih virov se izvajajo skladno s standardom EN 13725, za nove vire pa so v veljavi emisijski faktorji. Ciljne koncentracije vonja so določene za stanovanjska območja, in sicer tako da:

- koncentracije vonja v zraku, ki so posledica emisij iz obratov za ravnanje z odpadki, obratov za ravnanje z stranskimi živalskimi odpadki, obratov za proizvodnjo produktov živalskega in rastlinskega izvora, klavnic, papirnic in obratov za pripravo celuloze, ne smejo presegati 3 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- koncentracije vonja v zraku, ki so posledica emisij iz farm za rejo živali, obratov za ravnanje z biološko razgradljivimi odpadki, obratov za proizvodnjo mesa in dimljene proizvodov, obratov za obdelavo organskih proizvodov in čistilnih naprav, ne smejo presegati 5 EV/m³ 98 odstotkov časa,
- koncentracije vonja v zraku, ki so posledica emisij obratov za praženje in proizvodnjo kave in kakava, pekarn, pivovarn, obratov za proizvodnjo ekstraktov z okusom in dišav, obratov za sušenje rastlin in podobnih, ne smejo presegati 7 EV/m³ 98 odstotkov časa.

Mejne vrednosti vonja so odvisne od hedoničnega tona vonja; bolj kot je vonj neprijeten, strožja (nižja) je mejna vrednost. Za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem se uporabljajo disperzijski modeli, ki so jih potrdile odgovorne institucije. Če so izračunane koncentracije vonja v zraku višje od mejnih vrednosti, mora upravljavec naprave predstaviti ukrepe za zmanjšanje emisij vonja. Ukrepe mora potrditi odgovoren organ (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.1.12. Velika Britanija

Zakonodaja na področju vonja v Veliki Britaniji:

- Zakon o varstvu okolja (EPA),
- Zakon o mestnem in državnem načrtovanju (TCPA),
- Predpisi o okoljskih dovoljenjih (EP) (Anglija in Wales) in
- Predpisi o preprečevanju in nadzoru onesnaževanja ter predpisi o upravljanju z odpadki (PPC & WML) (Škotska in severna Irska).

Sporazum o gospodarskem partnerstvu velja za vse poslovne in trgovinske dejavnosti, vključno z industrijo, kmetijstvom, ravnanjem z odpadki in odpadnimi vodami itd. Upravljavci obratov morajo upoštevati prostorske načrte in pogoje, ki jih določa zakonska ureditev EP (ali PPC&WML predpisi na Škotskem in Severni Irski). Pri umeščanju obratov v prostor je pogosto prisotna pravna in postopkovna razprava o tem, katera zakonodaja je primerna za dotično dejavnost.

V Združenem Kraljestvu so merila za obremenjenost z vonjavami določena v prilogi 3 dokumenta namenjenega nadzoru vonjav (H4 Odour Management).

Mejne vrednosti vonja v zraku so določene glede na hedonični ton vonja:

- v primeru obremenjenosti zraka z zelo ofenzivnim vonjem, povprečne urne koncentracije vonja ne smejo presegati $1,5 \text{ EV/m}^3$ 98 odstotkov časa v letu.
Med vire z emisijami vonja, ki je zelo ofenziven, sodijo obrati za predelavo poginulih živali ali njihovih ostankov, procesi katerih stranski produkt je septično blato ali odpadna tekočina in odlagališča odpadkov.
- v primeru obremenjenosti zraka z zmerno ofenzivnim vonjem, povprečne urne koncentracije vonja ne smejo presegati 3 EV/m^3 98 odstotkov časa v letu.
Zmerno ofenziven vonj povzročajo emisije iz panog kot so živinoreja in prehrabna industrija (cvrtje maščob /predelava hrane, predelava sladkorne pese) in obratov za kompostiranje zelenega odreza.
- V primeru obremenjenosti zraka z manj ofenzivnim vonjem, povprečne urne koncentracije vonja ne smejo presegati 6 EV/m^3 98 odstotkov časa v letu.
Med vire z emisijami vonja, ki je manj ofenziven, sodijo pivovarne, obrati za proizvodnjo sladkih proizvodov in pražarne kave.

Na mejne vrednosti lahko vplivajo lokalni dejavniki. Če denimo lokalna skupnost postane dovzetnejša za moteč vonj, se lahko vrednosti zmanjšajo za $0,5 \text{ EV/m}^3$.

Predpogoj za nadzor emisij vonja je uporaba zaključkov BAT. Za oceno obremenjenosti zraka z vonjem morajo biti na voljo meteorološki podatki zadnjih treh let ali več (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.2. Predpisi o vonjavah v Ameriki

5.2.2.1. Kanada

V Kanadi področje vonja ni urejeno na ravni države, ampak na ravni pokrajin. Predpisi predvidevajo uporabo standardov EN 13725 in ASTM E679-04.

V smernicah, ki veljajo v zvezni državi **Quebec**, so predpisane mejne vrednosti za kompostarne in bioplinarne oziroma z njimi povezane dejavnosti. Velja, da koncentracije vonja:

- v naseljih ne smejo presegati 1 EV/m^3 98 odstotkov časa,
- v poslovnih conah ne smejo presegati 5 EV/m^3 99,5 odstotkov časa.

Za izračun 4 minutnih kratkotrajno povišanih koncentracij vonja iz povprečnih urnih koncentracij vonja je potrebno v izračunih z disperzijskim modelom uporabiti faktor »p2m« 1,9. Navkljub mejnim vrednostim, morajo biti kompostarne odprtega tipa z zmogljivostjo manj kot 7.500 m^3 oddaljene od najbližjih sosednjih objektov najmanj 500 m, kompostarne zaprtega tipa pa najmanj 250 m. V primeru, da upravljavec naprave ne izvede presoje obremenitve zraka z vonjem z uporabo disperzijskega modela, se razdalja poveča na 1 km. Kompostarne z zmogljivostjo večjo od 7.500 m^3 morajo biti od najbližjih objektov oddaljene 1 km. Ta razdalja se lahko zmanjša na 500 m, če upravljavec sprejme zadostne ukrepe in namesti dovolj učinkovite sisteme za čiščenje odpadnega zraka. Bioplinarne in sorodni objekti morajo biti ne glede na izračune z disperzijskim modelom od najbližjih stanovanjskih in poslovnih površin oddaljeni 1 km. Podobno kot pri kompostarnah, se ta razdalja lahko zmanjša na 500 m, če ima naprava nameščene dovolj učinkovite sisteme za čiščenje odpadnega zraka.

V mestu Montreal koncentracije vonja izven območja naprave ne smejo presegati 1 EV/m^3 , v mestu Boucherville pa koncentracije vonja ne smejo nikoli (100ti percentil) presegati 10 EV/m^3 oziroma 5 EV/m^3 več kot 98 odstotkov časa. Če so vrednosti presežene, oblasti lahko uvedejo nadzor koncentracij vonja z elektronskimi nosovi (Brancher *et al.*, 2017).

V provinci **Manitoba** veljajo naslednje mejne vrednosti:

- 2 EV/m^3 v stanovanjskih naseljih,
- 7 EV/m^3 v industrijskih conah.

Predpisana je uporaba disperzijskih modelov in izračun 3 minutnih koncentracij vonja. Za izračun 3 minutnih povprečij iz 30 minutnih povprečij, so izračunane povprečne 30 minutne koncentracije pomnožene s faktorjem »p2m« 1,9, za izračun 3 minutnih povprečij iz urnih povprečij, pa so izračunane povprečne urne koncentracije vonja pomnožene s »p2m« faktorjem 2,3. Izračuni z disperzijskim modelom morajo biti izvedeni na podlagi najmanj eno letnih meteoroloških podatkov.

V **Ontariu** je predpisana uporaba disperzijskih modelov. Povprečne urne koncentracije vonja morajo biti z uporabo faktorja »p2m« 1,65 preračunane v povprečne 10 minutne koncentracije vonja. V veljavi je mejna vrednosti, ki določa, da na območjih z visoko stopnjo varovanja 10 minutne koncentracije vonja 99,5 odstotkov časa ne smejo presežati 1 EV/m³. Čeprav mejna vrednost ni zakonsko predpisana, je v postopkih pridobivanja obratovalnih dovoljenj in procesu ocenjevanja obremenjenosti zraka z vonjem splošno veljavna. Mejna vrednost je lahko zapisana kot pogoj v okoljevarstveno dovoljenje, kar pomeni, da postane za upravljavca naprave zakonsko obvezna.

5.2.2.2. Združene države Amerike

Področje vonja v Združenih državah ni neposredno urejeno, ampak z zakonom, ki ureja celotno področje povezano s takšnimi in drugačnimi nevarnostmi, ki jih povzročata industrija, promet ipd. Nekatere zvezne države so dodatno uvedle predpise, ki določajo mejne vrednosti skladno s tako imenovanim D/T (ang. Dilution-to-threshold) pristopom. Pristop predvideva uporabo terenskega olfaktometra, s katerim primerno izšolani panelisti ocenjujejo kolikokrat je potrebno s čistim zrakom razredčiti z vonjem onesnažen zrak, da vonja panelist ne zazna več. V San Franciscu denimo je mejna vrednost, v primeru, da je bilo podanih zaradi motečega vonja več kot 10 pritožb v 90-tih dneh, enaka 5 D/T. To pomeni, da izmerjene koncentracije vonja pri ograji, ki označuje območja obrata, ne smejo presežati mejne koncentracije vonja 5 D/T (Brancher *et al.*, 2017).

Čeprav ocenjevanje koncentracij vonja s terenskim olfaktometrom ni časovno potratno, stroški izvedbe pa so nizki, meritve pogosto ne odražajo dejanskega stanja na terenu. Odvisne so namreč od časa izvedbe, meteoroloških razmer, obratovalnega časa emisijskega vira. Veliko število odhodov na teren je torej ključnega pomena za reprezentativnost meritev. V nekaterih zveznih državah so za farme živali predpisane ločevalne razdalje in za nekatere spojine z vonjem predpisane mejne vrednosti v zraku. Meritve koncentracij vonja morajo biti izvedene skladno s standardom ASTM E679-04 ali EN 13725:2003.

5.2.2.3. Panama

Panama ureja področje vonja podobno kot Združene države Amerike, in sicer z uporabo terenskega olfaktometra in številom potrebnih redčenj onesnaženega zraka s čistim zrakom do stopnje, ko panelist vonja v zraku ne zazna več.

Če se površinski emisijski vir nahaja:

- v bližini stanovanjskih površin, koncentracije vonja pri ograji objekta, ne smejo presežati 15 D/T (t.j. 15 redčitev onesnaženega zraka s čistim zrakom, da panelist vonja v zraku ne zazna več),
- na podeželju ali v industrijskih conah, koncentracije vonja pri ograji objekta, ne smejo presežati 30 D/T.

Če se točkovni emisijski vir nahaja:

- v bližini stanovanjskih površin, koncentracije vonja pri ograji objekta, ne smejo presežati 15 D/T in 7 D/T pri stanovanjskem objektu,
- na podeželju ali v industrijskih conah, koncentracije vonja pri ograji objekta, ne smejo presežati 30 D/T in 15 D/T pri stanovanjskem objektu.

5.2.3. Predpisi v Aziji

5.2.3.1. Hong Kong

Področje vonja je v Hong Kongu urejeno z zakonodajo, ki ureja celotno področje onesnaževanja zraka iz nepremičnih virov onesnaženja. Predpisana je mejna koncentracija 5 EV/m^3 , pri čemer je potrebno iz povprečnih urnih koncentracij, izračunanih z disperzijskim modelom, izračunati 3 minutne povprečne koncentracije.

Omenjena mejna vrednost ne sme biti na območju z visoko stopnjo varovanja presežena nikoli. Poleg predpisane mejne vrednosti so za nekatere dejavnosti predpisane tudi ločevalne razdalje (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.3.2. Japonska

Japonska je v sedemdesetih letih razvila lasten in v primerjavi z drugimi državami samosvoj pristop za urejanje področja vonja (Brancher *et al.*, 2017). Zakonodajni sistem določa dva različna mehanizma za nadzor vonjav:

- koncentracijo neprijetnih vonjav in
- indeks vonja.

Organi države lahko izberejo enega od teh dveh mehanizmov in vzpostavijo tri veljavne standarde, ki ustrezajo trem vrstam emisij vonja iz objektov:

- predpis za regulacijo pri ograji območja z objektom,
- predpis za nadzor emisij na viru,
- predpis, ki ureja emisije vonja pri izpustih odpadnih tekočin.

Predpisi so določeni glede na zemljepisne in demografske razmere. Objekti, ki se nahajajo na območjih, kjer veljajo predpisi, so zakonsko obvezani nadzoru. To velja ne glede na vrsto in velikost podjetja. Tipična področja, kjer je potrebno izvajati nadzor nad emisijskimi viri, so gosto naseljena območja in predmestja s šolami in bolnišnicami. Predpisi določajo mejne koncentracije za 22 spojin z ofenzivnim vonjem, pri čemer mejne vrednosti ne smejo biti presežene pri ograji območja na katerem se nahaja emisijski vir vonja. Kvantitativno določajo na Japonskem intenziteto vonja tudi s tako imenovanim Indeksom vonja, ki je zmnožek števila 10 in desetiškega logaritma koncentracije vonja oziroma razmerja redčenja. Meritve koncentracije vonja se izvajajo po japonski metodi, ki vključuje tri vreče z vzorci onesnaženega zraka. Panelisti, ki sodelujejo pri preizkusu, morajo oceniti redčitev pri kateri vonja ne zaznajo več. Sprejemljiva obremenjenost zraka z vonjem je določena glede na intenzivnost vonja in indeks vonja. Pri ograji območja z obratom velja, da intenziteta vonja na 5 stopenjski lestvici ne sme biti višja od 2,5 oziroma 3,5, kar je ekvivalentno indeksu vonja med 10 in 21.

5.2.3.3. Južna Koreja

Južna Koreja je na podlagi japonske metode ocenjevanja koncentracije vonja razvila lastno metodo imenovano ADS (ang. air dilution sensory) po kateri določajo število potrebnih redčenj, da panelisti vonja v pripravljenih vzorcih ne zaznajo več. Vrednost D/T v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na emisijskem viru, ki se nahaja v industrijski coni ne sme presegati 1000 enot D/T, na ostalih območjih pa 500 enot D/T. Predpisane so tudi mejne vrednosti v zunanjem zraku, in sicer velja, da koncentracija vonja v industrijskih conah ne sme presegati 20 D/T, na ostalih območjih pa 15 D/T. Velika slabost pristopa z ADS metodo je neupoštevanje meteoroloških razmer in ostalih dejavnikov, ki bistveno vplivajo za pravilnost ocenjevanja obremenjenosti zraka z vonjem (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.3.4. Kitajska

Področje vonja na Kitajskem ni urejeno v okviru splošne zakonodaje o nadzoru emisij onesnaževal iz nepremičnih virov, saj je v veljavi standard GB 14554-93, ki ureja emisije onesnažil z vonjem. Omejitve so odvisne od višine izpusta in rabe tal, veljajo pa za 8 spojin z vonjem, tj. amonijak, trimetilamin, vodikov sulfid, metantiool (metil

merkaptan), dimetil sulfid, dimetil disulfid, ogljikov disulfid in stiren in kombinacijo teh spojin. Za te spojine in njihovo mešanico so predpisane mejne koncentracije, ki ne smejo biti presežene na meji območja z virom. Predpise v standardu GN 14554-93 morajo spoštovati vsi upravljavci obratov, ki emitirajo pline z vonjem, ne glede na to, ali gre za obstoječ, nov ali pa za nadgradnjo obstoječega objekta. Če je izpust višji od 15 m, mora upravljavec vira spoštovati predpise, ki veljajo za emisije onesnaževal, v nasprotnem primeru pa imisijske mejne vrednosti. Za imisijske mejne vrednosti velja, da:

- na območjih z največjo stopnjo varstva okolja (nacionalni parki, znamenitosti) ne smejo biti višje od 10 enot,
- na stanovanjskih in stanovanjsko poslovnih površinah vrednosti v primeru novih objektov ne smejo presegati 20 enot, v primeru obstoječih ali nadgrajenih objektov pa 30 enot,
- v industrijskih conah vrednosti v primeru novih objektov ne smejo presegati 60 enot, v primeru obstoječih ali nadgrajenih objektov pa 70 enot.

Med odvzemom vzorcev odpadnih plinov na emisijskem viru morata preteči vsaj dve uri, odvzeti morajo biti štirje vzorci in izmed teh izbran tisti, ki ima najvišjo koncentracijo. Na virih s spremenljivimi emisijami morajo biti vzorci onesnaženega zraka odvzeti takrat, ko so emisije največje. Odvzeti je potrebno najmanj tri vzorce in od teh v nadaljnjih postopkih upoštevati vzorec z najvišjo koncentracijo. V odvisnosti od višine izpusta veljajo naslednje emisijske mejne vrednosti:

- 15 m visok izpust: 2.000 enot,
- 25 m visok izpust: 6.000 enot,
- 35 m visok izpust: 15.000 enot,
- 40 m visok izpust: 20.000 enot,
- 50 m visok izpust: 40.000 enot,
- ≥ 60 m visok izpust: 60.000 enot.

Čeprav naj bi bilo v standardu GB 14554-93 navedeno, da je koncentracija vonja brezdimenzijska količina, meritve koncentracij vonja na Kitajskem izvajajo skladno z japonsko metodo določanja vonja v treh vrečah (standard GB/T14675-93) (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.4. Predpisi na Srednjem vzhodu

5.2.4.1. Izrael

Področje vonja je urejeno na državni in lokalni ravni. Predpisane so naslednje mejne vrednosti:

- 1 EV/m³ na stanovanjskih površinah,
- 5 EV/m³ na območjih s stanovanjskimi in poslovnimi objekti,
- 10 EV/m³ na ostalih področjih.

Ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem poteka z uporabo disperzijskih modelov s katerimi je potrebno izračunati:

- najvišjo koncentracijo vonja za obstoječe in nove objekte,
- koncentracijo vonja pri 98 tem percentilu za obstoječe objekte,
- koncentracijo vonja pri 99,5 percentilu za nove objekte.

Iz povprečnih urnih koncentracij vonja je potrebno izračunati 10 minutne koncentracije po metodi »p2m«. Odvzem vzorcev onesnaženega zraka, meritve in analiza vzorcev morajo biti izvedeni skladno s standardom EN

13725:2003, obravnavati pa je potrebno tudi pritožbe in oceniti obremenjenost zraka z vonjem na terenu (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.5. Avstralija in Nova Zelandija

5.2.5.1. Avstralija

V Avstraliji področje vonja urejajo na ravni posameznih pokrajin oziroma držav.

V državi **Queensland** velja, da:

- povprečne urne koncentracije vonja, ki so posledica emisij vonja iz virov, ki niso podvrženi učinkom drugih objektov, na območjih z najvišjo stopnjo varovanja ne smejo presegati $0,5 \text{ EV/m}^3$ 99,5 odstotkov časa v enem letu,
- povprečne urne koncentracije vonja, ki so posledica emisij iz virov, ki so podvrženi učinkom drugih objektov, na območjih z najvišjo stopnjo varovanja ne smejo presegati $2,5 \text{ EV/m}^3$ 99,5 odstotkov časa v enem letu.

Viri s spremenljivimi emisijami morajo upoštevati, da koncentracije vonja v zraku v času obratovanja naprave, ne smejo presegati zgornjih mejnih vrednosti 99,5 odstotkov časa v enem letu.

Dodatni predpisi veljajo za farme piščancev. Upravljalci farm s kapaciteto do 300.000 piščancev morajo spoštovati ločevalne razdalje, upravljalci farm s kapaciteto večjo od 300.000 piščancev pa ločevalne razdalje, dodatno pa morajo izvesti tudi izračune z disperzijskim modelom. Izračuni so potrebni tudi v primeru, da je oddaljenost farme z do 300.000 piščanci od najbližjih objektov, manjša od predpisane ločevalne razdalje.

Mejne vrednosti:

- povprečne urne koncentracije vonja na podeželju ne smejo presegati $2,5 \text{ EV/m}^3$ 99,5 odstotkov časa v enem letu,
- povprečne urne koncentracije vonja na področju, ki prehaja iz urbanega v podeželje, ne smejo presegati 1 EV/m^3 99,5 odstotkov časa v enem letu.

Predpisi v državi **New South Wales** obvezujejo upravljavce naprav, da imisijske vrednosti, ki so posledica emisij vonja iz obratov, v odvisnosti od poseljenosti ne smejo presegati 2 do 7 EV/m^3 . Za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem se uporabljajo disperzijski modeli in »p2m« metoda za izračun povprečnih 3 minutnih koncentracij iz povprečnih urnih koncentracij.

V državi **Južna Avstralija** imajo podoben pristop kot v New South Walesu. Mejne vrednosti ne smejo presegati od 2 do 10 EV/m^3 , pri čemer velja mejna vrednost 2 EV/m^3 na območjih s številom prebivalcev večjim od 2.000, mejna vrednost 10 EV/m^3 pa na območjih, kjer je število prebivalcev enako 12 ali manj. Ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem se izvaja z uporabo disperzijskih modelov in »p2m« metode. Če so izračunane koncentracije nižje od mejne vrednosti 50%, lahko predlagatelj postopka ocenjevanja ugotovi, da bodo koncentracije vonja tudi v času normalnega obratovanja naprave nižje od predpisanih mejnih vrednosti. V primeru, da so izračunane koncentracije nad dvakratno vrednostjo mejnih koncentracij, je potreben ponoven pregled zasnove načrtovanega obrata in tudi postopka modeliranja. Poleg mejnih vrednosti so predpisane tudi ločevalne razdalje.

V državi **Victorija** koncentracija vonja pri ograji varovanega območja na katerem je obrat 99,9 odstotkov časa ne smejo presegati 5 EV/m^3 . Ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem se izvaja z uporabo disperzijskih modelov in »p2m« metode. Iz povprečnih urnih koncentracij je potrebno izračunati povprečne 3 minutne koncentracije vonja. Poleg mejnih vrednosti so predpisane tudi ločevalne razdalje.

V **Zahodni Avstraliji** so predpisane ločevalne razdalje. V primeru, da se kljub predpisani oddaljenosti emisijskega vira od stanovanjskih površin pojavljajo težave z motečim vonjem, je za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem predpisana uporaba disperzijskih modelov. Izračunane 3 minutne povprečne koncentracije vonja 99,5 odstotkov časa ne smejo presegati 2 oziroma 4 EV/m³ (Brancher *et al.*, 2017).

5.2.5.2. Nova Zelandija

Nova Zelandija je ena izmed držav z najdaljšo tradicijo uporabljanja disperzijskih modelov za ocenjevanje obremenjenosti zraka z vonjem. Smernica MfE iz leta 2003 z angleškim naslovom Good Practice Guide and Assesing and Managing Odour in New Zealand določa, da koncentracije vonja v zraku ne smejo presegati od 1 do 10 EV/m³. Mejne vrednosti so odvisne od stopnje varovanja okolja oziroma nekaterih območij. Velja, da:

- na območjih z najvišjo stopnjo varovanja v času, ko je ozračja nestabilno, povprečne urne koncentracije vonja 99,5 oziroma 99,9 odstotkov časa ne smejo presegati 1 EV/m³,
- na območjih z najvišjo stopnjo varovanja v času, ko je ozračje stabilno ali nevtrarno, povprečne urne koncentracije vonja 99,5 oziroma 99,9 odstotkov časa ne smejo presegati 2 EV/m³,
- na območjih s srednjo stopnjo varovanja, neodvisno od stabilnosti ozračja, povprečne urne koncentracije vonja 99,5 oziroma 99,9 odstotkov časa ne smejo presegati 5 EV/m³,
- na območjih z nizko stopnjo varovanja, neodvisno od stabilnosti ozračja, povprečne urne koncentracije vonja 99,5 oziroma 99,9 odstotkov časa ne smejo presegati 5 do 10 EV/m³.

Meritve koncentracije vonja izvajajo skladno s standardom AS/NZS iz leta 2001, ki ga uporabljajo tudi v Avstraliji (Brancher *et al.*, 2017).

6. Viri

Bartsch J., E. Uhde, T. Salthammer, 2016. *Analysis of odour compounds from scented consumer products using gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry*. *Analytica Chimica Acta*, 904: 98-106 (<https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/analysis-of-odour-compounds-from-scented-consumer-products-using-gas-BJGaJeN0lc>) - 2019

Belgiorno V., V. Naddeo, T. Zarra, 2013. *Odour Impact Assessment Handbook*. John Wiley & Sons, Ltd.

Beychok M.R., 1979. *Fundamentals of stack gas dispersion*. M.R. Beychok, Newport Beach, USA.

Brancher, K. D. Griffiths, D. Franco, H. M. Lisboa, 2017. *A review of odour impact criteria in selected countries around the world*. *Chemosphere*, Volume 168: 1531-1570. (https://www.researchgate.net/publication/311547537_A_review_of_odour_impact_criteria_in_selected_countries_around_the_world) – May 2019

Brancher, M., H.M. Lisboa, 2014. *Odour Impact Assessment by Community Survey*. *Chemical Engineering Transactions*, 40: 139-144 (https://www.researchgate.net/profile/Marlon_Brancher/publication/277293561_Odour_Impact_Assessment_by_Community_Survey/links/5565d26d08ae89e758fe9de1/Odour-Impact-Assessment-by-Community-Survey.pdf) – May 2019

Brattoli, M. E. Cisternino, P. Rosario Dambruoso, G. Gennaro, P. Giungato, A. Mazzone, J. Palmisani, M. Tutino, 2013. *Gas Chromatography Analysis with Olfactometric Detection (GC-O) as a Useful Methodology for Chemical Characterization of Odorous Compounds*. *Sensors (Basel)*, 13(12): 16759–16800 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3892869/>) – May 2019

Brattoli M., A. Mazzone, G. de Gennaro, R. Giua, M. Blonda, G. Assennato. *A methodological approach for the development of an odour regulation in Puglia Region (Italy)*. (<https://scentroid.com/wp-content/uploads/2015/09/A-methodological-approach-for-the-development-of-an-odour-regulation-in-Puglia-Region-Magda-Brattoli.pdf>) May - 2019

Broeck G, V. Langenhove H, Nieuwejaers B., 2001. *Recent odour regulation developments in Flanders: ambient odour quality standards based on dose-response relationships*. *Water Sci Technol*. 2001, 44(9):103-10.

Byliński, H. P. Kolasińska, T. Dymerski, J. Gębicki, J. Namieśnik, 2017. *Determination of odour concentration by TD-GC×GC–TOF-MS and field olfactometry techniques*. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly* 148, (9):. 1651–1659 (<https://europepmc.org/articles/PMC5541126;jsessionid=93BB2A9B4A5491A3C7BB68BED55C96E>) – May 2019

Capelli L., S. Sironi, R. Rosso, P. Céntola, 2009. *Predicting odour emissions from wastewater treatment plants by means of odour emission factors*. *Water Research* 43, (7): 1977-1985. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135409000669>) – May 2019

Capelli, L., S. Sironi, R.D.Rosso, JM. Guillot, 2013. *Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review*. *Atmospheric Environment*, 79, p. 731-743 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013005505>) – May 2019

Cantuaría M.L., P. Løfstrøm, V. Blanes-Vidal, 2017. *Comparative analysis of spatio-temporal exposure assessment methods for estimating odor-related responses in non-urban populations*. *Science of The Total Environment*, 605–606: 702-712. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717316406>) - May 2019

Cseh M., K. F. Nárai, E. Barcs, D. Szepesi, 2005. Odor Transmission. Időjárás, 2005.

(<http://www.levegokornyezet.hu/odor.html>) – May 2019

Cusano G., C. Licotti, S. Sironi, M. Grande, 2010. *Odour regulation in Italy: The regional guidelines on odour emissions in Lombardia*. 3rd Biannual International Conference on Environmental Odour Monitoring, Volume: 23.

DEFRA, 2007. *Review of odour character and thresholds*. (<https://www.gov.uk/government/publications/review-of-odour-character-and-thresholds>) – May 2019

Drobnič-Košorok M., M. Dobeic, 1995. *Merjenje neugodnih vonjav iz živinorejske proizvodnje*. Zb. Vet. fak. - Univ. Ljublj., (32). 2: 173-184

Environmental Guidelines Nr.1,2002. Vejledning fra Miljøstyrelsen (2002). *Guidelines for Air Emission Regulation Limitation of air pollution from installations*.

<https://eng.mst.dk/media/mst/69141/Guidelines%20for%20Air%20Emission%20Regulation.pdf>

Griffiths K. D., 2014. *Disentangling the frequency and intensity dimensions of nuisance odour, and implications for jurisdictional odour impact criteria*. Atmospheric Environment 90: 125-132

(https://www.researchgate.net/publication/261370495_Disentangling_the_frequency_and_intensity_dimensions_of_nuisance_odour_and_implications_for_jurisdictional_odour_impact_criteria) – May 2019

Guideline on Odour in Ambient Air – GOAA, 2008. Detection and Assessment of Odour in Ambient Air.

(<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/06/Detection-and-Assessment-of-Odour-in-Ambient-Air.pdf>) – May 2019

H4 Odour Management, Published by environmental Agency, Horizon house, Deanery road, Bristol, BS1 5AH, March 2011, (www.environment-agency.gov.uk)

Hedner M., M. Larsson, N. Arnold, G. M. Zucco, T. Hummel, 2010. *Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks*. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 32:10, 1062-1067

(https://www.researchgate.net/publication/44568316_Cognitive_factors_in_odor_detection_odor_discrimination_and_odor_identification_tasks) – May 2019

Henshaw P., J. Nicell, A. Sikda, 2006. *Parameters for the assessment of odour impacts on communities*. Atmospheric Environment. 40 (6): 1016-1029.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231005010770>) – May 2019

Invernizzi, M.L. Capelli, S. Sironi, 2016. *Quantification of Odour Annoyance-Nuisance*. Chem. Eng. Trans., 54: 205-210 (<https://www.aidic.it/cet/16/54/035.pdf>) – May 2019

Ivančič M., 2010. *Primerjava disperzijskih modelov / Comparison of results of different dispersion models* (Diplomsko delo). Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko.

Janicke L., Janicke U., Ahrens D., Hartmann U., Müller W.J., 2004. *Development of the odour dispersion model AUSTAL2000G in Germany*.

Kai P., A. Schäfer, 2004. *Identification of Key Odour Components in Pig House Air using Hyphenated Gas Chromatography Olfactometry*. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript BC 04 006. Vol. VI.

(https://www.researchgate.net/publication/238583322_Identification_of_Key_Odour_Components_in_Pig_House_Air_using_Hyphenated_Gas_Chromatography_Olfactometry) – May 2019

Keller A., H. Zhuang, Q. Chi, L. B. Vosshall, H. Matsunami, 2007. *Genetic variation in a human odorant receptor alters odour perception*. Nature. Letters 449 (27): 468-472

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35531299/KellerMatsunamiNature07.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGenetic_variation_in_a_human_odorant_rec.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190813%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190813T111906Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=e4b55965df57427b01a67d9ae42339d16533f618954e25d9ddb5fd8f309d30 – May 2019

McGinley C. M., J. Mann, 2000. *Olfactomatics: Applied Mathematics For Odor Testing*. WEF Odor / VOC 2000 Specialty Conference Cincinnati, OH. 16-19, April 2000

<http://www.fivesenses.com/Documents/Library/29%20%20Olfactomatics%20Applied%20Math.pdf> – May 2019

McGinley C. M., 2002. *Standardized Odor Measurement Practices for Air Quality Testing*. Air and Waste Management Association Symposium on Air Quality. Measurement Methods and Technology – 2002 San Francisco

<http://www.fivesenses.com/Documents/Library/38%20Standard%20Odor%20Measure%20for%20Air%20Qual.pdf> – May 2019

Ministrstvo za okolje in prostor RS. *Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaženja* (Uradni list RS, št. 31/07, 70/08, 61/09, 50/13). Ljubljana, Slovenija.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4056&d-16544-s=3&d-16544-o=2&d-16544-p=1> – May 2019

Ministry for the Environment, 2004. *Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling*. Wellington, New Zealand: Ministry for the Environment. <https://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/atmospheric-dispersion-modelling-jun04.pdf> – May 2019

Muñoz R., E. C. Sivret, G. Parcsi, R. Lebrero, X. Wang, I.H. (Mel) Suffet Richard M. Stuetz, 2010. *Monitoring techniques for odour abatement assessment*. Water Research. (44) 18: 5129-5149 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135410003891> – May 2019

Ministry for the Environment, 2016. *Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour: 1-87*. <https://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/media/Air/good-practice-guide-odour.pdf> – May 2019

Nicell, J.A., 2009. *Assessment and regulation of odour impacts*. Atmos. Environ., 43: 196-206 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008008996> – May 2019

Odour Monitoring Ireland Services: Odour Measurement. http://www.odoureireland.ie/services_odourmeasurement.htm – May 2019

Oetl D., Ferrero E., 2017. *A simple model to assess odour hours for regulatory purposes*. Atmospheric Environment, 155, 162-173. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.02.022.

Oetl, D., 2015. *Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 14.8*. Avstrija.

Ouellette C.A., J.C. Segura, J.J.R. Feddes, 2010. *Persistence of livestock source odours*. Technical note 52: 7-9. <http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/52/C0704.pdf> - May 2019

Phung D. Le, André J. A. Aarnink, Nico W. M. Ogink, Petra M. Becker, Martin W. A. Verstegen, 2005. *Odour from animal production facilities: its relationship to diet*. Nutrition Research Review 18: 3-30 https://www.researchgate.net/publication/23660723_Odour_from_animal_production_facilities_its_relationship_to_diet – May 2019

Piringer M., Petz E., Groehn I., Schauburger G., 2007. *A sensitivity study of separation distances calculated with the Austrian Odour Dispersion Model (AODM)*. Atmos. Environ. 41, 1725–1735. doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.10.028.

Piringer M., Knauder W., Petz E., Schauburger G., 2016. *Factors influencing separation distances against odour annoyance calculated by Gaussian and Lagrangian dispersion models*. Atmos. Environ. 140, 69–83. doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.05.056.

Riis A. L. *New Standards for Odour Emissions from Pig Facilities in Denmark. Workshop on Agricultural Air Quality*. (<http://www.pigresearchcentre.dk/~media/pdf/eng/Engelsk%20hjemmeside%20-%20Research%20-%20Environment/NewStandardsForOdourEmissions.pdf>)

Sakawi Z., Sharifah, S.A. Mastura, O. Jaafar and M. Mahmud, 2011. *Community Perception of Odor Pollution from the Landfill*. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3(2): 142-145 (https://www.researchgate.net/publication/230634883_Community_Perception_of_Odor_Pollution_from_the_Landfill) – May 2019

Scire J.S., Strimaitis D.G., Yamartino R.J., 2000. *A user's guide for the CALPUFF dispersion model*. Earth Tech Inc 1–521.

Schauburger G., M. Piringer, 2015. *Odour impact criteria to avoid annoyance*. Austrian Contributions to Veterinary Epidemiology, Vol. 8 (http://acve.vu-wien.ac.at/pdf/ACVE8_Schauburger.pdf) – May 2019

Schmidt, R. W. S. Cain., 2010. *Making Scents: Dynamic Olfactometry for Threshold Measurement*. Chem Senses. 35(2): 109–120 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2805809/>) - May 2019

SEPA, 2010. *Odour guidance*. Version 1. p. 1-95 (https://www.sepa.org.uk/media/154129/odour_guidance.pdf) - 2019

Sironi S., Capelli, L., Céntola, P., Del Rosso, R., Pierucci, S., 2010. *Odour impact assessment by means of dynamic olfactometry, dispersion modelling and social participation*. Atmospheric Environment, 44 (3): 354-360. (https://www.academia.edu/19212959/Odour_impact_assessment_by_means_of_dynamic_olfactometry_dispersion_modelling_and_social_participation) – May 2019

SIST EN 13725: 2003- *Kakovost zraka – Določevanje koncentracije vonja z dinamično olfaktometrijo*

SIST EN 13725:2003/AC: 2006 - *Kakovost zraka – Določevanje koncentracije vonja z dinamično olfaktometrijo – Popravek AC*

Sommer-Quabach, E., M. Piringer, E. Petz, G. Schauburger, 2014. *National Odour Impact Criteria: Are the Modelled Separation Distances Between Sources and Receptors Comparable*. Chemical Engineering Transactions. 40: 175-180. (<https://pdfs.semanticscholar.org/7e10/54be0e20e38f08da4741452fcca87d2d72f4.pdf>) – May 2019

Stull, Roland B., 1988. *An introduction to boundary layer meteorology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

Šveglj Ž., 2009. *Modeliranje disperzije ob nenadnem izpustu polutantov / Dispersion modelling for sudden release of pollutants* (Diplomsko delo). Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko.

Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E. and Trini Castelli S., 2000. *A new high-performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies*. Air Pollution Modelling and its Application XIII, Gryning S.E. and Batchvarova E. Eds., Plenum Press, New York, 23, 499-506. ISBN: 0-306-46188-9.

Umweltwissenschaftliche Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des Nationalen Umweltplans für die Bereiche Klima, Luft, Lärm und Geruch, 1991. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie. Österreichische Akademie der Wissenschaften Kommission für Reinhaltung der Luft. (https://www.oeaw.ac.at/fileadmin/kommissionen/klimaundluft/1994_NUP_K1_3_Einleitung_Klima.pdf) – May 2019

Van Harreveld, A.P., 2003. *Odor regulation and the history of odor measurement in Europe*. Proceedings of the International Odor Conference, Ministry of Environment, Tokyo: 1-155 (<https://pdfs.semanticscholar.org/50e5/767206f823f32e96e458a0a6d827fc61df54.pdf?ga=2.96289627.658507932.1565699682-1690293120.1565699682>) - May 2019

Valli L., G. Moscatelli, N. Labartino, 2015. *Odour Emissions from Livestock Production Facilities*. Polish Journal of Environmental Studies 24(1): 27-35 (https://www.researchgate.net/publication/241903291_Odour_emissions_from_livestock_production_facilities) – May 2019

VDI 3884 1. del: 2015. (https://m.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/2265213.pdf)

VDI 3881, Zv. 1

VDI 3882, Zv. 1

VDI 3940 -*Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections*, part 1

VDI 3940 -*Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections*, part 2

VDI 3883, Zv. 1 World Meteorology Organization, 2014. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. Geneva, Switzerland.

West, C., 2015. *Assessing odour impact in the field: A comparison of grid and plume measurements*. Waste & Recycle— Is the price right? (<https://www.emissionassessments.com.au/wp-content/uploads/2015/09/A-comparison-of-grid-and-plume-measurement-methodologies-by-C.West.pdf>) – May 2019

Republika Slovenija
Ministrstvo za okolje in prostor RS

Končanje meritev motečih vonjav po predlaganih metodologijah iz faze 1

Poročilo po zaključeni 2. fazi projekta

Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor RS

Izvajalci: Studio okolje d.o.o.

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Ljubljana, november 2019

OSNOVNI PODATKI

Naročnik: **Ministrstvo za okolje in prostor MOP**

Dunajska 48

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: g. Tone Kvasič

Kontaktna oseba: g. Tone Kvasič

Izvajalci: **Studio okolje d.o.o.**

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Datum izvedbe meritev: I. 2018

Datum poročila: 22. 11. 2019

Oznaka poročila: MOP – MV – 2. FAZA

Izdelava poročila: Jan Leskovšek, dipl. fiz.

Žiga Švegelj, univ. dipl. meteo.

Martin Dobeic, prof. dr.

IZJAVA

Poročila se brez pisnega dovoljenja izvajalcev ne sme reproducirati.

Vsebina

1	Povzetek dela v drugi fazi projekta	6
1.1	Meteorološke meritve.....	7
1.2	Metode vzorčenja odpadnih plinov	7
1.2.1	Meritve koncentracije vonja z dinamičnim olfaktometrom in izračun emisij vonja.....	8
1.3	Meritve koncentracij vonja v zunanjem zraku	8
1.3.1	Meritve s prenosnim olfaktometrom	8
1.3.2	Metoda s panelisti na terenu	8
1.4	Uporaba disperzijskega modela	8
	PRILOGA 1: Anketa	10
1.	Anketni vprašalnik	10
1.1	Primer anketnega vprašalnika.....	11
1.2	Analiza anket	12
1.2.1	Vzporedna primerjava rezultatov ankete na Vrhniki in v Črnomlju	13
	PRILOGA 2: Izbor panelistov.....	17
1.	Izbor panelistov	17
2.	Metodologija izbora panelistov	17
2.1.	Merilna oprema.....	18
3.	Rezultati meritev.....	18
3.1.	Analiza meritev in ugotovitve.....	18
	PRILOGA 3: Meritve emisij vonja.....	20
1.	Meritve emisij vonja	20
1.1.	Podatki o emisijskih virih.....	21
1.1.1	Predelovalna industrija.....	21
1.1.2	Živilska industrija	22
1.1.3	Avtomobilska industrija.....	25
1.1.4	Infrastruktura	25
2.	Opis meritev.....	27
2.1.	Metodologija meritev emisij vonja	27
2.2.	Merilna oprema.....	28
3.	Rezultati meritev.....	28
3.1.	Predelovalna industrija	28

3.1.1.	Emisija vonja iz biofiltra	28
3.1.2.	Koncentracija vonja na izhodu iz objekta za obdelavo živalskih kož	29
3.1.3.	Koncentracija vonja na izhodu iz objekta za skladiščenje odpadnega blata	29
3.2.	Živilska industrija	30
3.2.1.	Emisija vonja iz izpusta prezračevalnega sistema na farmi kokoši	30
3.2.2.	Emisija vonja iz prezračevalnega sistema na farmi piščancev	30
3.2.3.	Emisija vonja iz prezračevalnega sistema na farmi prašičev	30
3.2.4.	Koncentracija vonja v vzorcih zraka odvzetih v klavnici rdečega mesa	31
3.2.5.	Koncentracija vonja v vzorcih zraka odvzetih na območju mešalnice krmil	31
3.2.6.	Emisija vonja iz dveh izpustov prezračevalnega sistema pekarnice	31
3.2.7.	Emisija vonja iz objekta za praženje kave	31
3.2.8.	Emisije vonja iz pivovarne	32
3.3.	Kovinska industrija	32
3.3.1.	Emisije vonja iz livarne	32
3.4.	Infrastruktura	33
3.4.1.	Koncentracija vonja v vzorcih iz zgoščevalnikov komunalne vode	33
3.4.2.	Emisija vonja iz ozračevalnega bazena na čistilni napravi	33
3.4.3.	Emisija vonja v izpustu iz bioplinke elektrarne	34
3.4.4.	Koncentracija vonja v vzorcu odvzetem v mešalni jami	34
4.	Analiza meritev in ugotovitve	34
PRILOGA 4: Imisijske meritve s prenosnim olfaktometrom		36
1.	Terenske meritve z uporabo prenosnega olfaktometra	36
1.1.	Metodologija meritev koncentracij vonja na terenu z uporabo prenosnega olfaktometra	37
1.2.	Oprema	37
2.	Izvedba meritev	38
3.	Analiza meritev in ugotovitve	38
PRILOGA 5: Uporaba disperzijskega modela		46
1.	Opis modelskega sistema	46
1.1.	Modelska mreža	47
2.	Vhodni podatki	48
2.1.	Meteorološki podatki	48
2.2.	Teren in raba tal	48

2.3.	Podatki o emisijskih virih.....	49
3.	Izračuni širjenja vonja	49

1 Povzetek dela v drugi fazi projekta

Prva faza projekta priprave strokovnih podlag na področju urejanja obremenjevanja okolja in družbe z motečim vonjem (v nadaljevanju vonjem) je zajemala povzetek zakonodaje v drugih državah, predloge glede uvedbe in preizkusa ustreznih metod merjenja vonja in ocenjevanja obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem z uporabo disperzijskih modelov. Glede na poznane in verificirane načine meritev in ocenjevanja motečih vonjev v Evropi, smo izvedli in preverili večino teh najpogosteje uporabljenih metod, med katere sodijo anketa, dinamična olfaktometrija, ocenjevanje s panelisti na terenu, meritve s prenosnim olfaktometrom in spremljanje širjenja vonjav z uporabo disperzijskega modela. Temeljne meritve so bile opravljene na izbrani referenčni lokaciji, na kateri so bile izvedene našete meritve in metode za ugotavljanje obremenjenosti okolja z vonjem. Primerjalne meritve so bile izvajane na več lokacijah v Sloveniji, kjer so prisotni emisijski viri vonja iz različnih industrijskih panog, pri čemer smo rezultate vrednotili za vsako izmed lokacij posebej in jih primerjali z rezultati meritev na referenčni lokaciji.

Izvedba meritev je bila namenjena predvsem predlogu najustreznejših metod preverjanja in vrednotenja vonja v predvidenih pravnih aktih z zadevnega področja. Poleg določitve mejnih vrednosti v zunanjem zraku, bo namreč nova zakonodaja ustrezno predpisovala tudi metode merjenja in modeliranja širjenja vonjev. Pri tem gre za izbor relevantnih in uporabnih merilnih metod za določanje emisij motečih vonjev za področje Slovenije, ki bodo primerljive z merilnimi metodami v drugih državah EU, vendar prilagojene razmeram v Sloveniji, tako s stališča virov emisij, meteoroloških razmer, lokacije, konfiguracije terena, poselitve, namembnosti zemljišč in drugih dejavnikov, ki vplivajo na koncentracije vonja v zunanjem zraku in na emisijske vire. Izvedene meritve in metode ocenjevanja vonja bodo podlaga za mejne vrednosti koncentracij vonja in dovoljen čas obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem. Vrednotenje emisij motečih vonjav se namreč v ureditvah v drugih državah ureja z mejno koncentracijo vonja v zunanjem zraku, podano v enotah vonja v kubičnem metru zraka, in z omejitvijo časa obremenjenosti z vonjem glede na namembnost uporabe zemljišč. V nekaterih državah so predpisane tudi tako imenovane ločevalne razdalje, to je razdalje med viri emisij in najbližjimi objekti.

Z ozirom na raznolikost emisijskih virov, je obvezna določitev ustreznosti in možnosti izvedbe meritev, ki bodo podlaga za inšpekcijski nadzor obstoječih virov emisij in orodje za izdajo dovoljenj za gradnjo novih objektov oziroma dejavnosti, ki bodo potencialno vir emisij vonja.

Rezultati preizkusa meritev in metod so predstavljeni v petih prilogah, ki so del celotnega dokumenta Strokovne podlage za vzpostavitev sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z neprijetnim vonjem.

1.1 Meteorološke meritve

Meritve obsegajo merjenje meteoroloških parametrov. Gre za merjenje gibanja zraka, temperature, vlage in zračnega pritiska na območju vrednotenja. Meteorološki parametri odločilno vplivajo na širjenje in koncentracijo vonja v zunanjem zraku, pri čemer so imisijske obremenitve odvisne od dnevnih sprememb meteoroloških pogojev, vse od kaotičnega gibanja zraka v brezvetrju, ko zrak potuje po trajektorijah, ne po tokovnicah, sprememb v temperaturah, kar vpliva na zračni pritisk, oziroma na izhlapevanje, sprememb toplotnega toka, disperzije, polja vetra, sposobnosti ozračja za turbulentno difuzijo, itd. (Rakovec, 2011). Med širjenjem prihaja tudi do kemičnih reakcij, ki do določene mere nevtralizirajo, ali spreminjajo karakter vonjav. V zraku se zaradi vlage delci molekul, ki povzročajo vonj, adsorbirajo na kapljice in se raztopijo, kapljice zadevajo ob delce in jih izločijo iz ozračja, molekule se vežejo na kapljice, ki so kot kondenz na površinah – slednje postopke imenujemo mokri izpad (Rakovec, 2011).

Meteorološke meritve so najpomembnejši del določitve načina in razdalje širjenja motečih vonjev, zato je pomembna njihova točnost. Iz tega razloga je za meteorološke meritve potrebna kvalitetna, ustrezno umerjena, merilna oprema. V okviru projekta je bila na referenčni lokaciji postavljena meteorološka postaja, ki je merila podatke o gibanju zraka, temperaturi, relativni vlažnosti in zračnem pritisku 10 mesecev. Meritve gibanja zraka v treh dimenzijah so bile izvedene z uporabo ultrazvočnega anemometra, meritve temperature, relativne vlažnosti in zračnega pritiska pa z merilnikom, ki je bil predhodno umerjen na ARSO.

1.2 Metode vzorčenja odpadnih plinov

Meritve obsegajo odvzem vzorcev odpadnih plinov, ki smo jih odvzeli na površinskih, volumskih in točkovnih virih. Pri vzorčenju je zelo pomembno, da se to po možnosti izvaja v času največje emisije. V kolikor se tega pogoja ne da izpolniti, se vzorči naključno, vendar z večkratnimi ponovitvami bodisi v enem dnevu ali več dnevih. Pomembno je, da se sočasno izmeri pretok odpadnih plinov in temperaturo ter vsebnost vlage v odpadnih plinih. V nasprotju s točkovnimi viri, ki so večinoma dobro definirani, je na površinskih in volumskih virih potrebno odvzeti vzorce zraka na več mestih površine ali volumna. Na ta način namreč zajamemo vzorce odpadnih plinov z maksimalnimi koncentracijami vonja. Upoštevati je potrebno, da so variabilne emisije največkrat posledica neenakomernega izhajanja vonja iz omenjenih virov. Podatka o povprečni in maksimalni emisiji sta koristna predvsem pri izračunih z disperzijskimi modeli; podatek o maksimalni emisiji omogoča izračun največje možne obremenitve zraka z vonjem na območju vrednotenja.

Točke vzorčenja na površinskih virih so bile razporejene enakomerno, vzorci v objektih, ki se uvrščajo v skupino volumskih virov so bili odvzeti na različnih mestih v prostoru, medtem ko so bili vzorci na točkovnih virih odvzeti na pripravljenih odzemnih mestih ali pa na najvišji točki izpusta. Pri odvzemih vzorcev zraka je pomembno, da se vzorči odpadni plin neposredno v vzorčevalno vrečo brez stika z vzorčevalno opremo oziroma zajemnim sistemom. Zajemni sistemi so bili izdelani skladno s smernicami VDI in ostalimi relevantnimi smernicami.

1.2.1 Meritve koncentracije vonja z dinamičnim olfaktometrom in izračun emisij vonja

Koncentracijo vonja v vzorcu odpadnega plina določimo po standardiziranem postopku dinamične olfaktometrije. Zahteve za olfaktometer in izbor preizkuševalcev oziroma panelistov so navedene v standardu EN13725:2006. Tudi za olfaktometrijo je pomembno, da se uporablja umerjena oprema, pri meritvah pa sodelujejo večkrat preizkušeni panelisti. Poleg olfaktometra standard zahteva ustrezno opremljen laboratorij s prezračevalnim sistemom, očiščen in filtriran zrak iz brez oljnega kompresorja, referenčni plin n-butanol za izbor panelistov in naprave za predredčenje vzorcev. Izvedba olfaktometričnih meritev je v okviru projekta potekala brez težav. Težave so se pokazale predvsem pri udeležbi panelistov, zaradi česar je pomembno oblikovati čim širši nabor preizkušenih panelistov.

1.3 Meritve koncentracij vonja v zunanjem zraku

1.3.1 Meritve s prenosnim olfaktometrom

Za potrebe verifikacije izračunanih koncentracij vonja z disperzijskim modelom so bile izvedene meritve koncentracije vonja na terenu z uporabo prenosnega olfaktometra. Cilj meritev je bil na različni merilnih mestih izmeriti maksimalne koncentracije vonja in jih primerjati z izračunanimi koncentracijami.

1.3.2 Metoda s panelisti na terenu

Metoda s panelisti na terenu je v nekaterih državah standardizirana metoda za ugotavljanje obremenitve zunanjega zraka z vonjem (število ur vonja na mesec ali leto). V okviru projekta smo skušali metodo izvesti skladno s standardom EN16841. Metoda je namenjena določanju stopnje intenzivnosti in času trajanja vonja okoli vira motečih vonjev. Za izvedbo je razmeroma težavna, saj jo lahko izvajajo le preizkušeni panelisti, ki morajo v razmeroma gostem rastru merilnih točk pol leta ali vse leto ocenjevati prisotnost vonjev na več deset merilnih mestih. Vsaka merilna točka mora biti ocenjena 26-krat za 12 mesečno raziskavo ali 13-krat za 6 mesečno raziskavo, pri čemer morajo biti hladnejši in toplejši meseci približno enako zastopani. To pomeni, da je vsak kvadrat rastra potrebno oceniti 104-krat za 12 mesečno raziskavo ali 52-krat za 6 mesečno raziskavo.

V okviru projekta je bila pripravljena mreža za rastrsko metodo na referenčni lokaciji. Površina mreže je bila razdeljena v posamezne kvadrate velikosti 100x100m. Pripravljen je bil vprašalnik glede pogostosti, intenzivnosti in hedoničnega tona motečih vonjev. Vsak panelist je izpolnjeval obrazec v 10 sekundnih intervalih 10 minut in primerjal tip vonja s 4 primeri vrst vonja, oziroma je ocenil, da ni prisotnega vonja. Obenem je ocenjeval intenziteto vonja po 6 stopenjski lestvici.

Metoda merjenja s panelisti na terenu se kaže kot izjemno dolgotrajna in naporna metoda z omejenim doprinosom k postopku obravnavanja obremenjenosti okolja z vonjem. Izvedba metode je zaradi veliko terenskega dela in udeležbe večje skupine panelistov tudi draga.

1.4 Uporaba disperzijskega modela

Modeliranje motečih vonjav v zunanjem zraku poteka na podoben način kot modeliranje širjenja ostalih odpadnih snovi v zunanjem zraku, so pa značilne nekatere posebnosti. Moteč vonj lahko za razliko od večine ostalih onesnaževal v zraku zaznavamo že s človeškim nosom, torej ob vsakem vdihu. Predpisi, ki omejujejo koncentracije za človeško zdravje še sprejemljivih vrednosti, se za ostala onesnaževala nanašajo predvsem na povprečne urne vrednosti. Pri ocenjevanju koncentracij motečega vonja pa je potrebno oceniti vpliv na krajših časovnih skalah, dolgih le nekaj 10 sekund oziroma nekaj minut, kar je potrebno v modelskih izračunih upoštevati (Brancher et al., 2017).

Na splošno spremljanje kakovosti zunanjega zraka poteka v kombinaciji treh različnih metodologij: merjenje emisij odpadnih plinov v zunanji zrak, merjenje kakovosti zunanjega zraka in modeliranjem širjenja onesnaženja v zunanjem zraku. Emisije odpadnih plinov v zunanji zrak predstavljajo pomemben vhodni podatek za modelske izračune, rezultati meritev in modelskih izračunov pa se dopolnjujejo in predstavljajo celovit pregled situacije. Z rezultati modelskih izračunov namreč dobimo prostorsko sliko razporeditve onesnaženja, medtem ko meritve ponujajo le točkovno informacijo o onesnaženju. Poleg tega je z modelskimi izračuni mogoče pripraviti različne scenarije in na ta način optimizirati potrebne ukrepe za zmanjšanje obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem.

PRILOGA 1: Anketa

Anketa je informativni anonimni vprašalnik o zaznavah motečih vonjav na določeni lokaciji v okolici vira emisij, datumu in uri, intenziteti, sprejemljivosti in pogostosti obremenjenosti z vonjem. Rezultati ankete so informativni vir o pojavljanju motečih vonjav, ki pomembno pripomore k presoji obremenjevanja okolja z vonjavami iz enega ali različnih virov. Pozitivna vrednost ankete je predvsem v številčni in večkratni potrditvi o širjenju in pogostosti pojava vonjev na določenem območju. Pomanjkljivost ankete pa je subjektivnost, dejstvo, da ne ovrednoti koncentracije vonja, ampak intenzivnost in neprijetnost vonja ter, da z anketo ni mogoče zagotovo opredeliti enega ali več virov motečih vonjav. Anketa do določene mere pripomore k identifikaciji vira ali virov vonja, če se pozitivni odgovori ponavljajo na istih lokacijah v bližini potencialnega vira motečih vonjav. V tem primeru se lahko odredi inšpekcijski nadzor potencialnih onesnaževalcev, v kolikor to dopušča zakonodaja. Anketa ima pomanjkljivost tudi v dejstvu, da je nekateri ljudje ne sprejmejo kot pomoč k nadaljnjim aktivnostim na področju zmanjševanja obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem, temveč kot pomanjkljivo in nezadostno soočanje odgovornih s problematiko vonjev v njihovem okolju. Poleg tega so trenutno za izvedbo ankete potrebna soglasja občin ali četrtnih skupnosti. Izkušnje, ki smo jih imeli pri pridobivanju anketirancev so pokazale pozitivne in tudi negativne odzive glede sprejemljivosti in razumevanja ankete. Od tega, da je veliko vlogo odigral negativni interes industrijskih deležnikov – potencialnih onesnaževalcev in civilnih združenj pod vplivi lokalne politike, do pozitivnih odzivov prebivalcev in prizadetih četrtnih skupnosti. Anketa, ki smo jo izvedli se je torej pokazala kot koristna oblika preverjanja javnega mnenja o motečih vonjih v okolju, kjer je bila sprejeta, vendar je brez zakonodajne podlage, nezanesljiva oblika preverjanja stanja obremenjenosti z motečimi vonjavami.

Anketa v digitalni in papirni obliki se je izvajala na referenčnem področju in dodatno za potrebe primerjave še na treh področjih, kjer se soočajo z motečimi vonjavami že vrsto let. Skupno je bilo zbranih malo manj kot 6.000 odgovorjenih anket v digitalni obliki. Čeprav pregled podatkov kaže na subjektivnost metode, nihanje števila dnevno izpolnjenih anket potrjuje obdobja s pogostimi in intenzivnimi motečimi vonjavami. Uspešnost izvedbe ankete je odvisna od prizadetosti prebivalstva z motečim vonjem in angažiranosti lokalnih skupnosti za sodelovanje pri anketi. Primeri s terena kažejo, da je oblast izvedbi ankete naklonjena šele takrat, ko nezadovoljstvo med prebivalci doseže kritično točko. V teh primerih se oblikujejo civilne iniciative, ki lokalno oblast velikokrat zaobidejo in urgirajo na nivoju države.

Kljub temu, da so se ankete na vseh področjih izvajale skoraj enako dolgo, je bil odziv prebivalstva na referenčnem področju bistveno manjši kot na drugih področjih izvedbe ankete. Predvidevamo, da je to posledica tega, da se je del prizadetega prebivalstva, ki živi blizu emisijskim virom z motečimi vonjavami sprijaznil ali pa so te manj intenzivne.

1. Anketni vprašalnik

Čeprav so bili sodelujoči na nekaterih področjih, kjer je potekalo anketiranje, poleg ankete dostopne na spletu seznanjeni tudi z anketo v papirnati obliki, je bilo s stališča oddanih anket spletno anketiranje bistveno uspešnejše

od klasičnega anketiranja. Število anket v papirni obliki, ki so jih sodelujoči lahko oddali na dogovorjenih zbirnih mestih, je bilo v primerjavi s številom izpolnjenih spletnih anket zanemarljivo majhno.

1.1 Primer anketnega vprašalnika

ANKETNI VPRAŠALNIK O ZAZNAVI MOTEČEGA VONJA – SMRADU

Z-00001

Informacije o motečih vonjavah na področju Republike Slovenije se zbirajo v okviru projekta o vonjavah, ki teče pod okriljem Ministrstva za okolje in prostor RS. Projekt v imenu Ministrstva za okolje in prostor izvaja konzorcij v sestavi Studio okolje d.o.o., UL Veterinarska fakulteta in UL Fakulteta za strojništvo.

Prosimo, da si vzamete nekaj minut in v primeru zaznanega motečega vonja izpolnite spodnji obrazec.

Anketni vprašalnik je dostopen tudi prek spleta na naslovu: <https://www.1ka.si/a/176528>. Izpolnjevanje spletne ankete je zaradi učinkovitosti zbiranja podatkov in s stališča varnosti izpolnjenih anket optimalnejša rešitev. Prosimo, da spletno anketo izpolnite vsakokrat, ko zaznate moteč vonj.

Kratka navodila:

Prosimo, izpolnite obrazec o zaznavi motečega vonja. Izpolnite kdaj in kje ste zaznali moteč vonj ter ocenite intenzivnost, neprijetnost in pogostost pojavljanja motečega vonja. Za dodatna opažanja je na voljo polje »Komentar«.

Prosimo, da anketo v papirni obliki izpolnite vsakokrat, ko zaznate moteč vonj. Ugotovitve zapišite v razpredelnico na 3. in 4. strani ankete.

Izpolnjeni obrazci se bodo zbirali v namenskem poštne nabiralniku od vključno 3. 12. do 8. 12. 2018. Primerno označen nabiralnik bo nameščen v ____.

Prosimo, da na vprašanja od 1 do 6 odgovorite samo ob prvem izpolnjevanju ankete!

1) Spol: ž / M (prosimo obkrožite)

2) Starost: _____ (prosimo navedite vašo starost)

3) Kako dolgo bivate v bližini vira/virov motečih vonjav?

(prosimo obkrožite na lestvici od 1 do 3, možen je en odgovor)

- 1 manj kot eno leto
- 2 1 - 5 let
- 3 več kot 5 let

4) Ocenite pogostost pojavljanja motečega vonja v obdobju zadnjih petih let:

(prosimo obkrožite na lestvici od 1 do 6 ali pa zapišite opažanje na črto pod točko 7, možen je en odgovor)

- 1 zelo redko
- 2 redko
- 3 občasno
- 4 pogosto
- 5 zelo pogosto
- 6 vedno
- 7 _____

5) Kdaj v letu se moteč vonj pojavlja najpogosteje?

(prosimo obkrožite na lestvici od 1 do 5 ali pa zapišite opažanje na črto pod točko 6, možnih je več odgovorov)

- 1 ne glede na letni čas
- 2 v poletnih mesecih
- 3 v zimskih mesecih
- 4 predvsem v jutranjih in večernih urah
- 5 glede na čas obratovanja vira motečega vonja
- 6 _____

6) Ali moteč vonj vpliva na vaše zdravje in počutje?

(prosimo obkrožite; v primeru, da moteč vonja vpliva na vaše zdravstveno stanje vas prosimo, da zapišete NE VEM zdravstvene težave na črto desno od odgovora DA)

- NE _____
- DA _____

Na naslednja vprašanja odgovorite vsakokrat, ko zaznate moteč vonj.

7) Datum in ura zaznanega motečega vonja: _____

8) Naslov/lokacija, kjer je bil zaznan moteč vonj (vpišite naslov ali opišite lokacijo): _____

9) Ocenite intenzivnost vonja:

(prosimo obkrožite na lestvici od 1 do 6, možen je en odgovor)

- 1 komaj zaznaven
- 2 šibek
- 3 zmeren
- 4 močen
- 5 zelo močen
- 6 izredno močen

10) Ocenite neprijetnost vonja:

(prosimo obkrožite na lestvici od 1 do 4, možen je en odgovor)

- 1 občasno neprijeten
- 2 neprijeten
- 3 zelo neprijeten
- 4 izredno neprijeten

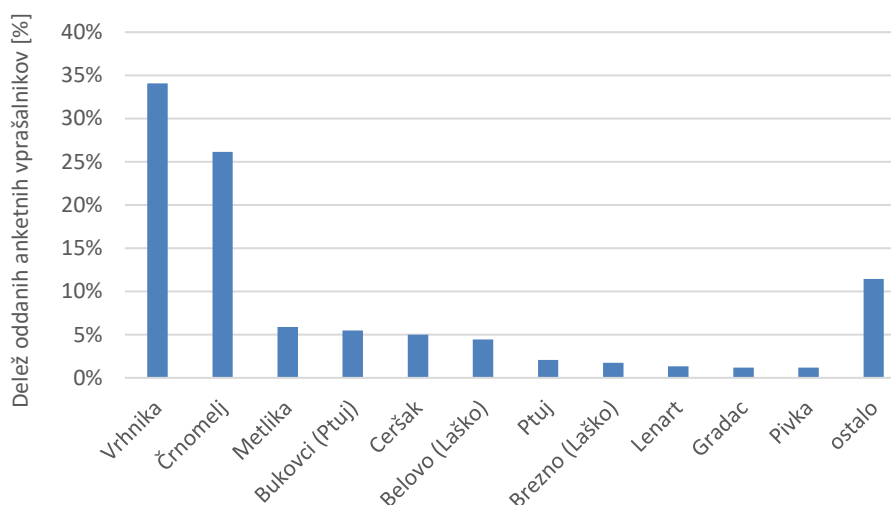
11) Komentar (posebnosti, vremenske razmere ipd.): _____

1.2 Analiza anket

Zbranih je bilo 1.310 ustreznih izpolnjenih anketnih vprašalnikov. Skupno število oddanih vprašalnikov je bilo sicer večje, vendar so bile analizirane le ankete z zadostnim številom odgovorov. Od pravilno izpolnjenih vprašalnikov je bilo največ zbranih na Vrhniki (429) in v Črnomlju (329). Kljub temu, da se je anketa uradno izvajala na dveh področjih, in sicer na Vrhniki in v Zalogu v Ljubljani, v Črnomlju pa so pogovori o izvajanju ankete potekali, vendar do uradne izvedbe ni prišlo, je bilo oddanih tudi več deset spletnih anket v drugih krajih po Sloveniji, denimo v

Metliki, Bukovcih pri Ptujju, v Ceršaku, Belovem in Breznej pri Laškem, Lenartu, Pivki in nekaterih ostalih krajih. Deleži oddanih vprašalnikov v procentih po krajih so grafično prikazani na Slika 1.

Ker je bilo zbranih največ anket na Vrhniki in v Črnomlju, so bili analizirani odgovori s teh dveh lokacij.

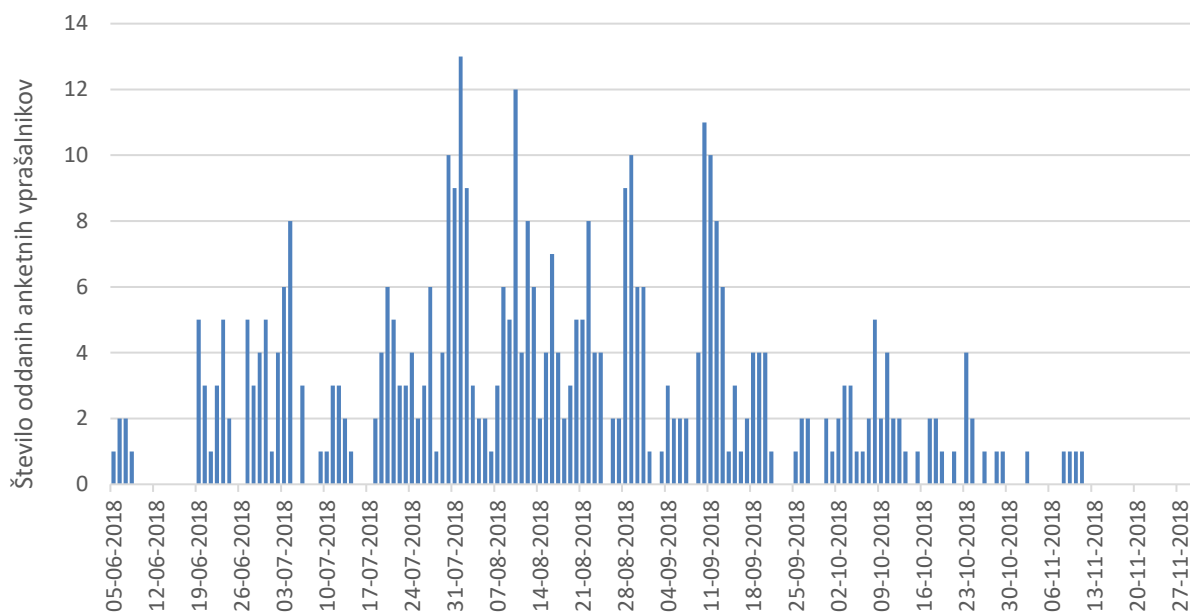


Slika 1. Deleži oddanih anketnih vprašalnikov v krajih po Sloveniji.

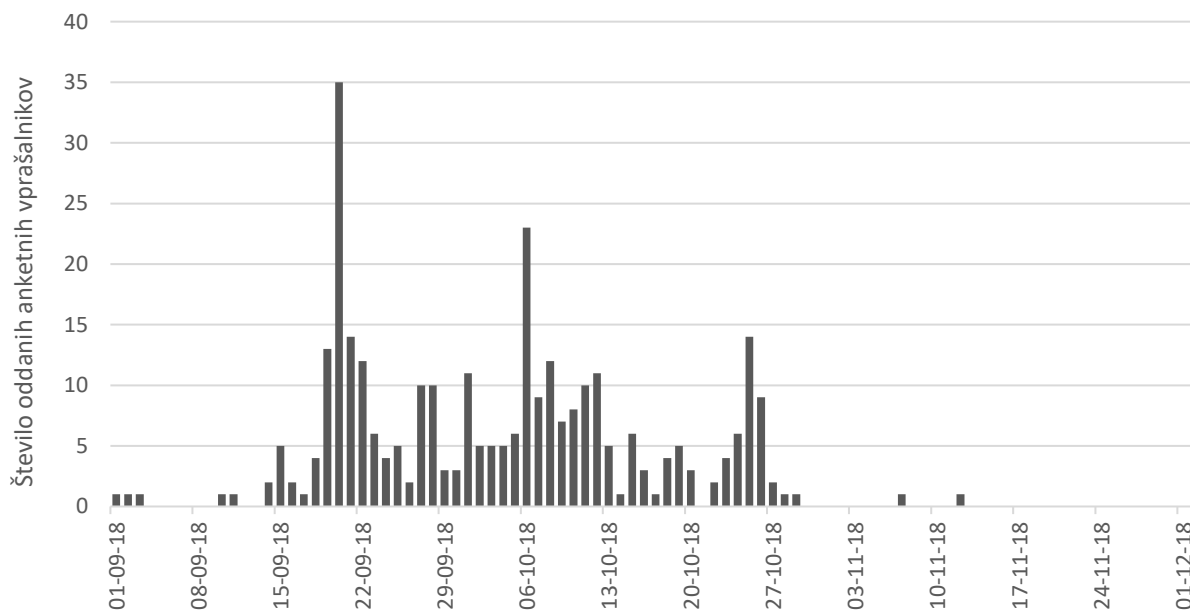
1.2.1 Vzoredna primerjava rezultatov ankete na Vrhniki in v Črnomlju

Na Vrhniki je bilo po predhodno izbranih stanovanjskih objektih razdeljeno nekaj več kot 300 anketnih vprašalnikov v papirni obliki. Skupaj z oddanimi vprašalniki prek spleta je bilo med 5. 6. 2018 in 30. 11. 2018 zbranih 429 ustrezno izpolnjenih anketnih vprašalnikov. Kronološki pregled števila oddanih anketnih vprašalnikov v posameznem dnevu je prikazan na Slika 2. Po številu vnosov so najbolj izstopali datumi: 3. 7., 4. 7., 20. 7., 27. 7., 30. 7. - 2. 8., 8. 8., 10. 8., 12. 8., 13. 8., 16. 8., 22. 8., 28. - 31. 8. in 10. - 13. 9. 2018. V celotnem obdobju izvajanja ankete so bile dnevno ob sedmi uri zjutraj zabeležene tudi vremenske razmere; uradna napoved ARSO in slika s kamere, ki je dosegljiva na spletni strani ARSO. Primerjava števila oddanih anket po posameznih dneh in vremenskih razmer kaže, da je bilo v povprečju število oddanih anket višje, ko je prevladovalo stabilno vreme s temperaturnimi inverzijami in šibkim vetrom.

V Črnomlju je bilo med 1. 9. 2018 in 2. 12. 2018 zbranih 331 ustrezno izpolnjenih anketnih vprašalnikov. Kronološki pregled števila oddanih anketnih vprašalnikov v posameznem dnevu je prikazan na Slika 3. Po številu vnosov so najbolj izstopali datumi: 19. - 23. 9., 27. 9., 28. 9., 1. 10., 5. - 12. 10., 15. 10. in 24. - 26. 10. 2018.

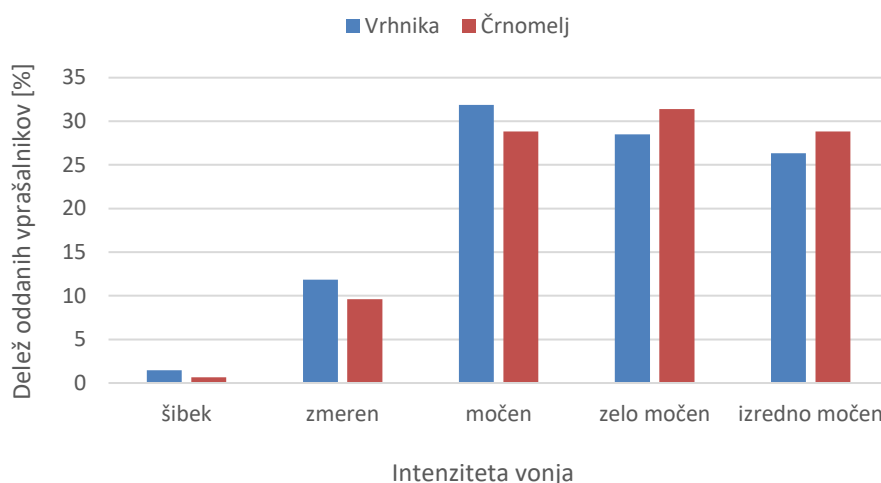


Slika 2. Kronološki pregled števila oddanih anketnih vprašalnikov na Vrhniki.



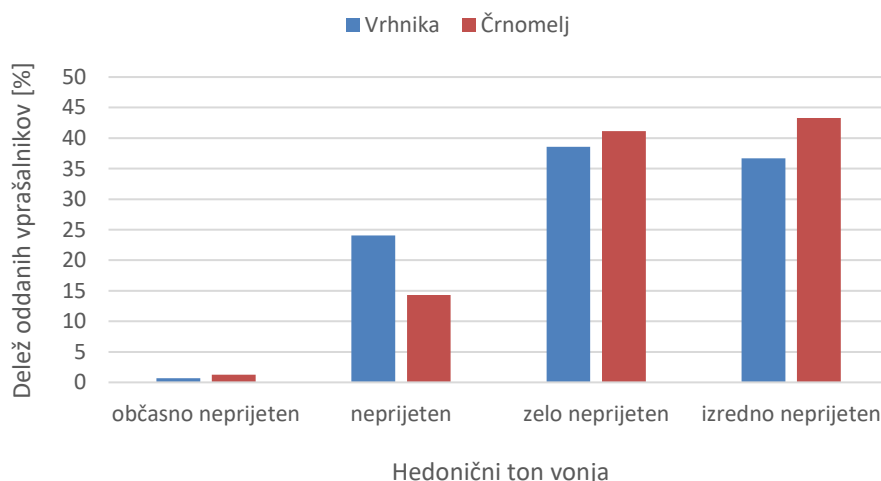
Slika 3. Kronološki pregled števila oddanih anketnih vprašalnikov v Črnomlju.

Izmed oddanih vprašalnikov na Vrhniki je bilo na 31,9 % vprašalnikih označen močen vonj, na 28,5 % zelo močne vonj, na 26,3 % pa izredno močne vonj (Slika 4). Vnosov, ki so označevali šibek in zmeren vonj je bil skupaj 13,3 %. Iz tega lahko sklepamo, da prevladujejo na območju Vrhnike močne neprijetne vonjave ali pa da so sodelujoči v raziskavi pogosteje vnašali zapise o neprijetnih vonjavah, ko so bile te močne, kot takrat, ko so bile le šibke ali zmerne. Podoben trend zaznavanja intenzitete vonja je bil tudi v Črnomlju. Velja poudariti, da so bili anketni vprašalniki z vedno zaznam izredno močnim ali zelo močnim vonjem, ki so bili oddani na istem naslovu, iz nadaljnje analize izločeni.



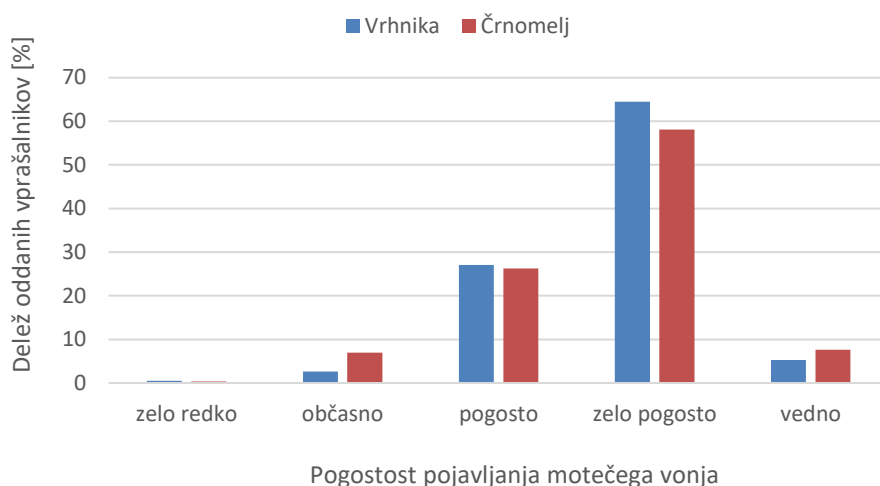
Slika 4. Intenziteta vonja na Vrhniki in v Črnomlju.

Podobno, kot za intenzivnost vonja lahko ugotovimo tudi za hedonični ton vonja, ki opisuje prijetnost oziroma neprijetnost vonja. Na Vrhniki je bil zaznan moteč vonj v 38,6 % označen kot zelo neprijeten, v 36,7 % pa kot izredno neprijeten. Podobno velja za Črnomelj.



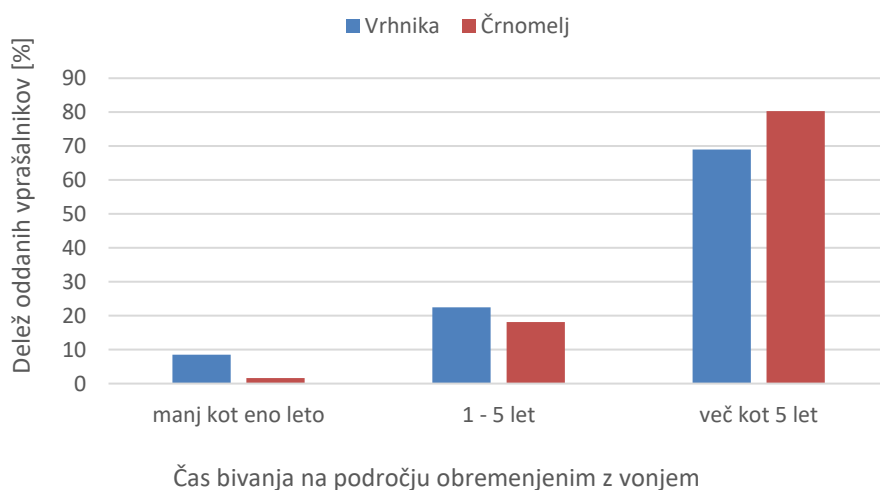
Slika 5. Hedonični ton vonja na Vrhniki in v Črnomlju.

Po navedbah sodelujočih se moteč vonj na področju Vrhnike pojavlja ne glede na letni čas (tako jih trdi 71,5 % sodelujočih). Nekaj več kot polovica sodelujočih (55,1 %) navaja, da se moteč vonj pojavlja predvsem v jutranjih in večernih urah. Ker je bilo na vprašanje o času pojavljanja motečega vonja možnih več odgovorov je potrebno pri tolmačenju rezultatov upoštevati, da seštevek deležev ni enak 100 %. Moteč vonj se na obeh anketiranih področjih pojavlja pogosto ali zelo pogosto.



Slika 6. Pogost pojavljanja motečega vonja.

Odziv ljudi, ki bivajo na področjih obremenjenih z motečim vonjem več let ali pa celo življenje, se razlikuje od ljudi, ki na takih področjih ne bivajo dolgo. Ljudje, ki so izpostavljeni motečim vonjavam več let, so občutljivi na povišane koncentracije vonja bolj kot ljudje, ki so motečemu vonju izpostavljeni nekajkrat oziroma zelo redko. Iz tega sledi, da se ljudje, ki se preselijo na območje s pogosto prisotnim motečim vonjem, v prvih nekaj mesecih pritožijo redko, kasneje pa vse pogosteje. V tem obdobju sledi fizični reakciji tudi psihična. V primeru, da so ukrepi za zmanjšanje obremenjenosti zunanega zraka neučinkoviti ali pa jih morebiti sploh ni, se namreč postopno pojavi pri ljudeh tudi stres. Na Vrhniki, kot tudi v Črnomlju velik delež sodelujočih živi na področjih obremenjenih z vonjem več kot 5 let.



Slika 7. Čas bivanja na področju obremenjenim z motečim vonjem.

PRILOGA 2: Izbor panelistov

Namen preizkusa posameznikov je bil izbrati in izšolati paneliste za meritve koncentracij vonja z dinamičnim olfaktometrom v laboratoriju. Izbor panelistov je bil izveden skladno s standardom »Kakovost zraka – Ugotavljanje koncentracije vonja z dinamično olfaktometrijo« z oznako EN 13725:2006.

1. Izbor panelistov

Standard za ugotavljanje koncentracij vonja z dinamično olfaktometrijo zahteva, da pri meritvah z dinamičnim olfaktometrom v laboratoriju sodelujejo preizkušeni in primerno poučeni posamezniki imenovani panelisti. Panelisti morajo zadostiti zahtevam navedenim v poglavju 6.7 standarda in biti izbrani na podlagi meritev z referenčnim plinom n-butanol (registrska številka CAS-Nr. 71-36-3). Iz skupine posameznikov, ki opravijo meritve z referenčnim plinom, so izbrani tisti posamezniki, ki izpolnjujejo pogoje navedene v standardu EN13725:2006. Po tem standardu mora posameznik za panelista zadostiti naslednjima kriterijema:

1. Odstopanje posameznih meritev od povprečja ne sme odstopati preveč:
Vrednost antilogaritma standardne deviacije, izračunane iz logaritmov vrednosti praga zaznavanja vonja posameznika, podanih v enotah masne koncentracije referenčnega plina, mora biti manjša od števila 2,3.
2. Prag zaznavanja vonja mora biti znotraj določenega intervala:
Geometrijsko povprečje vrednosti, podanih v enotah masne koncentracije referenčnega plina, pri katerih je posameznik zaznal vonj, mora biti med 0,5- in 2-kratnikom sprejete referenčne vrednosti plina. V primeru plina n-butanol znaša referenčna vrednost $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kar pomeni, da mora biti vrednost geometrijske sredine med $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $246 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma med $0,02 \mu\text{mol}/\text{mol}$ in $0,08 \mu\text{mol}/\text{mol}$.

Zaradi zagotavljanja kakovosti in sledljivosti meritev, morajo biti izbrani panelisti redno preizkušeni. V kolikor izvedejo 12 meritev ali pa je od sodelovanja pri zadnji meritvi preteklo toliko časa, da se je občutljivost panelistovega zaznavanja vonja spremenila, morajo preizkus z referenčnim plinom ponoviti vsaj enkrat. Rezultati preizkusov morajo biti zaradi sledljivosti olfaktometričnih sposobnosti panelistov ustrezno analizirani in shranjeni.

2. Metodologija izbora panelistov

Postopek izbora panelistov je skladen z zahtevami navedenimi v standardu dinamične olfaktometrije EN 13725:2006.

Kratek opis postopka izbora:

1. Na preizkus je bilo pozvanih 21 posameznikov starih med 19 in 61 let. Delež obeh spolov v skupini je uravnotežen (10 žensk in 11 moških).

2. Pred prihodom skupine posameznikov v laboratorij oseba, ki je odgovorna in usposobljena za izvajanje meritev z dinamičnim olfaktometrom, pripravi vzorce zraka s primerno koncentracijo referenčnega plina n-butanol.
3. Posamezniki so pred začetkom izvajanja meritev seznanjeni s postopkom dinamične olfaktometrije in z njihovimi nalogami.
4. Uvodna meritev je namenjena spoznavanju posameznikov z delom na dinamičnem olfaktometrom. Rezultati testne meritve se pri končnem izboru panelistov ne upoštevajo.
5. Sledijo meritve koncentracije vonja v predhodno pripravljenih vzorcih zraka z dinamičnim olfaktometrom. Posamezniki vonjajo predstavljene vzorce zraka na dinamičnem olfaktometru in odgovarjajo ali zaznavajo vonj. Cilj postopka je ugotoviti pri kateri koncentraciji n-butanola v vzorcu zraka posameznik zazna vonj, t.j. absolutni prag zaznavanja.
6. Po koncu meritev sledi analiza meritev in izbor panelistov na podlagi statistične metode opisane v standardu EN13725:2006.

2.1. Merilna oprema

Vzorci zraka z referenčnim plinom n-butanol so bili pripravljene v vrečah iz referenčnega materiala Nalophan. Izbor panelistov je bil opravljen v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo na UL Veterinarski fakulteti. Meritve so bile izvedene z dinamičnim olfaktometrom proizvajalca Aromatrix.

3. Rezultati meritev

3.1. Analiza meritev in ugotovitve

Rezultati meritev praga zaznavanja posameznikov so predstavljeni v spodnji razpredelnici. Pred pričetkom meritev je vsak izmed sodelujočih prejel oznako (na primer P1), vodja meritev pa je zabeležil starost in spol osebe. Meritve absolutnega praga zaznavanja vonja referenčnega plina n-butanol v vzorcih zraka so navedene v stolpcih z oznako Meritev n , v stolpcih z oznako Y_n pa desetiški logaritem meritev. V obeh primerih je n število izvedenih meritev. Povprečne vrednosti desetiških logaritmov meritev so izračunane v stolpcu z oznako \bar{Y}_{ITE} , standardna deviacija meritev posameznika pa v stolpcu z oznako S_{ITE} . Oseba izpolnjuje pogoje za panelista, če ima dovolj občutljiv olfaktorni sistem (stolpec Kriterij 2) in dovolj konstanten absolutni prag zaznavanja vonja, t.j. odstopanje posameznih meritev praga zaznavanja vonja glede na povprečno vrednost ne sme biti preveliko (stolpec Kriterij 1). Izmed 21 posameznikov so pogoje za panelista izpolnile le 4 osebe, 8 oseb je izpolnilo enega izmed kriterijev, 5 oseb pa nobenega kriterija.

Na podlagi rezultatov preizkusa je skupino panelistov sestavljalo 9 oseb, od tega 4 panelisti z obema izpolnjenima kriterijema in 5 panelistov z enim izpolnjenim kriterijem in drugim, ki je od mejnih vrednosti kriterija odstopal najmanj.

Tabela 1. Analiza meritev praga zaznavanja vonja posameznikov in izbor panelistov.

Št.	Oznaka panelista	Spol	Meritev 1 [μmol/mol]	Meritev 2 [μmol/mol]	Meritev 3 [μmol/mol]	Y ₁ [μmol/mol]	Y ₂ [μmol/mol]	Y ₃ [μmol/mol]	\bar{Y}_{ITE} [μmol/mol]	S _{ITE} [μmol/mol]	Kriterij 1: 10 ^{S_{ITE}} ≤ 2,3	Kriterij 2: 20 ppb ≤ 10 ^{Λ(\bar{Y}_{ITE})} ≤ 80 ppb	Panelist: DA/NE
1	P1	Ž	45,8	91,6	/ ¹	1,6609	1,9619	/	1,8114	0,2129	1,63	65	DA
2	P2	M	45,8	45,8	/	1,6609	1,6609	/	1,6609	0	1,00	46	DA
3	P3	M	45,8	181,3	/	1,6609	2,2584	/	1,9596	0,4225	2,65	91	NE
4	P4	Ž	91,6	11,4	/	1,9619	1,0569	/	1,5094	0,6399	4,36	32	NE ²
5	P5	M	91,6	91,6	/	1,9619	1,9619	/	1,9619	0	1,00	92	NE ²
6	P6	Ž	91,6	11,4	/	1,9619	1,0569	/	1,5094	0,6399	4,36	32	NE ²
7	P7	M	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	NE
8	P8	M	24,4	97,7	/	1,3874	1,9899	/	1,6886	0,4260	2,67	49	NE ²
9	P9	M	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	NE
10	P10	M	6,1	97,7	/	0,7853	1,9899	/	1,3876	0,8518	7,11	24	NE ²
11	P11	Ž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	NE
12	P12	Ž	48,8	48,8	/	1,6884	1,6884	/	1,6884	0	1,0	49	DA
13	P13	Ž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	NE
14	P14	M	/	/	146,5	/	/	/	/	/	/	/	NE
15	P15	Ž	/	73,2	146,5	/	1,8645	2,1658	2,0152	0,2131	1,63	104	NE ²
16	P16	Ž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	NE
17	P17	M	/	/	146,5	/	/	/	/	/	/	/	NE
18	P18	M	73,2	36,6	73,2	1,8645	1,5635	1,8645	1,7642	0,2458	1,76	58	DA
19	P19	Ž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	NE
20	P20	Ž	18,3	73,2	/	1,2625	1,8645	/	1,5635	0,4257	2,67	37	NE ²
21	P21	M	36,6	146,5	/	1,5635	2,1658	/	1,8647	0,4259	2,67	73	NE ²

¹ Preskuševalec vonja ni zaznal.² Kljub temu, da preskuševalec ni izpolnjeval obeh kriterij za izbor panelista, je bil izbran v skupino panelistov za nadaljnje meritve.

PRILOGA 3: Meritve emisij vonja

Namen meritev emisij vonja je bil preizkus metod za zajem vzorcev odpadnega zraka iz različnih vrst emisijskih virov.

1. Meritve emisij vonja

Primarno delimo vire vonja na naravne in antropogene. Na emisije vonja, ki so posledica procesov v naravi človek nima velikega vpliva. Nasprotno velja za veliko večino antropogenih virov, ki so v domeni človeka in jih lahko omejimo ter tako zmanjšamo njihov vpliv na družbo in okolje. Antropogene vire delimo dalje na vire iz različnih industrijskih panog in na vire iz spremljajočih podpornih dejavnosti. V okviru projekta smo odvzeli vzorce odpadnih plinov iz naslednjih emisijskih virov:

- I. Predelovalna industrija:
 - biofilter za čiščenje odpadnega zraka iz objektov za predelavo odpadkov živalskega izvora in biorazgradljivih odpadkov,
 - izhod iz objekta za obdelavo živalskih kož,
 - izhod iz objekta za skladiščenje odpadnega blata nastalega pri obdelavi živalskih odpadkov.
- II. Prehrambna industrija:
 - farmi kokoši,
 - farma piščancev,
 - farma prašičev,
 - klavnica za rdeče meso,
 - mešalnica krmil,
 - pekarna,
 - pražarna kave,
 - pivovarna.
- III. Kovinska industrija:
 - livarna.
- IV. Infrastruktura:
 - zgoščevalniki blata na čistilni napravi,
 - ozračevalni bazen centralne čistilne naprave,
 - bioplinska elektrarna.

Meritve so bile izvedene z uporabo podtlačne komore in namenskih sistemov za zajem odpadnega plina iz različnih vrst emisijskih virov (Slika 1). Vzorci so bili zajeti v Nalophanske vzorčevalne vreče prostornine 25 L.

Koncentracija vonja v odvzetih vzorcih je bila izmerjena v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo. Pri meritvah je sodelovalo 6 panelistov, ki so bili predhodno preizkušeni z referenčnim plinom n-butanol in seznanjeni s postopkom dinamične olfaktometrije po standardu EN 13725:2006.

1.1. Podatki o emisijskih virih

Podatki o emisijskih virih na katerih so bili odvzeti vzorci odpadnega zraka so navedeni v naslednjih razpredelnicah, ki vsebujejo datum odvzema vzorcev, tip emisijskega vira in njegove dimenzije ter meritve pretoka, temperature in vlage odpadnih plinov. Ker je bilo na nekaterih obratih več enakih emisijskih virov, v razpredelnicah navajamo podatek o številu virov, ki je pomemben za izračun skupne emisije vonja v četrtem poglavju Rezultati meritev.

1.1.1 Predelovalna industrija

Tabela 2. Predelovalna industrija. Podatki o tipu in dimenzijah emisijskega vira ter meritve pretoka (hitrosti), temperature in vlage odpadnega zraka.

1. Emisijski vir: biofilter

Datum odvzema vzorcev:	5. 6. 2018	21. 6. 2018	12. 9. 2018
Tip emisijskega vira:	aktivni površinski vir	aktivni površinski vir	aktivni površinski vir
Površina vira:	1 000 m ²		
Temperatura izpusta (5 cm pod površjem):	23,7°C ± 0,2 °C	23,2°C ± 0,2 °C	23,1°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov: ³	0,88 m/s	1,08 m/s	1,39 m/s
Pretok odpadnega zraka: ³	79 m ³ /h/m ²	101 m ³ /h/m ²	104 m ³ /h/m ²
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	78 % ± 2 %	86 % ± 2 %	83 % ± 2 %
Višina vira:	2 m		

2. Emisijski vir: objekt za obdelavo živalskih kož

Datum odvzema vzorcev:	5. 6. 2018	21. 6. 2018
Tip emisijskega vira:	volumski vir	volumski vir
Prostornina vira:	20.000 m ³	
Temperatura odpadnega zraka:	25,6°C ± 0,2 °C	27,1°C ± 0,2 °C
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	79 % ± 2 %	71 % ± 2 %

^{3,3} Meritve hitrosti odpadnega zraka so izvedene v vertikalni cevi zajemne posode za odvzem vzorcev zraka iz površinskih virov. Posoda je sestavljena iz dve delov, in sicer iz kvadratnega dela, ki pokrije 1 m² površine vira, in iz vertikalne cevi s premerom 0,2 m.

Dimenzije vira (d x š x v):	50 m x 40 m x 10 m
-----------------------------	--------------------

3. Emisijski vir: objekt za skladiščenje odpadnega blata

Datum odvzema vzorcev:	21. 6. 2018
Tip emisijskega vira:	volumski vir
Prostornina vira:	12.000 m ³
Temperatura odpadnega zraka:	27,0°C ± 0,2 °C
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	69 % ± 2 %
Dimenzije vira (d x š x v):	40 m x 30 m x 10 m

1.1.2 Živilska industrija

Tabela 3. Živilska industrija. Podatki o tipu in dimenzijah emisijskega vira ter meritve pretoka (hitrosti), temperature in vlage odpadnega zraka.

1. Emisijski vir: prezračevalnik na objektu farme kokoši

Datum odvzema vzorcev:	21. 6. 2018
Tip emisijskega vira:	točkovni vir
Presek vira:	0,16 m ²
Pretok odpadnega zraka:	5.040 m ³ /h
Temperatura odpadnih plinov:	30,5°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	8,70 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlaga odpadnih plinov:	49 % ± 2 %
Število izmenično delujočih izpustov:	50
Višina izpustov:	1 m, 3 m, 6 m

2. Emisijski vir: farma piščancev

Datum odvzema vzorcev:	9. 10. 2018
Tip emisijskega vira:	točkovni vir
Presek vira:	1,45 m ²
Pretok odpadnega zraka:	48.566 m ³ /h
Temperatura odpadnega zraka:	26,6°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	9,29 m/s ± 0,03 m/s

Relativna vlažnost odpadnih plinov:	58 % ± 2 %
Dimenzije vira (d x š x v):	100 m x 16 m x 5 m
Število izpustov:	2
3. Emisijski vir: farma prašičev	
Datum odvzema vzorcev:	9. 10. 2018
Tip emisijskega vira:	točkovni vir
Presek vira:	0,50 m ²
Pretok odpadnega zraka:	17.690 m ³ /h
Temperatura odpadnega zraka:	23,7°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	9,78 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	58 % ± 2 %
Višina izpustov:	6 m
Dimenzije vira (d x š x v):	70 m x 15 m x 6 m
Število objektov:	6
Število izpustov na objekt:	16
4. Emisijski vir: klavnica za rdeče meso (prebavila)	
Datum odvzema vzorcev:	9. 10. 2018
Tip emisijskega vira:	volumski vir
Prostornina vira:	2.100 m ³
Temperatura v zunanjem zraku:	17,5°C ± 0,2 °C
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	62 % ± 2 %
Dimenzije vira (d x š x v):	20 m x 15 m x 7 m
5. Emisijski vir: mešalnica krmil	
Datum odvzema vzorcev:	9. 10. 2018
Tip emisijskega vira:	površinski vir
Površina vira:	1.200 m ²
Temperatura v zunanjem zraku:	24,3°C ± 0,2 °C
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	51 % ± 2 %

6. Emisijski vir: pekarna

Datum odvzema vzorcev:	13. 9. 2018	
Tip emisijskega vira:	točkovni vir (pekarna)	točkovni vir (pomivalnica)
Presek vira:	0,26 m ²	0,2 m ²
Pretok odpadnega zraka:	7.720 m ³ /h	2.334 m ³ /h
Temperatura odpadnih plinov:	31,0°C ± 0,2 °C	29,7°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	9,18 m/s ± 0,03 m/s	3,38 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	49 % ± 2 %	46 % ± 2 %
Višina izpustov:	10 m	10 m

7. Emisijski vir: izpust iz pražarna kave na strehi objekta

Datum odvzema vzorcev:	17. 9. 2018
Tip emisijskega vira:	točkovni vir
Presek vira:	0,385 m ²
Pretok odpadnega zraka:	11.296 m ³ /h
Temperatura odpadnih plinov:	42,1°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	8,15 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	27 % ± 2 %
Višina izpusta:	20 m

8. Emisijski vir: pivovarna (izpusta na strehi objekta)

Datum odvzema vzorcev:	18. 9. 2018	
Tip emisijskega vira:	točkovni vir	točkovni vir
Presek vira:	0,283 m ²	2,64 m ²
Pretok odpadnega zraka:	1.251 m ³ /h	19.863 m ³ /h
Temperatura odpadnih plinov:	87,9°C ± 0,2 °C	31,6°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	1,23 m/s ± 0,03 m/s	2,09 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	100 % ± 2 %	47 % ± 2 %
Višina izpustov:	17 m	15 m
Število izpustov:	1	3

1.1.3 Avtomobilska industrija

Tabela 4. Avtomobilska industrija. Podatki o tipu in dimenzijah emisijskega vira ter meritve pretoka (hitrosti), temperature in vlage odpadnega zraka.

1. Emisijski vir: livarna – zračniki na strehi obrata

Datum odvzema vzorcev:	13. 9. 2018	
Tip emisijskega vira:	točkovni vir	točkovni vir
Presek vira:	1,9 m ²	0,25 m ²
Pretok odpadnega zraka:	2.804 m ³ /h	13.428 m ³ /h
Temperatura odpadnih plinov:	27,6°C ± 0,2 °C	24,5°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	0,41 m/s ± 0,03 m/s	14,92 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlažnost odpadnih plinov:	54 % ± 2 %	60 % ± 2 %
Višina izpustov:	16 m	18 m
Število izpustov:	18	10

1.1.4 Infrastruktura

Tabela 5. Infrastruktura. Podatki o tipu in dimenzijah emisijskega vira ter meritve pretoka (hitrosti), temperature in vlage odpadnega zraka.

1. Emisijski vir: zgoščevalniki blata na centralni čistilni napravi

Datum odvzema vzorcev:	21. 6. 2018	12. 9. 2018
Tip emisijskega vira:	pasivni površinski vir	pasivni površinski vir
Površina vira:	48 m ²	48 m ²
Temperatura izpusta pri viru:	27,6°C ± 0,2 °C	26,8°C ± 0,2 °C
Relativna vlaga odpadnih plinov:	70 % ± 2 %	81 % ± 2 %
Višina izpustov:	15 m	15 m
Število virov:	3	3

2. Emisijski vir: ozračevalni bazen na CČN

Datum odvzema vzorcev:	12. 9. 2018
Tip emisijskega vira:	pasivni/aktivni površinski vir
Površina vira:	7.500 m ²

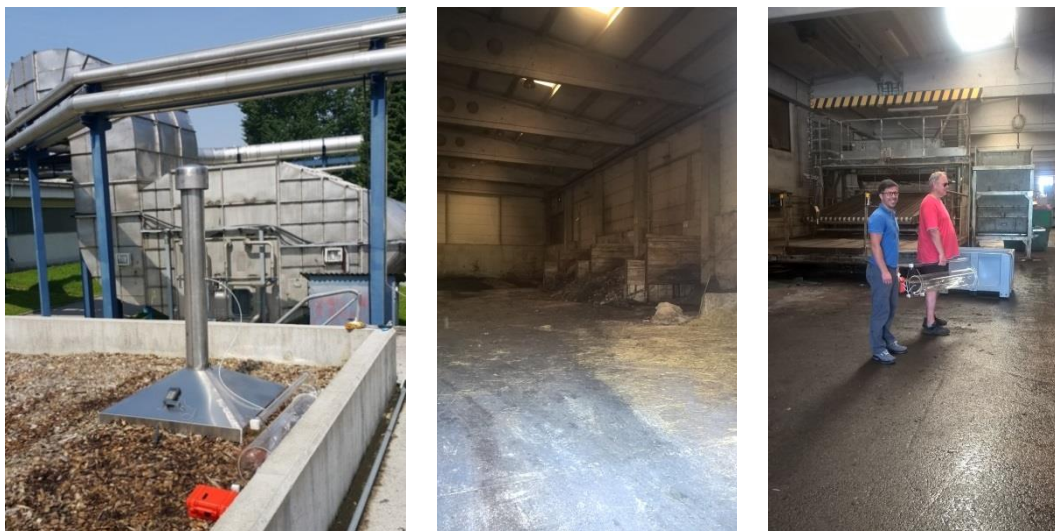
Temperatura izpusta pri viru:	12,1°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	0,01 m/s
Relativna vlaga odpadnih plinov:	87 % ± 2 %
Višina vira:	1 m

3. Emisijski vir: bioplinarna – izpust

Datum odvzema vzorcev:	9. 10. 2018
Tip emisijskega vira:	točkovni vir
Presek vira:	0,385 m ²
Temperatura odpadnih plinov:	31°C ± 0,2 °C
Pretok odpadnega zraka:	9.286 m ³ /h
Hitrost odpadnih plinov:	6,70 m/s ± 0,03 m/s
Relativna vlaga odpadnih plinov:	74 % ± 2 %
Višina izpusta:	25 m

4. Emisijski vir: bioplinarna – mešalni bazen (01 bazen)

Datum odvzema vzorcev:	9. 10. 2018
Tip emisijskega vira:	pasivni točkovni vir
Presek vira:	2 m ²
Temperatura zunanjega zraka:	24,2°C ± 0,2 °C
Relativna vlaga odpadnih plinov:	64 % ± 2 %
Število izpustov:	2



Slika 8. Emisijski vir (biofilter) in sistem za zajem vzorcev iz površinskih virov, objekt za skladiščenje odpadnega blata in objekt za predelavo živalskih kož.



Slika 9. Odvzem vzorcev odpadnega plina na gladini ozračevalnega bazena in zgoščevalnikov blata na čistilni napravi. Skrajno desna slika prikazuje odvzem vzorca na izpustu prezračevalnega sistema na farmi kokoši.

2. Opis meritev

2.1. Metodologija meritev emisij vonja

Metodologija zbiranja in analize podatkov po metodi skladni z zahtevami navedenimi v standardu dinamične olfaktometrije EN 13725:2006.

Postopek:

1. Odvzem vzorcev odpadnega plina na emisijskem viru. Vzoredno potekajo meritve temperature, vlage in pretoka odpadnega zraka. Vzorci zraka so odvzeti v vzorčevalne vreče iz referenčnega materiala Nalophan.

Prostornina posamezne vzorčevalne vreče je 25 L. Zajem vzorca se izvede z uporabo sistema za odvzemanje vzorcev iz kompaktnih površinskih virov.

Zaradi zagotavljanja reprezentativnosti odvzetega vzorca zraka morajo biti vsi vzorci analizirani najkasneje v 6 urah od ure vzorčenja.

2. Izvedba meritev koncentracije vonja v odvzetih vzorcih zraka z dinamičnim olfaktometrom. Laboratorij za dinamično olfaktometrijo mora zadoščati pogojem navedenim v standardu EN 13725:2006.

Panelisti so predhodno preizkušeni z uporabo referenčnega plina n-butanol in seznanjeni s postopkom dinamične olfaktometrije.

3. Določitev koncentracije neprijetnih vonjav (EV/m^3) po metodi »Prisilnega izbora« z uporabo dinamičnega olfaktometra. Pri meritvah sodeluje 6 preizkušenih panelistov, meritve vodi strokovnjak z področja motečih vonjav.
4. Izračun emisije vonja (EV/s – enot vonja v sekundi) skladno s standardom EN 13725, nemškimi smernicami VDI in ostalimi priznanimi metodami.
5. Izdelava poročila z analizo.

2.2. Merilna oprema

Vzorci odpadnega plina so bili odvzeti s sistemom za vzorčenje iz kompaktnih površinskih virov proizvajalca Studio okolje (SOSD-1, SOH-1, SFC-1). Koncentracija vonja je bila izmerjena z laboratorijskih olfaktometrom proizvajalca Aromatrix .

3. Rezultati meritev

Rezultati meritev koncentracij vonja in izračuni emisij vonja so navedeni v naslednjih razpredelnicah. Za točkovne in površinske vire navajamo izračunane emisije vonja, za volumske vire pa koncentracijo vonja v objektu. Izračun emisij vonja iz volumskih virov je zaradi njihove kompleksnosti, predvsem zaradi ubežnih emisij iz objekta, pogosto težko izvedljiv.

3.1. Predelovalna industrija

3.1.1. Emisija vonja iz biofiltra

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku iz biofiltra je znašala $126 \text{ EV}/\text{m}^3$. Povprečni pretok odpadnih plinov vertikalno na površino vira je znašal $95 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, temperatura odpadnih plinov $23,7^\circ\text{C}$. Površina biofiltra je 1.000 m^2 . Emisija vonja izračunana skladno s standardom EN 13725 in smernico VDI3880 1/2 je znašala $3.325 \text{ EV}/\text{s}$.

Tabela 6. Meritve koncentracije vonja na izpustu iz biofiltra in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja $Z_{\text{ITE}} [\text{EV}/\text{m}^3]$
5. 6. 2018, 11.00	E050618-V1	29

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
5. 6. 2018, 12.00	E050618-V3	574
5. 6. 2018, 12.30	E050618-V4	406
21. 6. 2018, 9.30	E210618-V1	51
12. 9. 2018, 12.40	E120918-V1	128
12. 9. 2018, 12.50	E120918-V2	161
12. 9. 2018, 13.00	E120918-V3	72
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		126 EV/m ³
Emisija vonja [EV/s]		3.325 EV/s

3.1.2. Koncentracija vonja na izhodu iz objekta za obdelavo živalskih kož

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku na izhodu iz objekta za obdelavo živalskih kož je znašala 477 EV/m³. Ker objekt nima izpustov, ga uvrščamo med pasivne volumske vire.

Tabela 7. Meritve koncentracije vonja v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na izhodu objekta za obdelavo živalskih kož.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
5. 6. 2018, 13.00	E050618-V5	645
5. 6. 2018, 13.30	E050618-V6	362
21. 6. 2018, 10.30	E210618-V3	465
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		477 EV/m ³

3.1.3. Koncentracija vonja na izhodu iz objekta za skladiščenje odpadnega blata

Povprečna koncentracija vonja v onesnaženem zraku na izhodu iz objekta za skladiščenje blata je znašala 1.024 EV/m³. Temperatura odpadnega plina je bila enaka temperaturi zunanjega zraka. Ker objekt nima izpustov, ga uvrščamo med pasivne prostorninske vire.

Tabela 8. Meritve koncentracije vonja v vzorcu odpadnega plina odvzetem na izhodu iz objekta za skladiščenje blata, ki je stranski produkt pri procesu predelave odpadkov živalskega izvora.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
21. 6. 2018, 11.00	E050618-V4	1.024
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		1.024 EV/m ³

3.2. Živilska industrija

3.2.1. Emisija vonja iz izpusta prezračevalnega sistema na farmi kokoši

Koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorja na objektu kokošje farme je znašala 181 EV/m³. Povprečna hitrost odpadnega zraka v času meritev je bila 8,7 m/s, pretok odpadnega zraka pa 5.040 m³/h. Ob upoštevanju omenjenih podatkov in podatkov o emisijskem viru izračunamo emisijo vonja, ki znaša 254 EV/s. Celotna emisija iz dveh objektov s štiridesetimi izmenično delujočimi viri je znašala 15.420 EV/s.

Tabela 9. Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na izpustu prezračevalnega sistema na farmi kokoši in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
21. 6. 2018, 13.15	E210618-V7	181
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		181 EV/m ³
Emisija vonja [EV/s]		15.240 EV/s

3.2.2. Emisija vonja iz prezračevalnega sistema na farmi piščancev

Koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorja na objektu farme piščancev je znašala 406 EV/m³. Povprečni pretok odpadnega zraka v času meritev je znašal 48.566 m³/h. Ob upoštevanju omenjenih podatkov in podatkov o emisijskem viru izračunamo emisijo vonja iz dveh izpustov, ki znaša 10.954 EV/s.

Tabela 10. Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na izpustu prezračevalnega sistema na farmi piščancev in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
9. 10. 2018, 15.30	E091018-V9	406
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		406 EV/m ³
Emisija vonja [EV/s]		10.954 EV/s

3.2.3. Emisija vonja iz prezračevalnega sistema na farmi prašičev

Koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorja na objektu farme prašičev je znašala 512 EV/m³. Povprečni pretok odpadnega zraka v času meritev je znašal 17.690 m³/h. Skupna emisija iz šestih objektov (vsak objekt ima 16 izpustov) je znašala 241.527 EV/s.

Tabela 11. Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na izpustu prezračevalnega sistema na farmi prašičev in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]	Emisija vonja [EV/s]
9. 10. 2018, 14.00	E091018-V7	512	241.527 EV/s

3.2.4. Koncentracija vonja v vzorcih zraka odvzetih v klavnici rdečega mesa

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku iz klavnice rdečega mesa (prebavila govedu in prašičev) je znašala 21.869 EV/m³. Ker objekt nima izpustov, ga uvrščamo med pasivne volumske vire.

Tabela 12. Koncentracija vonja v vzorcih zraka odvzetih v in ob klavnici.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
9. 10. 2018, 10.30	E091018-V1	41.284
9. 10. 2018, 11.00	E091018-V2	11.585
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		21.869 EV/m ³

3.2.5. Koncentracija vonja v vzorcih zraka odvzetih na območju mešalnice krmil

Koncentracija vonja v odpadnem zraku zajetem na območju mešalnice krmil je znašala 64 EV/m³. Ker objekt nima izpustov, ga uvrščamo med pasivne površinske vire.

Tabela 13. Koncentracija vonja v vzorcu zraka odvzetem na območju mešalnice krmil.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
9. 10. 2018, 14.00	E091018-V8	64
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		64 EV/m ³

3.2.6. Emisija vonja iz dveh izpustov prezračevalnega sistema pekarnice

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorja na objektu pekarnice je znašala 2.048 EV/m³, iz ventilatorja na delu objekta v katerem poteka pomivanje pa 142 EV/m³. Povprečen pretoka odpadnega zraka iz pekarnice v času meritev je znašal 7.720 m³/h, iz pomivalnice pa 2.334 m³/h. Ob upoštevanju omenjenih podatkov in podatkov o emisijskem viru izračunamo emisijo vonja iz pekarnice, ki znaša 4.392 EV/s in emisijo vonja iz pomivalnice, ki znaša 92 EV/s.

Tabela 14. Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na dveh izpustih prezračevalnega sistema pekarnice in izračun emisij vonja.

Datum in čas meritve	Vir	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]	Emisija vonja [EV/s]
13. 9. 2018, 21.00	pekarna	E130918-V4	2.048	4.392
13. 9. 2018, 21.15	pomivalnica	E130918-V5	142	92

3.2.7. Emisija vonja iz objekta za praženje kave

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku iz izpusta (ciklon) na objektu namenjenem praženju kave je znašala 29.670 EV/m³. Povprečna hitrost pretoka odpadnega zraka v času meritev je bila 8,15 m/s, pretok

odpadnega zraka pa 11.296 m³/h. Ob upoštevanju omenjenih podatkov in podatkov o emisijskem viru izračunamo emisijo vonja, ki znaša 93.097 EV/s.

Tabela 15. Koncentracija vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih izpustu iz objekta za praženje kave in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
17. 9. 2018, 11.00	E170918-V1	16.384
17. 9. 2018, 11.30	E170918-V2	36.780
17. 9. 2018, 11.30	E170918-V3	43.345
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		29.670 EV/m ³
Emisija vonja [EV/s]		93.097 EV/s

3.2.8. Emisije vonja iz pivovarne

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku iz prezračevalnih odprtih na strehi pivovarne je znašala 14.596 EV/m³, iz izpusta pa 781.456 EV/m³. Povprečna hitrost pretoka odpadnega zraka iz posamezne prezračevalne odprtine v času meritev je znašala 2,1 m/s, skupni pretok odpadnega zraka iz treh prezračevalnih odprtih pa 59.589 m³/h. Povprečna hitrost pretoka odpadnega zraka iz izpusta je znašala 1,2 m/s, pretok odpadnega zraka pa 1.251 m³/h. Ob upoštevanju omenjenih podatkov in podatkov o emisijskem viru izračunamo emisijo vonja iz prezračevalnih odprtih 241.600 EV/s in emisijo vonja iz izpusta 271.555 EV/s.

Tabela 16. Koncentracija vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih na prezračevalnih odprtinah in izpustu na strehi pivovarne ter izračunane emisije vonja.

Datum in čas meritve	Vir	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]	Emisija vonja [EV/s]
18. 9. 2018, 10.00	odprtine	E180918-V1	14.596	241.600
18. 9. 2018, 10.30	izpust	E180918-V2	781.456	271.555

3.3. Kovinska industrija

3.3.1. Emisije vonja iz livarne

Povprečna koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorjev je znašala 114 EV/m³, iz prezračevalnih odprtih pa 287 EV/m³. Ob upoštevanju omenjenih podatkov in podatkov o emisijskih virih izračunamo emisijo vonja iz ventilatorjev, ki znaša 4.252 EV/s in emisijo vonja iz prezračevalnih odprtih, ki znaša 4.024 EV/s.

Tabela 17. Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega zraka odvzetem na dveh izpustih prezračevalnega sistema livarne in izračun emisij vonja.

Datum in čas meritve	Vir	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]	Emisija vonja [EV/s]
13. 9. 2018, 9.30	ventilator	E120918-V1	114	4.252
13. 9. 2018, 9.45	odprtine	E120918-V2	287	4.024

3.4. Infrastruktura

3.4.1. Koncentracija vonja v vzorcih iz zgoščevalnikov komunalne vode

V sklopu centralne čistilne naprave delujejo trije zgoščevalniki blata, ki so pasivni površinski viri. Koncentracija vonja v vzorcu zraka odvzetem v prvem zgoščevalniku je znašala 512 EV/m³, v drugem 271 EV/m³, v tretjem pa 72 EV/m³. Ker se vsi trije viri uvrščajo med pasivne vire, privzemamo po smernici VDI 3880 podatek, da je hitrost odpadnih plinov manjša od 30 m/h. Emisija vonja iz prvega zgoščevalnika tako znaša 15.360 EV/h, iz drugega 8.130 EV/h, iz tretjega pa 2.160 EV/h.

Tabela 18. Koncentracije vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih na zgoščevalnikih blata.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Vir	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
21. 6. 2018, 12.00	E210618-V5	zgoščevalnik 1	512
12. 9. 2018, 10.15	E120918-V5	zgoščevalnik 3	72
21. 6. 2018, 12.15	E210618-V6	zgoščevalnik 2	362
12. 9. 2018, 9.45	E120918-V4	zgoščevalnik 2	203
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE} (zgoščevalnik 2)			271 EV/m ³

3.4.2. Emisija vonja iz ozračevalnega bazena na čistilni napravi

Ozračevalne bazene v katerih poteka bogatenje odpadne komunalne vode s kisikom (okoliški zrak) štejemo v odvisnosti od načina obratovanja tako med aktivne in kot tudi pasivne emisijske vire. Povprečna koncentracija vonja v odvzetih vzorcih odpadnega plina je znašala 303 EV/m³. Z upoštevanjem podatka o hitrosti pretoka odpadnega zraka 0,01 m/s izračunamo emisijo vonja, ki znaša 22.725 EV/s.

Tabela 19. Koncentracije vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih na prezračevalnem bazenu in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja Z_{ITE} [EV/m ³]
12. 9. 2018, 11.00	E120918-V6	322
12. 9. 2018, 11.00	E120918-V7	287
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		303 EV/m ³
Emisija vonja [EV/s]		22.725 EV/s

3.4.3. Emisija vonja v izpustu iz bioplinske elektrarne

Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega plina je znašala 122.294 EV/m^3 , pretok odpadnih plinov pa $9.286 \text{ m}^3/\text{h}$. Ker je bil vzorec odpadnega plina zaradi ekstremno visoke koncentracije vonja pred meritvijo v laboratoriju razredčen s čistim zrakom v razmerju 1:30, znaša emisija vonja $9.463.517 \text{ EV/s}$.

Tabela 20. Koncentracije vonja v vzorcu odpadnega plina odvzetem na izpustu iz bioplinske elektrarne in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja $Z_{ITE} [\text{EV/m}^3]$	Emisija vonja $[\text{EV/s}]$
9. 10. 2018, 12.45	E091018-V4	3.668.820	9.463.517

3.4.4. Koncentracija vonja v vzorcu odvzetem v mešalni jami

Koncentracija vonja v vzorcu odpadnega plina je znašala 1.089 EV/m^3 . Ker je bil vzorec odpadnega plina, zaradi ekstremno visoke koncentracije vonja, pred meritvijo v laboratoriju razredčen s čistim zrakom v razmerju 1:1600, znaša koncentracija vonja $1.742.400 \text{ EV/m}^3$.

Tabela 21. Koncentracije vonja v vzorcu odpadnega plina odvzetem na izpustu iz bioplinske elektrarne in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja $Z_{ITE} [\text{EV/m}^3]$
9. 10. 2018, 13.15	E091018-V5	1.742.400
Povprečna koncentracija vonja \bar{Z}_{ITE}		1.742.400 EV/m^3

4. Analiza meritev in ugotovitve

Namen emisijskih meritev je bil preveriti ustrezne metode za odvzem vzorcev onesnaženega iz različnih tipov emisijskih virov, opraviti meritve koncentracije vonja v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo in izvesti spremljajoče meritve temperature, vlage in hitrosti odpadnega zraka za končen izračun emisije vonja iz posameznega vira.

Podobno kot pri ostalih tipih kompaktnih površinskih emisijskih virov, je tudi v primeru biofiltra emisija vonja iz površine v praksi pogosto neenakomerna. V telesu biofiltra se namreč ustvarijo vertikalni zračni kanali, ki so glavni vir emisije vonja. Zaradi tega je za natančen izračun emisije vonja potrebno zagotoviti zadostno število na različnih mestih vira odvzetih vzorcev odpadnega plina. Skupna emisija iz biofiltra je izračunana kot geometrična sredina posameznih meritev.

V primeru tekočih površinskih virov, kot so lagune z izcedno vodo, bazeni na čistilnih napravah itd., so emisije vonja iz površine enakomernjše. Opozoriti velja, da se emisije vonja povečajo, če prihaja do zastajanja odpadne tekočine. Emisije iz zgoščevalnika blata na čistilni napravi so bile dokaj enakomerne, čeprav se je na večjem delu gladine blato že sušilo. Pri izvedbi meritev in emisijskih izračunih je potrebno upoštevati tudi v katerem režimu delovanja bazena

z odpadno vodo je bila izvedena meritev. V režimu, ko sistem v odpadno vodo dovaja čist okoliški zrak, je namreč emisija vonja večja, kot v režimu, ko procesa vpihovanja ni.

Objekta za obdelavo živalskih kož in skladiščenje blata uvrščamo med prostorninske emisijske vire, saj nimata urejenega sistema za prezračevanje in onesnažen zrak prehaja v zunanji zrak predvsem pri vhodu v objekt. Emisija vonjav je zato odvisna predvsem od razlike temperatur med onesnaženim zrakom v objektu in zunanjega zraka ter od gibanja zunanjega zraka. Poudariti velja, da so volumski viri pogosto tudi vir razpršenih emisij, saj prihaja do nenadzorovanega uhajanja odpadnega plina iz različnih delov stavb.

Od vseh vrst emisijskih virov je najenostavnejša izvedba meritev na točkovnih virih, saj so dobro definirani. Površinski vir, naj gre za kompaktne ali tekoče, so za odvzem reprezentativnega vzorca odpadnega plina zahtevnejši. Površina teh virov je namreč pogosto velika, emisije pa odvisne predvsem od homogenosti vira. V primerjavi s točkovnimi viri je potrebno za izračun emisije vonja na površinskih virih odvzeti večje število vzorcev. Volumski viri so za izvedbo meritev, izračun emisij in nadalje tudi za modelske izračune najzahtevnejši. Čeprav je dimenzija virov (objektov) pogosto znana, pa to ne velja za posamezne manjše emisijske vire na objektih, ki so pogosto vir ubežnih emisij.

PRILOGA 4: Imisijske meritve s prenosnim olfaktometrom

Cilj terenskih meritev s prenosnim olfaktometrom je bil izmeriti povprečno in maksimalno koncentracijo vonja v zunanem zraku na referenčnem področju, kjer je prisotnih več virov vonja.

1. Terenske meritve z uporabo prenosnega olfaktometra

Obravnavanje obremenitev okolja z motečimi vonjavami je zaradi odsotnosti analitične metode za opravljanje meritev koncentracije vonja zahtevno. Uveljavljene metode so pogosto časovno zahtevne, saj je za izvedbo kakovostnih meritev potrebnega veliko terenskega dela in zadostno število izšolanih panelistov, ki morajo biti na voljo oziroma v stanju pripravljenosti v obdobju meritev ves čas. Visoki so tudi stroški meritev, saj je izvedba organizacijsko zahtevna. Zaradi tega se v zadnjih letih za meritve imisijskih koncentracij vonja uveljavljajo nove metode. Ena izmed teh metod je ocenjevanje koncentracij vonja na terenu z uporabo prenosnega olfaktometra.

Meritve na terenu s prenosnim olfaktometrom izvaja primerno usposobljen panelist, ki na predhodno določenih merilnih mestih okoli emisijskega vira izvede nekaj minutne meritve koncentracije vonja. Prednosti tovrstnih meritev so takojšnje poznavanje koncentracije vonja in velika mobilnost izvajalca meritev. V nasprotju z rastrsko metodo, pri kateri je potrebno nadzorovati in usmerjati večjo skupino panelistov, namreč terenske meritve s prenosnim olfaktometrom izvaja primerno izurjen in preizkušen panelist. Podobno kot panelisti, ki sodelujejo pri meritvah z laboratorijskim olfaktometrom mora tudi panelist, ki opravlja meritve s prenosnim olfaktometrom zadostiti pogojem v standardu EN 13725:2006 (Kakovost zraka – Ugotavljanje koncentracije vonja z dinamično olfaktometrijo).



Slika 10. Meritve koncentracij vonja na terenu s prenosnim olfaktometrom.

1.1. Metodologija meritev koncentracij vonja na terenu z uporabo prenosnega olfaktometra

Čeprav metodologija terenskih meritev koncentracij vonja teži k skladnosti s standardom EN13725:2006, je potrebno izpostaviti, da se prenosni in laboratorijski olfaktometer bistveno razlikujeta. Zaradi prilagojenosti prenosnega olfaktometra zahtevam dela na terenu (majhna teža in priročnost), je naprava v primerjavi z laboratorijskim olfaktometrom manj natančna. Poznavanje območja delovanja naprave in pogoste umeritve so zato za kakovostne meritve koncentracij vonja na terenu ključnega pomena.

Kratek opis metodologije:

1. Določitev območja vrednotenja imisijskih koncentracij vonja z vsaj 20 merilnimi mesti. Številno merilnih mest je odvisno od števila emisijskih virov, ki delujejo na območju vrednotenja.
Večje število merilnih mest je priporočljivo tudi zaradi primerjave rezultatov različnih metod za ocenjevanje intenzitete oziroma koncentracije vonja na območju vrednotenja, predvsem metode s prenosnim olfaktometrom in rastrske metode po smernici VDI 3940/1. V nasprotju z metodo s prenosnim olfaktometrom namreč pri rastrski metodi meritve na terenu izvaja skupina panelistov, ki na izbranih merilnih mestih ocenjuje intenziteto motečega vonja in po potrebi tudi hedonični ton vonja.
2. Meritve s prenosnim olfaktometrom izvaja primerno usposobljen panelist, ki je bil predhodno preizkušen z uporabo dinamičnega olfaktometra in referenčnega plina n-butanol ter je zadostil zahtevam navedenim v standardu EN 13725:2006.
3. Na vsakem izmed izbranih merilnih mest panelist izvede meritve s prenosnim olfaktometrom. Priporočljivo je, da panelist na merilnem mestu izvaja meritve vsaj 5 minut.
4. Prihodu s terena sledi statistična obdelava izmerjenih podatkov in izdelava poročila s podatki o izvajalcu meritev in osnovnimi podatki meritev, primerno označenim emisijskim virom in izmerjenimi koncentracijami za posamezno merilno mesto. V kolikor na področju izvedbe imisijskih meritev potekajo tudi meteorološke meritve je v poročilu priporočljivo upoštevati tudi rezultate teh.

1.2. Oprema

Meritve vonjav so bile izvedene z uporabo prenosnega olfaktometra Scentroid SM100i, ki deluje na principu redčenja odpadnega plina s čistim zrakom. Redčenje poteka v inštrumentu, ki ga skupaj z jeklenko čistega zraka nosi panelist v nahrbtniku. Vzorci razredčenega zraka so panelistu predstavljeni z uporabo obrazne maske. Panelist upravlja olfaktometer z mobilnim telefonom, v katerem se tudi shranjujejo izvedene meritve in osnovni podatki, to je datum, čas in kraj meritve, intenziteta in hedonični ton vonja.

S strani proizvajalca deklarirano območje delovanja inštrumenta je med 2 do 30.000 EV/m³, vendar delo na terenu pokaže, da je območje delovanja omejeno, in sicer med 2 in 10.000 EV/m³. Zaradi manjše natančnosti metode in dela na terenu je obvezna pogosta umeritev inštrumenta z referenčnim ali drugim primernim kalibracijskim plinom.

2. Izvedba meritev

Na območju vrednotenja motečih vonjav je bilo za preizkus meritev motečih vonjav s prenosnim olfaktometrom v mreži velikosti 2,65 km x 1,4 km in ločljivosti 70 m izbranih 26 merilnih mest. Čas izvedbe meritev je bil izbran z upoštevanjem meteoroloških meritev in uradne vremenske napovedi Agencije RS za okolje. Na vsakem izmed merilnih mest, ki so grafično prikazana na Sliki 12, so potekale meritve koncentracij vonja vsaj 5 minut. V tem intervalu je panelist izvedel do dve meritvi koncentracije vonja. Povprečje teh meritev je koncentracija vonja na posameznem merilnem mestu. Rezultati meritev so predstavljeni v Tabeli 1. Kljub velikemu številu merilnih mest, je panelist izvedel v enem obhodu oceno oziroma meritev koncentracije vonja na vseh mestih. Za transport med merilnimi mesti je uporabljal avtomobil.

Po prihodu na merilno mesto panelist v prvem koraku prosto oceni ali je vonj v zraku zaznaven ali ne. Če vonja ne zazna, počaka na merilnem mestu kratek čas in ponovno oceni stanje. V primeru, da vonja še vedno ne zazna to zabeleži in se odpravi na naslednje merilno mesto. Če je ob prihodu na merilno mesto panelist vonj zaznal, izvede do dve meritvi koncentracije vonja s prenosnim olfaktometrom. Na merilnih mestih, kjer panelist vonja ne zazna se v povprečju zadrži do 5 minut, tam, kjer mora izvesti meritev s prenosnim olfaktometrom pa vsaj 5 minut oziroma, kot pokaže delo na terenu med 5 in 10 minut, odvisno od intenzivnosti vonja in izkušnosti panelista.

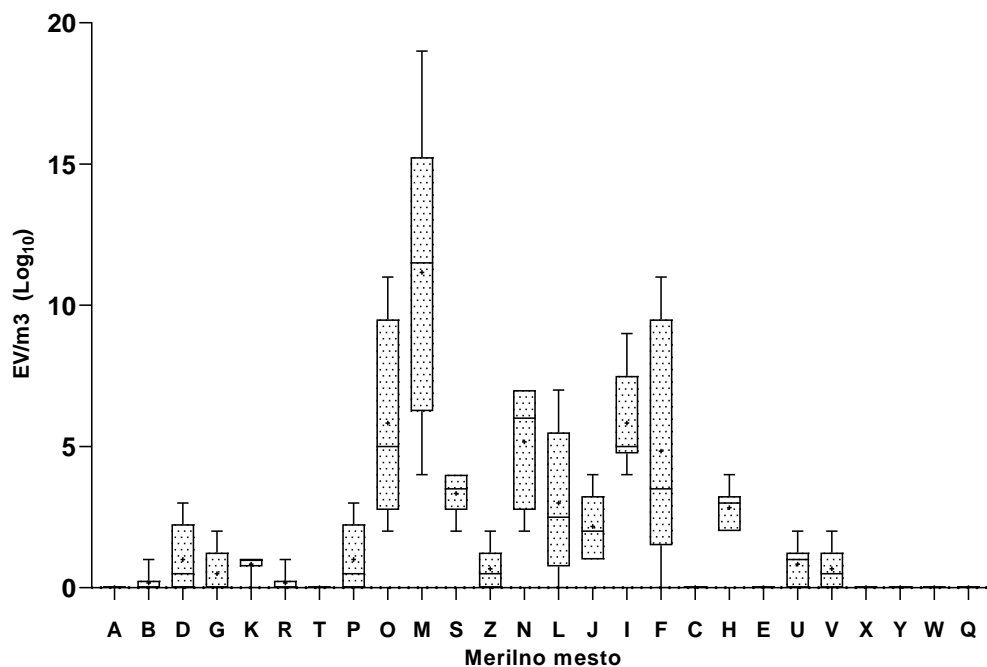
3. Analiza meritev in ugotovitve

Moteč vonj se je pojavljal v neposredni bližini vseh treh emisijskih virov. Vonj je bil najintenzivnejši v bližini obrata za predelavo živalskih odpadkov, manj intenziven pa okoli farme kokoši in čistilne naprave. Koncentracije vonja so pred vhodom v obrat za predelavo živalskih odpadkov dosegle 11 EV/m³, z oddaljenostjo pa hitro padale. Na oddaljenosti 200 metrov od vira koncentracije vonja niso presegle 5 EV/m³, na oddaljenosti 400 metrov pa 2 EV/m³. Na merilnem mestu, ki je od emisijskih virov oddaljen podobno kot prvi stanovanjski objekt, je bila izmerjena najvišja koncentracija vonja 4 EV/m³. Povzetek meritev po posameznih merilnih mestih (Slika 12) je prikazan na Sliki 11, najvišje koncentracije vonja na merilnih mestih pa so dodatno prikazane na Sliki 13.

Ker je bil namen strokovnih podlag preizkus predhodno izbranih metod za ugotavljanje obremenjenosti okolja z motečim vonjem, je bilo na območju vrednotenja s prenosnim olfaktometrom izvedenih 6 serij meritev na terenu, ki so v povprečju trajale 2 uri. Za natančnejšo oceno obremenjenosti tega področja z motečim vonjem bi bilo potrebno izvesti večje število meritev. Izmerjene koncentracije je zato potrebno obravnavati z določenimi omejitvami, saj dopuščamo možnost, da koncentracije vonja ob neugodnih vremenskih razmerah ali nenačrtovanih izpustih lahko dosežejo tudi višje vrednosti.

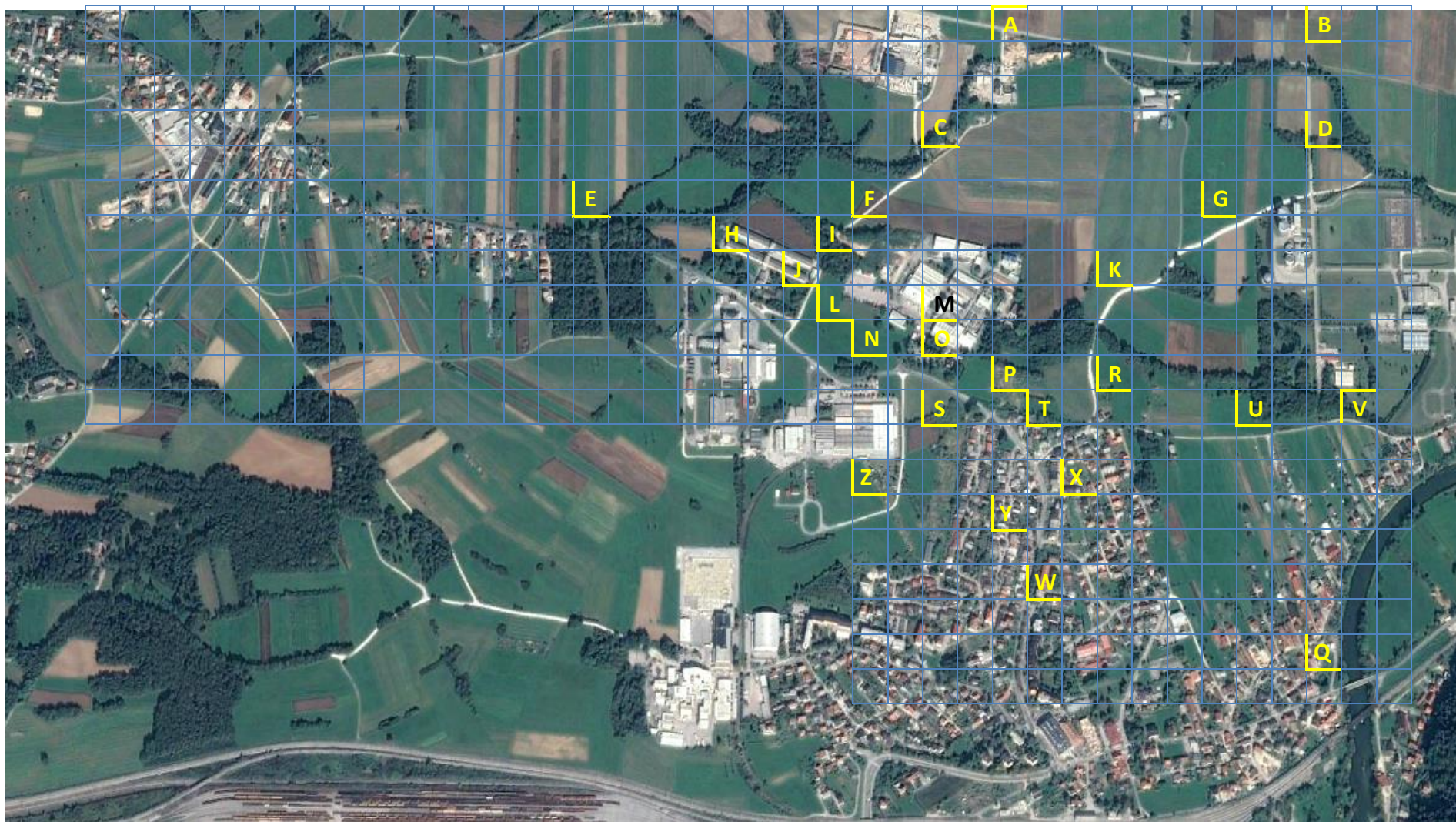
Izkušnje izvedenih meritev na drugih lokacijah kažejo, da je potrebno za dejansko oceno obremenjenosti okolja z vonjem izvesti podobno število meritev, kot z rastrsko metodo opisano v smernici VDI 3940/1. Po tej smernici naj bi meritve potekale v obdobju 6 mesecev ali 1 leta, odvisno od zahtevnosti emisijskega vira. V obdobju 6 mesecev je predvidena izvedba 52 »merilnih dni«, t.j. 52 obhodov s panelisti v 52 dneh. Poleg ostalih priporočil je pomembno, da so meritve izvedene v vseh dnevih tedna in po možnosti ob vsaki uri. Zaradi ekonomičnosti izvedbe meritev, je smotrno prilagoditi pogostost izvajanja meritev s prenosnim olfaktometrom vremenskim razmeram in vrsti

emisijskega vira. Meritve je potrebno najpogosteje izvajati v obdobjih, ko prevladujejo neugodne vremenske razmere in so imisijske koncentracije vonja povišane.



Slika 11. Meritve koncentracij vonja na terenu s prenosnim olfaktometrom. Za posamezno mesto so prikazane povprečne, najvišje in najnižje izmerjene koncentracije vonja.

Slika 12. Raster z ločljivostjo 70 metrov in označenimi merilnimi mesti (26) na območju vrednotenja motečih vonjav. Na posameznem merilnem mestu je bilo izvedenih več 10 minutnih meritev s prenosnim olfaktometrom.



Slika 13. Maksimalne izmerjene koncentracije vonja s prenosnim olfaktometrom izražene v EV/m³.

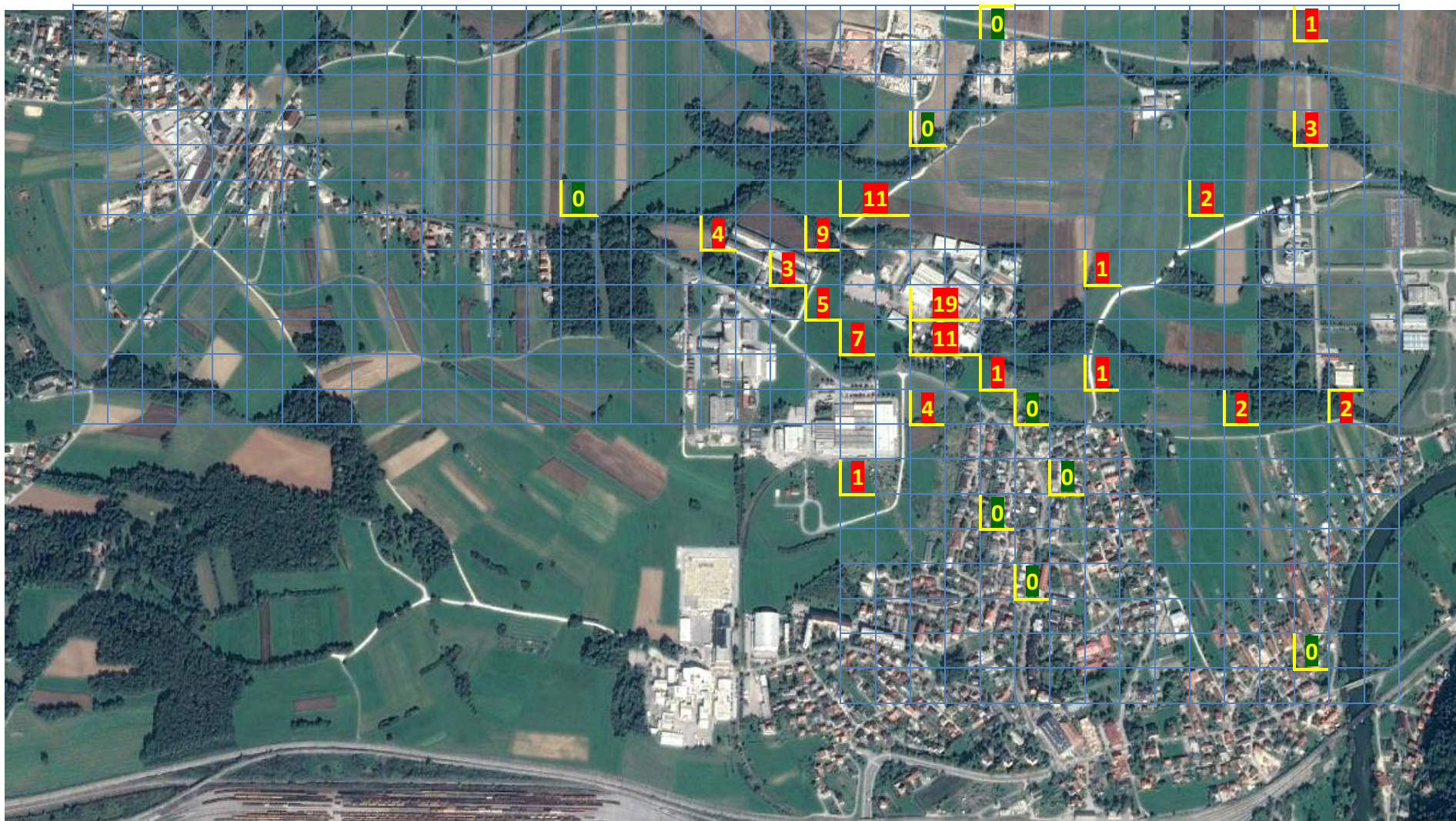


Tabela 22. Meritve koncentracije vonja na območju vrednotenja.

Št.	Merilno mesto	Datum in čas meritve		Koncentracija vonja [EV/m ³]
1	A	4. 7. 2018	22.00	0
		5. 7. 2018	20.50	0
		6. 9. 2018	19.30	0
		11. 9. 2018	22.30	0
		12. 9. 2018	6.00	0
		26. 9. 2018	19.30	0
2	B	4. 7. 2018	22.04	0
		5. 7. 2018	20.53	0
		6. 9. 2018	19.33	0
		11. 9. 2018	22.35	1
		12. 9. 2018	6.03	0
		26. 9. 2018	19.33	0
3	D	4. 7. 2018	22.10	3
		5. 7. 2018	21.00	2
		6. 9. 2018	19.36	0
		11. 9. 2018	22.38	0
		12. 9. 2018	6.07	0
		26. 9. 2018	19.36	1
4	G	4. 7. 2018	22.14	0
		5. 7. 2018	21.05	1
		6. 9. 2018	19.39	0
		11. 9. 2018	22.45	2
		12. 9. 2018	6.12	0
		26. 9. 2018	19.39	0
5	K	4. 7. 2018	22.20	1
		5. 7. 2018	21.10	1
		6. 9. 2018	19.45	1
		11. 9. 2018	22.50	1
		12. 9. 2018	6.15	0
		26. 9. 2018	19.42	1
6	R	4. 7. 2018	22.22	0
		5. 7. 2018	21.13	0
		6. 9. 2018	19.48	0
		11. 9. 2018	22.54	1
		12. 9. 2018	6.18	0
		26. 9. 2018	19.45	0
7	T	4. 7. 2018	22.25	0
		5. 7. 2018	21.17	0

Št.	Merilno mesto	Datum in čas meritve		Koncentracija vonja [EV/m ³]
		6. 9. 2018	19.51	0
		11. 9. 2018	22.58	0
		12. 9. 2018	6.22	0
		26. 9. 2018	19.48	0
8	P	4. 7. 2018	22.30	0
		5. 7. 2018	21.22	2
		6. 9. 2018	19.54	0
		11. 9. 2018	23.05	1
		12. 9. 2018	6.25	0
		26. 9. 2018	19.55	3
9	O	4. 7. 2018	22.40	11
		5. 7. 2018	21.30	5
		6. 9. 2018	20.00	3
		11. 9. 2018	23.10	5
		12. 9. 2018	6.35	2
		26. 9. 2018	20.02	9
10	M	4. 7. 2018	22.50	19
		5. 7. 2018	21.40	7
		6. 9. 2018	20.05	9
		11. 9. 2018	23.16	14
		12. 9. 2018	6.45	4
		26. 9. 2018	20.10	14
11	S	4. 7. 2018	22.58	4
		5. 7. 2018	21.50	3
		6. 9. 2018	20.12	3
		11. 9. 2018	23.22	4
		12. 9. 2018	6.52	2
		26. 9. 2018	20.18	4
12	Z	4. 7. 2018	23.02	0
		5. 7. 2018	21.55	1
		6. 9. 2018	20.15	0
		11. 9. 2018	23.30	1
		12. 9. 2018	6.57	0
		26. 9. 2018	20.25	2
13	N	4. 7. 2018	23.10	7
		5. 7. 2018	22.00	3
		6. 9. 2018	20.20	5
		11. 9. 2018	23.35	7
		12. 9. 2018	7.05	2
		26. 9. 2018	20.33	7

Št.	Merilno mesto	Datum in čas meritve		Koncentracija vonja [EV/m ³]
14	L	4. 7. 2018	23.15	5
		5. 7. 2018	22.10	3
		6. 9. 2018	20.25	1
		11. 9. 2018	23.40	2
		12. 9. 2018	7.10	0
		26. 9. 2018	20.40	7
15	J	4. 7. 2018	23.20	1
		5. 7. 2018	22.18	2
		6. 9. 2018	20.30	1
		11. 9. 2018	23.45	3
		12. 9. 2018	7.18	2
		26. 9. 2018	20.48	4
16	I	4. 7. 2018	23.30	7
		5. 7. 2018	22.25	4
		6. 9. 2018	20.40	5
		11. 9. 2018	23.55	9
		12. 9. 2018	7.28	5
		26. 9. 2018	20.55	5
17	F	4. 7. 2018	23.40	9
		5. 7. 2018	22.35	3
		6. 9. 2018	20.50	11
		12. 9. 2018	00.00	0
		12. 9. 2018	7.31	4
		26. 9. 2018	21.02	2
18	C	4. 7. 2018	23.44	0
		5. 7. 2018	22.38	0
		6. 9. 2018	20.54	0
		12. 9. 2018	00.05	0
		12. 9. 2018	7.35	0
		26. 9. 2018	21.05	0
19	H	4. 7. 2018	23.50	3
		5. 7. 2018	22.45	2
		6. 9. 2018	21.00	3
		12. 9. 2018	00.10	4
		12. 9. 2018	7.45	2
		26. 9. 2018	21.12	3
20	E	4. 7. 2018	23.53	0
		5. 7. 2018	22.50	0
		6. 9. 2018	21.05	0
		12. 9. 2018	00.13	0

Št.	Merilno mesto	Datum in čas meritve		Koncentracija vonja [EV/m ³]
		12. 9. 2018	7.50	0
		26. 9. 2018	21.17	0
21	U	4. 7. 2018	00.00	2
		5. 7. 2018	23.00	1
		6. 9. 2018	21.10	1
		12. 9. 2018	00.16	0
		12. 9. 2018	7.54	0
		26. 9. 2018	21.23	1
22	V	5. 7. 2018	00.10	2
		5. 7. 2018	23.10	1
		6. 9. 2018	21.13	0
		12. 9. 2018	00.21	1
		12. 9. 2018	7.58	0
		26. 9. 2018	21.26	0
23	X	5. 7. 2018	00.15	0
		5. 7. 2018	23.14	0
		6. 9. 2018	21.15	0
		12. 9. 2018	00.24	0
		12. 9. 2018	8.12	0
		26. 9. 2018	21.30	0
24	Y	5. 7. 2018	00.20	0
		5. 7. 2018	23.18	0
		6. 9. 2018	21.20	0
		12. 9. 2018	00.28	0
		12. 9. 2018	8.15	0
		26. 9. 2018	21.33	0
25	W	5. 7. 2018	00.25	0
		5. 7. 2018	23.25	0
		6. 9. 2018	21.25	0
		12. 9. 2018	00.31	0
		12. 9. 2018	8.18	0
		26. 9. 2018	21.36	0
26	Q	5. 7. 2018	00.35	0
		5. 7. 2018	23.30	0
		6. 9. 2018	21.30	0
		12. 9. 2018	00.35	0
		12. 9. 2018	8.25	0
		26. 9. 2018	21.40	0

PRILOGA 5: Uporaba disperzijskega modela

Za modeliranje širjenja vonja na referenčnem področju je bil v sklopu projekta uporabljen modelski sistem CALPUFF. Za izračun vetrovnih polj so bile uporabljene meteorološke meritve, ki so na referenčnem področju potekale deset mesecev in meteorološki podatki vertikalnega profila atmosfere, ki jih je zagotovila Agencija RS za okolje. V modelu so bili uporabljeni tudi podatki o rabi tal in terenu.

Meritve emisij vonja iz treh virov na referenčnem področju so bile izvedene v sklopu preizkusa merilnih metod, za potrebe verifikacije modelskih izračunov pa so bile izvedene meritve s prenosnim olfaktometrom. Poudarek izračunov širjenja vonja na območju vrednotenja je bil predvsem na obravnavanju motečega vonja na majhni časovni skali, saj tipično vdih človeka traja nekaj sekund. Tu se kaže tudi glavna razlika med vonjem in nekaterimi onesnaževali za katere so predpisane mejne vrednosti. Človek slednjih pogosto ne zazna, čeprav poteka širjenje vseh onesnaževal v ozračju podobno. Poznavanje povprečne urne obremenjenosti z vonjem je sicer pomembno, vendar pa so ključnega pomena podatki o maksimalni obremenitvi, ki je večinoma kratkotrajna, in pogostosti pojavljanja motečega vonja. Za izračun kratkotrajno povišanih koncentracij vonja sta uveljavljena predvsem dva pristopa. Prva, enostavnejša metoda, predlaga za izračun kratkotrajno povišanih koncentracij vonja iz povprečnih urnih koncentracij konstantno vrednost, medtem ko druga metoda predvideva potenčno odvisno vrednost. Ker je razmerje odvisno predvsem od stabilnosti ozračja, so izračuni, ki upoštevajo potenčno odvisnost bolj natančni.

V večini državah so predpisane mejne vrednosti koncentracij vonja in dovoljen čas obremenitve z motečim vonjem v zunanjem zraku. Predpisi torej narekujejo mejno koncentracijo vonja, ki sme biti presežena določeno število ur ali dni v enem letu.

1. Opis modelskega sistema

Pri širjenju onesnaženja oziroma neprijetnih vonjav v zunanjem zraku sta pomembna predvsem dva fizikalna pojava: advekcija plinov (odpadnih) v smeri vetra in disperzija plinov prečno na smer vetra. Za pravičen opis advekcije so nujno potrebna polja vetra v treh dimenzijah, s katerimi opišemo smer potovanja primesi v zraku. Disperzija je povezana s stabilnostjo ozračja. V stabilnem ozračju je širjenje primesi prečno na smer vetra oteženo, zato primesi potujejo v snopu in se slabo mešajo z zunanjim zrakom. V nestabilnem ozračju pa je mešanje primesi v okolico zelo intenzivno in lahko opazimo hitro redčenje. Stabilnost ozračja lahko najlažje opišemo z vertikalnim potekom temperature zraka; ko temperatura zraka v odvisnosti od višine narašča, je ozračje zelo stabilno, ko temperatura v odvisnosti od višine hitro pada, pa je ozračje nestabilno.

Modelski izračuni širjenja vonjav v zunanjem zraku so bili izvedeni z modelskim sistemom CALPUFF. Modelski sistem CALPUFF je po priporočilih Ameriške Okoljske Agencije (ang. 'Environmental Protection Agency' - EPA) primeren za izdelavo modelskih izračunov širjenja primesi v zunanjem zraku nad kompleksnim terenom na lokalni prostorski skali, kot tudi za pripravo izračunov na daljših razdaljah. Primeren je torej povsod, kjer je v izračunih potrebno upoštevati nehomogena vetrovna polja in statično modeliranje z Gaussovimi modeli zato ni primerno.

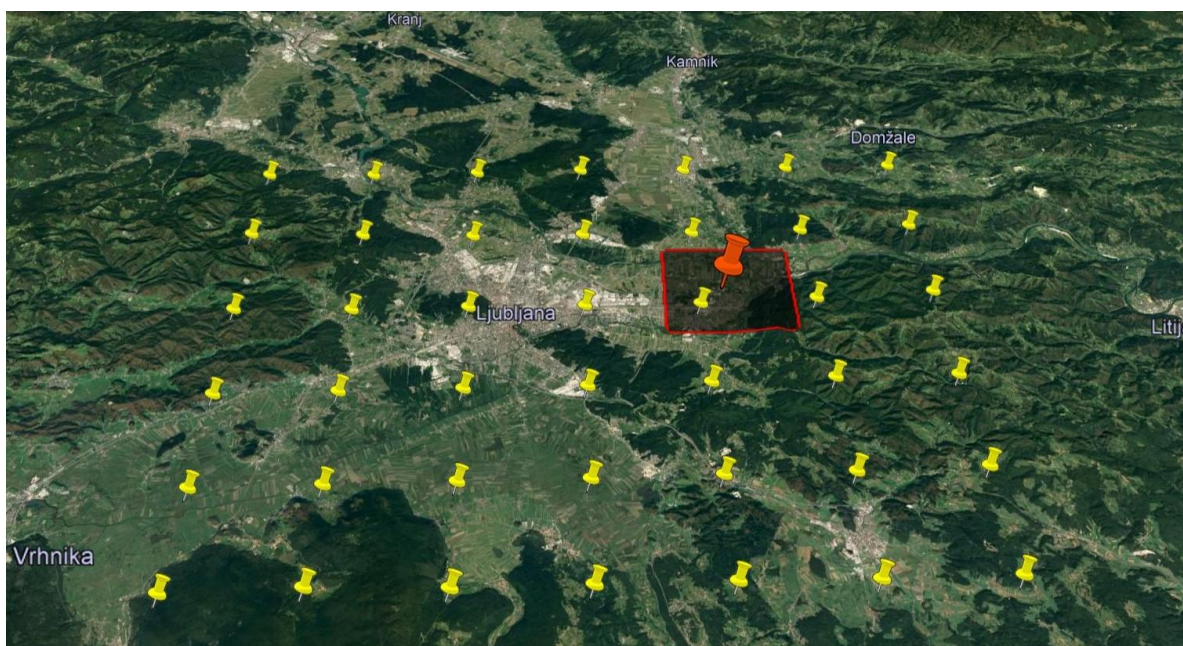
Modelski sistem CALPUFF je sestavljen iz diagnostičnega vetrovnega modela CALMET in iz Lagrangeevega paketnega modela CALPUFF. Z modelom CALMET je mogoče pripraviti vetrovna polja na lokalni prostorski skali, kjer na gibanje

zračnih mas pomembno vpliva potek dolin ter ovir v terenu. Za izračun vetrovnih polj so nujno potrebne meteorološke meritve temperature zraka, relativne vlažnosti, zračnega tlaka ter smeri in hitrosti vetra na vsaj eni meteorološki postaji, lahko pa uporabimo podatke iz več različnih postaj. Poleg tega je za izračun nujen tudi vertikalni profil meteoroloških podatkov, ki ga lahko pridobimo iz radio-sondažnih meritev ali iz napovedi mezoskalnih meteoroloških modelov. S pomočjo vertikalnega profila meteoroloških podatkov v modelske izračune na lokalni prostorski skali prenesemo informacije o vertikalnem poteku temperature, morebitnem pojavu temperaturne inverzije ter informacije o vetrovnih strženih, ki podajajo, kako se smer in hitrost vetra spreminjata v odvisnosti od višine.

Model CALPUFF je model Lagrangeevega tipa, kar pomeni, da paketi primesi v prostoru potujejo neodvisno od postavljene modelske mreže. Takšen dinamičen pristop omogoča, da se v izračunih lahko upoštevajo prostorsko nehomogena polja meteoroloških spremenljivk. Model CALPUFF je primeren za modeliranje širjenja primesi v zunanjem zraku nad razgibanim in kompleksnim terenom ter tudi v situacijah z nizkimi hitrostmi vetra in s temperaturno inverzijo.

1.1. Modelska mreža

Za izračune vetrovnih polj v treh dimenzijah sta bili definirani dve modelski mreži. Večja je bila določena skladno z modelsko mrežo modela ALADIN, ki ga uporabljajo za izračun vetrovnih polj na Agenciji RS za okolje. Prostorska resolucija te mreže je 4,4 km. Izračuni širjenja vonja v zunanjem zraku so bili izvedeni na referenčnem območju dimenzij 4,8 km × 4,8 km s prostorsko resolucijo 40 m. Referenčna lokacija je na spodnjih slikah označena z oznako rdeče barve, oznake rumene barve označujejo računsko mrežo modela ALADIN, računsko mrežo za izračun koncentracij vonja pa s črno barvo in obrobo rdeče barve.



Slika 14: Modelska mreža.



Slika 15: Natančnejša modelska mreža s prostorsko resolucijo 40 m.

2. Vhodni podatki

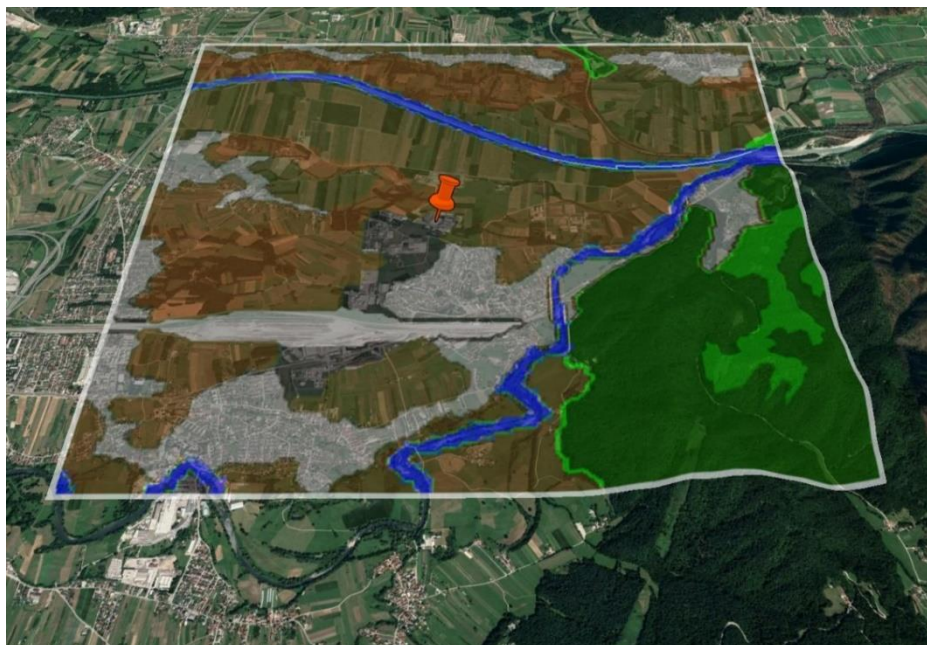
2.1. Meteorološki podatki

Širjenje vonja v zunanjem zraku je odvisno predvsem od meteorološki razmer, zato morajo biti te opravljene z ustrezno umerjeno merilno opremo. V okviru projekta je bila na referenčni lokaciji postavljena meteorološka postaja, ki je merila podatke o gibanju zraka, temperaturi, relativni vlažnosti in zračnem pritisku 10 mesecev. Meritve gibanja zraka v treh dimenzijah so bile izvedene z uporabo ultrazvočnega anemometra, meritve temperature, relativne vlažnosti in zračnega pritiska pa z merilnikom, ki je bil predhodno umerjen na ARSO.

Meteorološki podatki o vertikalnem poteku temperature zraka, gibanju zraka in ostalih pomembnih podatkih so bili pridobljeni iz mezoskalnega modela ALADIN, ki ga uporablja Agencija RS za okolje. Prostorska resolucija teh podatkov je 4,4 km.

2.2. Teren in raba tal

Potek terena v okolici naprave vpliva na izračun 3D vetrovnih polj, ki bistveno vplivajo na same izračune širjenja primesi v zunanjem zraku. Na Sliki 16 je prikazana raba tal na referenčni lokaciji, ki je na zemljevidu označena z oznako rdeče barve. Sivi in črni barvni odtenki so uporabljeni za prikaz poseljenih in industrijskih območij. Različni odtenki rjave barve označujejo različne tipe obdelovalne površine, zelena barva je uporabljena za prikaz območij z gozdom, modra barva pa je uporabljena za prikaz vodnih površin. Raba tal se v modelskih izračunih uporabi za pripravo ocene o hrapavosti tal, ta pa vpliva na izračun vertikalnega poteka vetra v spodnjih plasteh ozračja.



Slika 16: Raba tal v okolici referenčne lokacije, ki je označena z oznako rdeče barve.

2.3. Podatki o emisijskih virih

Podatki o emisijskih virih so zbrani v Prilogi 3.

3. Izračuni širjenja vonja

Modelski izračuni širjenja vonjav so bili za potrebe validacije v prvem koraku izvedeni za emisijske vire, ki se nahajajo na referenčnem področju. Opravljena je bila primerjava rezultatov modelskih izračunov in meritev s prenosnim olfaktometrom, ki so opisane v Prilogi 4. Ko je bila pravilnost izračunov potrjena, so bili poleg izračunov koncentracij vonja v zunanjem zraku iz 6 emisijskih virov na referenčnem področju, izvedeni tudi izračuni širjenja vonja iz dodatnih 10 emisijskih virov iz različnih industrij; viri in emisije vonja so predstavljene v Prilogi 3.

Izračunane urne koncentracije vonja so bile korigirane z uporabo 4 različnih »p2m« metod, ki so natančneje opisane v poročilu pripravljenem v prvi fazi projekta. Metode temeljijo na treh različnih pristopih, in sicer z uporabo konstantnega faktorja »p2m« (dalje oznaka R), določenega empirično ali pa analitično. Faktorji določeno empirično in analitično v nasprotju s konstantnim faktorjem upoštevajo stabilnost atmosfere in oddaljenost od vira emisij.

Opravljene so bil primerjave rezultatov z uporabo naslednjih faktorjev:

- faktor je konstanten (4) v vseh točkah računske mreže; (Janicke *et al.*, 2004),
- faktor je določen empirično; odvisen je od stabilnosti ozračja (Smith *et al.*, 1973),
- faktor je določen empirično; odvisen je od stabilnosti ozračja in oddaljenosti od vira emisij (Piringer *et al.*, 2015),
- faktor je izpeljan analitično; odvisen je od stabilnosti ozračja in oddaljenosti od vira emisij (Oettl *et al.*, 2017).

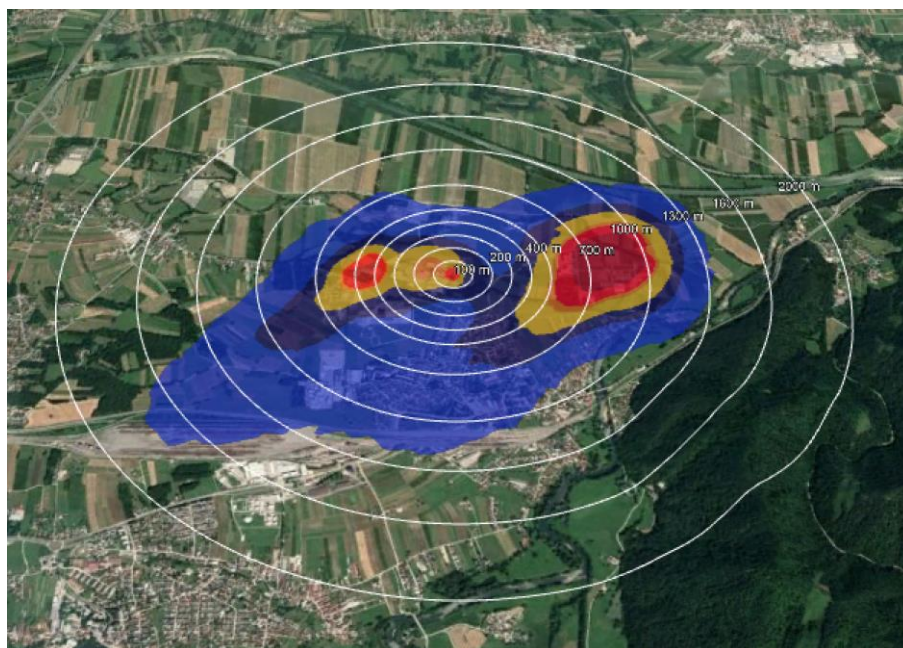
Metode, ki upoštevajo stabilnost ozračja in oddaljenost od vira emisij so bile predhodno preverjene. Povprečni časovni interval modelskih izračunov je bil v vseh primerih 1 ura, dolžina kratkotrajnega časovnega intervala koncentracij vonja pa 6 minut in 5 sekund. Minimalni in maksimalni faktorji za 6 minutne in 5 sekundne intervale kratkotrajno povišanih koncentracij vonja so prikazani v spodnji tabeli. Za potrebe primerjave med metodami je v tabelo vključena tudi metoda, ki predvideva konstantni faktor 4.

Tabela 23. Faktorji R (»p2m«).

Metoda	$t_p=6 \text{ min}; t_m=1 \text{ h}$		$t_p=5 \text{ s}; t_m=1 \text{ h}$	
	min R	max R	min R	max R
Janicke, 2004	4,00	4,00	4,00	4,00
Smith, 1973	1,51	4,79	3,27	87,70
Piringer, 2015	1,00	4,66	1,00	84,84
Oettl, 2017	1,50	4,02	1,50	169,04

Ponovna primerjava izračunanih koncentracij vonja in meritev na terenu s prenosnim olfaktometrom kaže, da sta za uporabo najprimernejši zadnji dve metodi iz zgornje tabele. V nasprotju z metodo, ki predlaga faktor 4, se faktorji izračunani po teh dveh metodah na referenčnem področju spreminjajo zvezno med 1,00 in 4,66 oziroma med 1,50 in 4,02.

Mejne vrednosti obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem na referenčnem območju, ki jih predlagamo v nadaljevanju, temeljijo na primerjavi povprečnih urnih koncentracij vonja in maksimalnih urnih koncentracij vonja z upoštevanjem vseh metod »p2m« iz zgornje tabele (faktorji v drugem in tretjem stolpcu) ter različnih pragovih sprejemljivosti izraženih kot 90, 95, 97, 98, 99 in 99,5 percentil, ki se pogosto pojavljajo v državah z urejeno zakonodajo na področju vonja. Primer izračunanih koncentracij vonja na referenčnem področju je prikazan na spodnji sliki. Rezultati so grafično prikazani v programu Google Earth in priloženi faznim poročilom.



Slika 17: Polje izračunanih koncentracij vonja na referenčnem območju pri pragu sprejemljivosti 98 percentil.

Republika Slovenija
Ministrstvo za okolje in prostor RS

Določitev mejnih vrednosti obremenjenosti zunanjega zraka z motečim vonjem

Poročilo po zaključeni 3. fazi projekta

Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor RS

Izvajalci: Studio okolje d.o.o.

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Ljubljana, november 2019

OSNOVNI PODATKI

Naročnik: **Ministrstvo za okolje in prostor MOP**

Dunajska 48

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: g. Tone Kvasič

Kontaktna oseba: g. Tone Kvasič

Izvajalci: **Studio okolje d.o.o.**

Veterinarska fakulteta UL

Fakulteta za strojništvo UL

Datum izvedbe: I. 2018

Datum poročila: 22. 11. 2019

Oznaka poročila: MOP – MV – 3. FAZA

Izdelava poročila: Žiga Šveglj, univ. dipl. meteo.

Martin Dobeic, prof. dr.

Vincenc Butala, prof. dr.

Matjaž Prek, doc. dr.

IZJAVA

Poročila se brez pisnega dovoljenja izvajalcev ne sme reproducirati.

1 Povzetek dela v tretji fazi projekta

Namen tretje faze priprave strokovnih podlag za vzpostavitev sistema za obvladovanje obremenjenosti zunanjega zraka z motečim vonjem je bil predlagati mejne vrednosti, ki opredeljujejo sprejemljivo raven izpostavljenosti motečemu vonju v zunanjem zraku.

Predlagane mejne vrednosti v nadaljevanju so bile določene z upoštevanjem predpisov, ki urejajo področje motečih vonjav v državah Evropske unije in drugih državah, temeljijo pa na:

- rezultatih in analizah meritev,
- modelskih izračunih in
- rezultatih in analizah izvedenih anket

po izbranih metodologijah v drugi fazi projekta. Ugotovitve iz druge faze so bile pri oblikovanju mejnih vrednosti ključnega pomena, saj zajemajo lastnosti družbe in z njo povezanimi gospodarskimi dejavnostmi v Sloveniji ter specifične meteorološke razmere tega področja. Cilji določanja mejnih vrednosti so bili torej prilagajanje mejnih vrednosti značilnostim Slovenije, njihova izvedljivost in finančna vzdržnost predvidenih ukrepov.

2 Predlog mejnih vrednosti za moteče vonjave v zunanjem zraku

Predlog mejnih vrednosti obremenjenosti zunanjega zraka z motečim vonjem predvideva mejne koncentracije vonja na območjih razvrščenih glede na namen rabe prostora. Območja rabe razdelimo v dve stopnji varstva pred motečim vonjem, in sicer:

- a) **I. stopnjo varstva pred motečim vonjem**, ki obsega naslednja območja podrobnejše namenske rabe prostora:
 - območje stanovanj: stanovanjske površine, stanovanjske površine za posebne namene ali površine počitniških hiš,
 - območje centralnih dejavnosti: površine za zdravstvo v neposredni okolici bolnišnic, zdravilišč in okrevališč,
 - območje zelenih površin: površine za oddih, rekreacijo in šport, parki, površine za vrtičkarstvo, druge urejene zelene površine ali pokopališča, in
 - posebno območje: površine za turizem;

- b) **II. stopnjo varstva pred motečim vonjem**, ki obsega naslednja območja podrobnejše namenske rabe prostora:
 - območje proizvodnih dejavnosti: površine za industrijo, gospodarske cone ali površine z objekti za industrijsko proizvodnjo,
 - območje prometne infrastrukture,

- območje energetske infrastrukture,
- kmetijske površine,
- območje okoljske infrastrukture,
- območje vodne infrastrukture,
- območje mineralnih surovin: vse površine.

2.1 Določitev mejnih vrednosti na podlagi ofenzivnosti vonja

Mejne vrednosti določimo z uporabo hedoničnega tona, ki je merilo prijetnosti oziroma neprijetnosti vonja pri dani koncentraciji vonja. Čeprav je bilo razvitih več metod za ocenjevanje hedoničnega tona, se v praksi pogosto uporablja 9 stopenjska številna lestvica v intervalu med – 4 in 4, kjer predstavlja -4 izredno neprijeten vonj, 4 pa izredno prijeten vonj. Za potrebe določanja mejnih vrednosti uporabimo 4 stopnje ofenzivnosti, in sicer:

- majhna stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -1 in 1),
- srednja stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -2 in 2),
- velika stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -3 in 3),
- izredna stopnja ofenzivnosti (hedonični ton stopenj -4 in 4).

Tabela 1. Razvrstitev emisijskih virov glede na hedonični ton oziroma ofenzivnost vonja.

Stopnja ofenzivnosti vonja	Primer emisijskega vira
majhna	proizvodnja krme, livarna, pekarna, pražarna kave
srednja	objekt za rejo kokoši, objekt za rejo brojlerjev, bencinska črpalka, objekt za rejo govedu, rudnik premoga, čistilna naprava, tiskarna, proizvodnja hrane, kmetijska gospodarstva
velika	objekt za rejo prašičev, klavnica, pivovarna, kemična industrija, proizvodnja plastičnih folij in predelava smol in plastike, lakirnica, odlagališče odpadkov, centri za ravnanje z odpadki
izredna	elektrarna na bioplin, obrat za predelavo živalskih stranskih proizvodov, objekt za kompostiranje

2.1.1 Mejne vrednosti za območje I

Tabela 2. Mejne vrednosti motečih vonjav v odvisnosti od ofenzivnosti vonja za obstoječe naprave na območju I.

Stopnja ofenzivnosti vonja	C_m [EV/m ³] ¹	Prag sprejemljivosti v percentilih ²	Odstotek časa v letu pod mejno koncentracijo	Dovoljen odstotek časa v letu nad mejno koncentracijo
majhna	4	98	98	2
srednja	3	98	98	2
velika	2	98	98	2
izredna	1	98	98	2

¹ mejna koncentracija vonja C_m izražena v enotah vonja v kubičnem metru zraka [EV/m³]

² odstotek časa v obdobju enega leta, ko območje ne sme biti obremenjeno s koncentracijami motečih vonjav višjimi od predpisane koncentracije vonja C_m

Primer uporabe: Predpostavimo, da je stopnja ofenzivnosti motečega vonja velika. Za veliko stopnjo ofenzivnosti vonja je predpisana mejna koncentracija 2 EV/m³ in prag sprejemljivosti 98 percentil. To pomeni, da morajo biti koncentracije vonja 98 odstotkov časa v obdobju enega leta pod 2 EV/m³, 2 odstotka časa v obdobju enega leta pa koncentracije vonja lahko presežejo predpisano mejno koncentracijo 2 EV/m³.

Tabela 3. Mejne vrednosti motečih vonjav v odvisnosti od ofenzivnosti vonja za nove naprave na območju I.

Stopnja ofenzivnosti vonja	C_m [EV/m ³] ¹	Prag sprejemljivosti v percentilih ²	Odstotek časa v letu pod mejno koncentracijo	Dovoljen odstotek časa v letu nad mejno koncentracijo
majhna	4	99	99	1
srednja	3	99	99	1
velika	2	99	99	1
izredna	1	99	99	1

¹ mejna koncentracija vonja C_m izražena v enotah vonja v kubičnem metru zraka [EV/m³]

² odstotek časa v obdobju enega leta, ko območje ne sme biti obremenjeno s koncentracijami motečih vonjav višjimi od predpisane koncentracije vonja C_m

Primer uporabe: Predpostavimo, da je stopnja ofenzivnosti motečega vonja velika. Za veliko stopnjo ofenzivnosti vonja je predpisana mejna koncentracija 2 EV/m³ in prag sprejemljivosti 99 percentil. To pomeni, da morajo biti koncentracije vonja 99 odstotkov časa v obdobju enega leta pod 2 EV/m³, 1 odstotek časa v obdobju enega leta pa koncentracije vonja lahko presežejo predpisano mejno koncentracijo 2 EV/m³.

2.1.2 Mejne vrednosti za območje II

Tabela 4. Mejne vrednosti motečih vonjav v odvisnosti od ofenzivnosti vonja za obstoječe naprave na območju II.

Stopnja ofenzivnosti vonja	C_m [EV/m ³] ¹	Prag sprejemljivosti v percentilih ²	Odstotek časa v letu pod mejno koncentracijo	Dovoljen odstotek časa v letu nad mejno koncentracijo
majhna	4	90	90	10
srednja	3	90	90	10
velika	2	90	90	10
izredna	1	90	90	10

¹ mejna koncentracija vonja C_m izražena v enotah vonja v kubičnem metru zraka [EV/m³]

² odstotek časa v obdobju enega leta, ko območje ne sme biti obremenjeno s koncentracijami motečih vonjav višjimi od predpisane koncentracije vonja C_m

Primer uporabe: Predpostavimo, da je stopnja ofenzivnosti motečega vonja velika. Za veliko stopnjo ofenzivnosti vonja je predpisana mejna koncentracija 2 EV/m³ in prag sprejemljivosti 90 percentil. To pomeni, da morajo biti koncentracije vonja 90 odstotkov časa v obdobju enega leta pod 2 EV/m³, 10 odstotkov časa v obdobju enega leta pa koncentracije vonja lahko presežejo predpisano mejno koncentracijo 2 EV/m³.

Tabela 5. Mejne vrednosti motečih vonjav v odvisnosti od ofenzivnosti vonja za obstoječe naprave na območju II.

Stopnja ofenzivnosti vonja	C_m [EV/m ³] ¹	Prag sprejemljivosti v percentilih ²	Odstotek časa v letu pod mejno koncentracijo	Dovoljen odstotek časa v letu nad mejno koncentracijo
majhna	4	95	95	5
srednja	3	95	95	5
velika	2	95	95	5
izredna	1	95	95	5

¹ mejna koncentracija vonja C_m izražena v enotah vonja v kubičnem metru zraka [EV/m³]

² odstotek časa v obdobju enega leta, ko območje ne sme biti obremenjeno s koncentracijami motečih vonjav višjimi od predpisane koncentracije vonja C_m

Primer uporabe: Predpostavimo, da je stopnja ofenzivnosti motečega vonja velika. Za veliko stopnjo ofenzivnosti vonja je predpisana mejna koncentracija 2 EV/m³ in prag sprejemljivosti 95 percentil. To pomeni, da morajo biti koncentracije vonja 95 odstotkov časa v obdobju enega leta pod 2 EV/m³, 5 odstotkov časa v obdobju enega leta pa koncentracije vonja lahko presežejo predpisano mejno koncentracijo 2 EV/m³.