KESKLABOR
Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB
Estonian Environmental Research Centre

Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus

2013 a. aruanne

Tallinn 2013

Kesklabor
Central Lab

KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS

Töö nimetus:

Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus: 2013 a. aruanne

Töö autorid

Erik Teinemaa ,Marek Maasikmets, Katri Saare, Keio Vainumäe, Tarvo Arumäe, Toivo Truuts

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Marja 4D
Tallinn, 10617
Tel. 6112 900
Fax. 6112 901
info@klab.ee
www.klab.ee

Töö valmimisaeg: 31.12.2013

Käesolev töö on koostatud ja esitatud kasutamiseks tervikuna. Töös ja selle lisades esitatud kaardid, joonised, arvutused on autoriõiguse objekt ning selle kasutamisel tuleb järgida autoriõiguse seaduses sätestatud korda. Töö omandamine, trükkimine ja/või levitamine ärilistel eesmärkidel on ilma Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kirjaliku nõusolekuta keelatud. Töös toodud info kasutamine õppe- ja mitteärilistel eesmärkidel on lubatud, kui viidatakse algallikale. Andmete kasutamisel tuleb viidata nende loojale.

Sisukord

1 Sissejuhatus 8

2 Välisõhu kvaliteedi hinnangud ja uuringud 8

2.1 Kasutatavad seadmed ja metoodika 9

2.2 Mõõtmistulemused: Haabersti linnaosa 10

2.2.1 Mõõtmistulemused 12

2.3 Loomapidamisest eralduvate saasteainete mõõtmised 15

2.3.1 Mõõtmistulemused: Vorbuse veisefarm 17

2.3.2 Mõõtmistulemused: Säkna seafarm 26

2.3.3 Passiivproovlite mõõtekampaania 30

2.4 NH_3 lendumine sõnnikuhoidlatest 53

2.5 Mõõtmistulemused: Tartu valumehaanika 58

2.6 Mõõtmistulemused 60

3 Rahvusvaheline koostöö, aruandlus ja kohustused 79

4 Süsteemi uuendamine ja täiendamine 80

4.1 Kaardirakenduse avalik kasutamine 80

4.2 Emissioonide andmebaasi struktuuri muutmine 81

5 Planeeritud mõõtmised probleemsetes piirkondades 81

6 Kokkuvõte ja plaanid 83

7 Kasutatud kirjandus 84

Joonised

Joonis 1 Mõõtepunkti asukoht ... 10

Joonis 2 Mõõtepunkti fotod ... 11

Joonis 3 Tuulte roos, 03.12.12-15.04.2013 ... 12

Joonis 4 CO tunnikeskmine kontsentratsioon ... 13

Joonis 5 NO_2 tunnikeskmine kontsentratsioon ... 13

Joonis 6 $PM_{2.5}$ tunnikeskmine kontsentratsioon ... 14

Joonis 7 $PM_{2.5}$ 24 h keskmine kontsentratsioon ... 14

Joonis 8 Mobair mõõtepunktide asukoht Vorbusel ... 17

Joonis 9 NH_3 1h keskmised kontsentratsioonid ... 18

Joonis 10 NH_3 24h keskmised kontsentratsioonid ... 19

Joonis 11 H_2S 1h keskmised kontsentratsioonid ... 20

Joonis 12 H_2S 24h keskmised kontsentratsioonid ... 20

Joonis 13 CH_4 1h keskmised kontsentratsioonid ... 21

Joonis 14 NMHC 1h keskmised kontsentratsioonid ... 22

Joonis 15 NMHC 24h keskmised kontsentratsioonid ... 22

Joonis 16 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid ... 23

Joonis 17 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid Vorbusel, Mobair 1 ... 24

Joonis 18 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid Vorbusel, Mobair 2 ... 24

Joonis 19 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 1 ... 25

Joonis 20 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 2 ... 25

Joonis 21 Mobair mõõtepunktide asukoht Säknas ... 26

Joonis 22 NH_3 1h keskmised kontsentratsioonid ... 27

Joonis 23 NH_3 24h keskmised kontsentratsioonid ... 28

Joonis 24 H_2S 1h keskmised kontsentratsioonid 29

Joonis 25 H_2S 24h keskmised kontsentratsioonid 29

Joonis 26 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid 30

Joonis 27 H2S tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Vorbuse) 31

Joonis 28 H2S tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Vorbuse) 32

Joonis 29 H2S tasemed (µg/m^3) 3 mõõtekampaania vältel (Vorbuse) 33

Joonis 30 NH3 tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Vorbuse) 34

Joonis 31 NH3 tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Vorbuse) 35

Joonis 32 NH3 tasemed (µg/m^3) 3 mõõtekampaania vältel (Vorbuse) 36

Joonis 33 H2S tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Säkna) 37

Joonis 34 H2S tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Säkna) 38

Joonis 35 H2S tasemed (µg/m^3) 3 mõõtekampaania vältel (Säkna) 39

Joonis 36 NH3 tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Säkna) 40

Joonis 37 NH3 tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Säkna) 41

Joonis 38 NH_3 summaarne saastevoog Vorbusel 42

Joonis 39 NH_3 summaarne saastevoog Säknas 43

Joonis 40 H_2S summaarne saastevoog Vorbusel 43

Joonis 41 H_2S summaarne saastevoog Säknas 44

Joonis 42 CH_4 summaarne saastevoog Vorbusel 45

Joonis 43 CH_4 summaarne saastevoog Säknas 45

Joonis 44 NMHC summaarne saastevoog Vorbusel 46

Joonis 45 NMHC summaarne saastevoog Säknas 47

Joonis 46 NO_2 summaarne saastevoog Vorbusel 47

Joonis 47 NO_2 summaarne saastevoog Säknas 48

Joonis 48 O_3 summaarne saastevoog Vorbusel 49

Joonis 49 O_3 summaarne saastevoog Säknas 49

Joonis 50 PM_{10} summaarne saastevoog Vorbusel 50

Joonis 51 PM_{10} summaarne saastevoog Säknas 50

Joonis 52 SO_2 summaarne saastevoog Vorbusel 51

Joonis 53 SO_2 summaarne saastevoog Säknas 52

Joonis 54 Vorbuse modelleeritud ja mõõdetud NH_3 tasemed Mobair1 mõõtepunktis 54

Joonis 55 Säkna modelleeritud ja mõõdetud NH_3 tasemed Mobair2 mõõtepunktis 54

Joonis 56 Mobair mõõtepunktide asukoht Tartus 59

Joonis 57 NO_2 tunnikeskmised kontsentratsioonid 61

Joonis 58 SO_2 tunnikeskmised kontsentratsioonid 62

Joonis 59 O_3 8h libisev keskmine kontsentratsioon 62

Joonis 60 CO 8 h libisev keskmine kontsentratsioon 63

Joonis 61 NH_3 1h keskmised kontsentratsioonid 64

Joonis 62 NH_3 24h keskmised kontsentratsioonid 64

Joonis 63 H_2S 1h keskmised kontsentratsioonid 65

Joonis 64 H_2S 24h keskmised kontsentratsioonid 65

Joonis 65 NMHC 1h keskmised kontsentratsioonid 66

Joonis 66 NMHC 24h keskmised kontsentratsioonid 66

Joonis 67 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid 67

Joonis 68 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid, Mobair 1 68

Joonis 69 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid, Mobair 2 69

Joonis 70 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 1 70

Joonis 71 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 2 70

Joonis 72 CO summaarne saastevoog 71

Joonis 73 O3 summaarne saastevoog 72

Joonis 74 NO2 summaarne saastevoog 73

Joonis 75 SO2 summaarne saastevoog 74

Joonis 76 PM10 summaarne saastevoog 75

Joonis 77 NMHC summaarne saastevoog 76

Joonis 78 NH3 summaarne saastevoog 77

Joonis 79 H2S summaarne saastevoog 78

Joonis 80 KLIS2 andmebaasi As saasteallikate kiht kaardirakenduses 80

Joonis 81 Saastetasemete kontrollarvutuste tööriist kaardirakenduses (arvutustulemus) 81

Tabelid

Tabel 1 Kasutatavad seadmed 9

Tabel 2 Tuulte esinemissagedus Vorbusel, % 18

Tabel 3 Tuulte esinemissagedus Säknas, % 27

Tabel 4 Vorbuse sõnnikuhoidla hetkeliste heitkoguste võrdlus 55

Tabel 5 Hoidlate NH_3 lendumisprotsentide võrdlus 56

Tabel 6 Tuulte esinemissagedus Tartus, % 60

1 Sissejuhatus

Vastavalt Keskkonnaministeeriumi ja Eesti Keskkonnauuringute Keskuse vahel sõlmitud lepingule nr 4-1.1/130 teostatakse erinevaid töid sealhulgas õhukvaliteedi mõõtmisi, suuremate linnade saastetasemete modelleerimist ja nende kajastamist õhukvaliteedi juhtimissüsteemi kodulehel, ettevõtete saastelubade kontrollarvutusi, süsteemi arendustöid, emissiooniandmebaaside täiendamist. Käesolev töö annab ülevaate lepingu raames 2013 a. jooksul teostatud töödest.

2 Välisõhu kvaliteedi hinnangud ja uuringud

Ajavahemikus 17.01.-15.04.2013 teostati välisõhu kvaliteedi mõõtmisi Tallinnas Haabersti linnaosas. Ajavahemikus 04.07.2013 – 09.09.2013 teostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ välisõhu kvaliteedi mõõtmisi AS Tartu Agrole kuuluvas Vorbuse veisefarmis ja AS Eksekole kuuluvas Säkna seafarmi territooriumidel. Ajavahemikus 13.09.2013 – 28.11.2013 teostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ välisõhu kvaliteedi mõõtmisi As Tartu Valumehaanika territooriumil.

Mõõtmiste läbiviimiseks kasutatakse täisautomaatsete analüsaatoritega varustatud teisaldatavat konteinerjaama, millega määratakse eriti peente osakeste, lämmastiku oksiidide ja süsinikoksiidi sisaldust välisõhus ning meteoroloogilisi parameetreid (tuule suund, tuule kiirus, välisõhu temperatuur, õhuniiskus). Mõõtmiste eesmärgiks on kohtkütte emissioonide andmebaasi valideerimine kombineerides mõõtmistulemusi hajumisarvutustega.

Mõõtmiste üheks eesmärgiks on anda ülevaade välisõhu saastatusest mõõdetud saasteainetega ning võrrelda tulemusi eelpool mainitud määruses kehtestatud piirväärtustega. Mõõtmistulemuste analüüsimisel lähtutakse keskkonnaministri 08.07.2011 määrusest nr 43 “Välisõhu saastatuse taseme piir- ja sihtväärtused, saasteaine sisalduse muud piirnormid ning nende saavutamise tähtajad“ (RT I, 12.07.2011, 3), kus saasteainete sisaldusele kehtivad piirnormid on aluseks välisõhu kvaliteedile hinnangu andmisel.

2.1 Kasutatavad seadmed ja metoodika

Saastetasemete määramiseks välisõhus kasutatakse teisaldatavat konteinerjaama, mis on varustatud täisautomaatsete õhuanalüsaatoritega. Reaalaja-analüüsis kasutatavad detektorid on enamasti optilised (põhinevad nähtava või sellele lähedase kiirguse neeldumisel või kiirgumisel), mis on piisavalt kiired ja töökindlad, et usaldusväärselt ja operatiivselt määrata tunni ja isegi tunduvalt lühema aja keskmisi kontsentratsioone (Tabel 1). Mõõtmised toimuvad iga viie minuti järel, mõõtmistulemused salvestatakse mõõtejaamas paiknevasse salvestusseadmesse ja kantakse tunnise intervalliga üle Eesti Keskkonnauuringute Keskuse serverisse.

Tabel 1 Kasutatavad seadmed

Mõõdetavad parameetrid	Sagedus	Kasutatav seade
Tuule suund ja kiirus, õhuniiskus, temperatuur	Pidev mõõtmine	Thies Clima meteoroloogiline mõõtejaam 10 m mastiga
Eriti peened osakesed	Pidev mõõtmine	Thermo Andersen FH 62 I-R
Lämmastiku oksiidid	Pidev mõõtmine	Horiba APNA 360
Süsinikoksiid	Pidev mõõtmine	Horiba APMA 360
Vääveldioksiid	Pidev mõõtmine	Horiba APSA 360
Peente osakeste fraktsioonid	Pidev mõõtmine	Grimm model 180

2.2 Mõõtmistulemused: Haabersti linnaosa

Välisõhu saastatust mõõdeti Tallinnas Haabersti linnaosas ajavahemikus 17.01-15.04.2013. Mõõtepunkt paiknes eramupiirkonnas ahiküttel eramute vahetus läheduses. Lähima eramu korsten paiknes konteinerist lõuna suunas. Mõõtepunkti asukoht on märgitud allolevale kaardile.

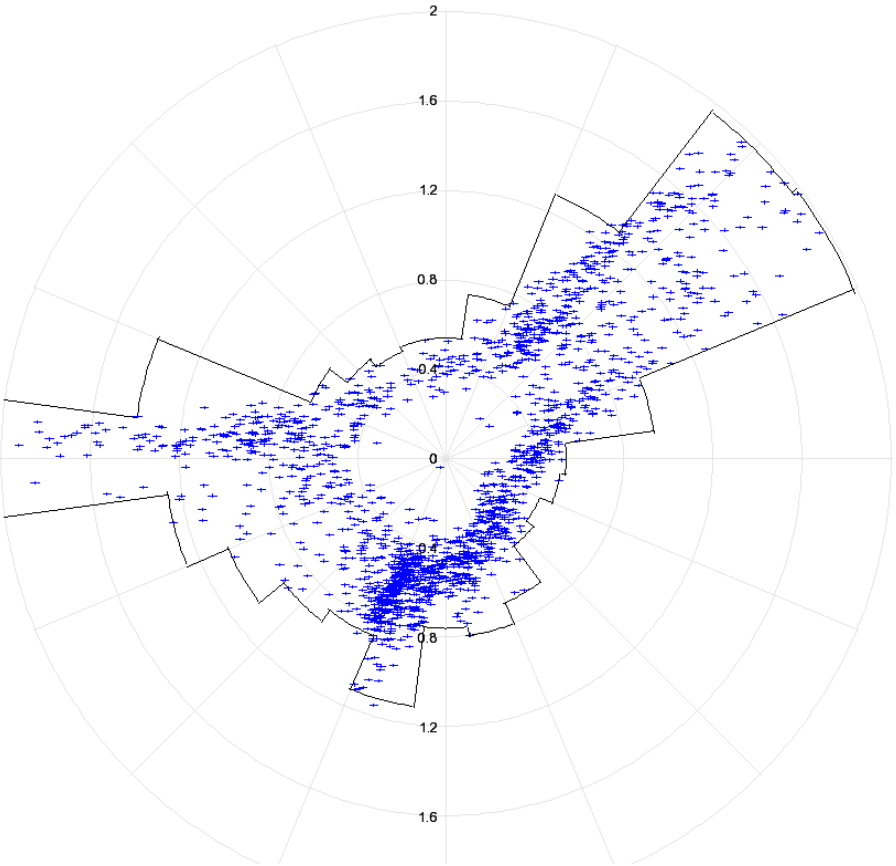
Joonis 1 Mõõtepunkti asukoht

Joonis 2 Mõõtepunkti fotod

2.2.1 Mõõtmistulemused

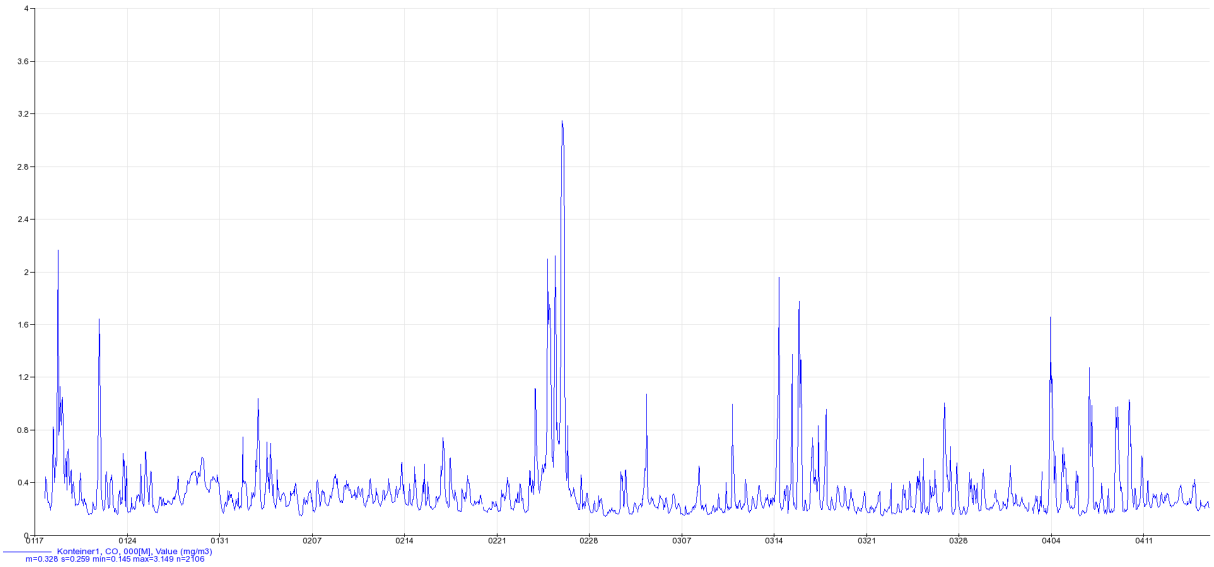
Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil, mõõteperioodi keskmine:

1. Keskmine õhutemperatuur -2,5 ^{0}C (miinimum -15 ^{0}C, maksimum 10 ^{0}C)
2. Keskmine tuule kiirus 0,7 m/s (maksimum 3,5 m/s)



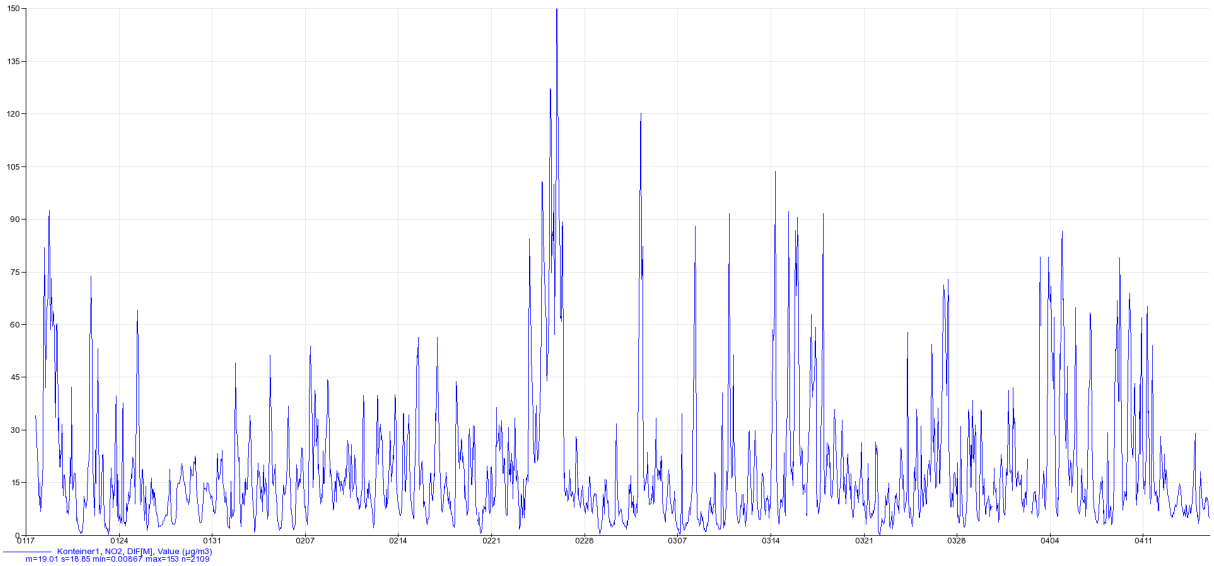
Joonis 3 Tuulte roos, 03.12.12-15.04.2013

Süsinikoksiidi (CO) maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon oli kuni 3,2 mg/m^3 ja mõõteperioodi keskmine süsinikoksiidi sisaldus välisõhus oli 0,32 mg/m^3.



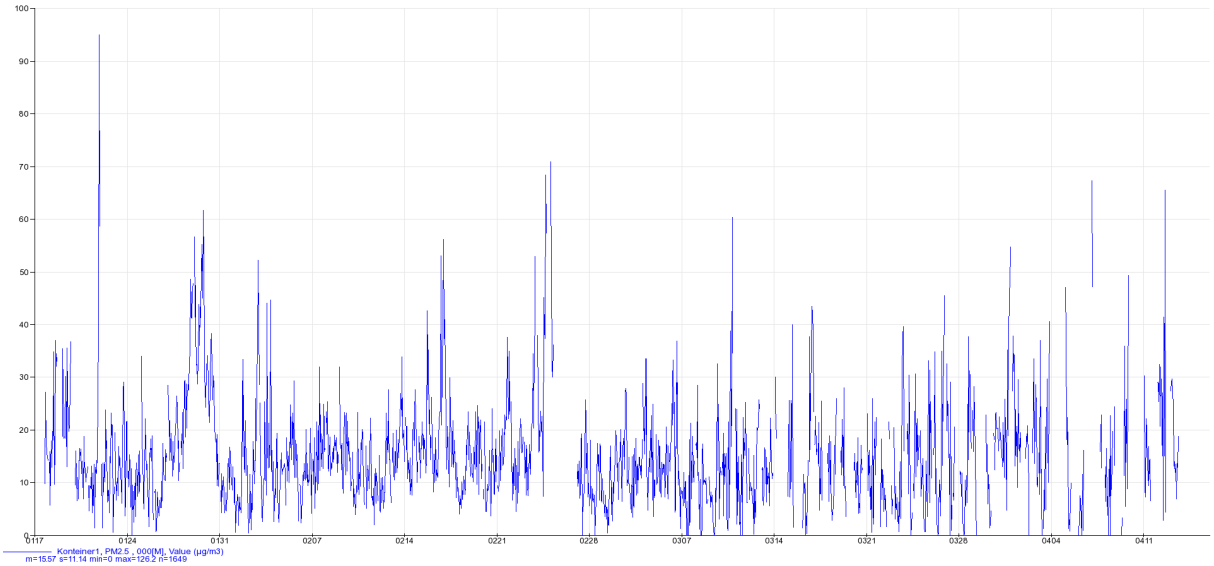
Joonis 4 CO tunnikeskmine kontsentratsioon

Lämmastikdioksiidi (NO_2) maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon oli kuni 153 mg/m^3 ja mõõteperioodi keskmine süsinikoksiidi sisaldus välisõhus oli 19 mg/m^3. Tase on kohtkütte piirkonna jaoks ebatavaliselt kõrge.

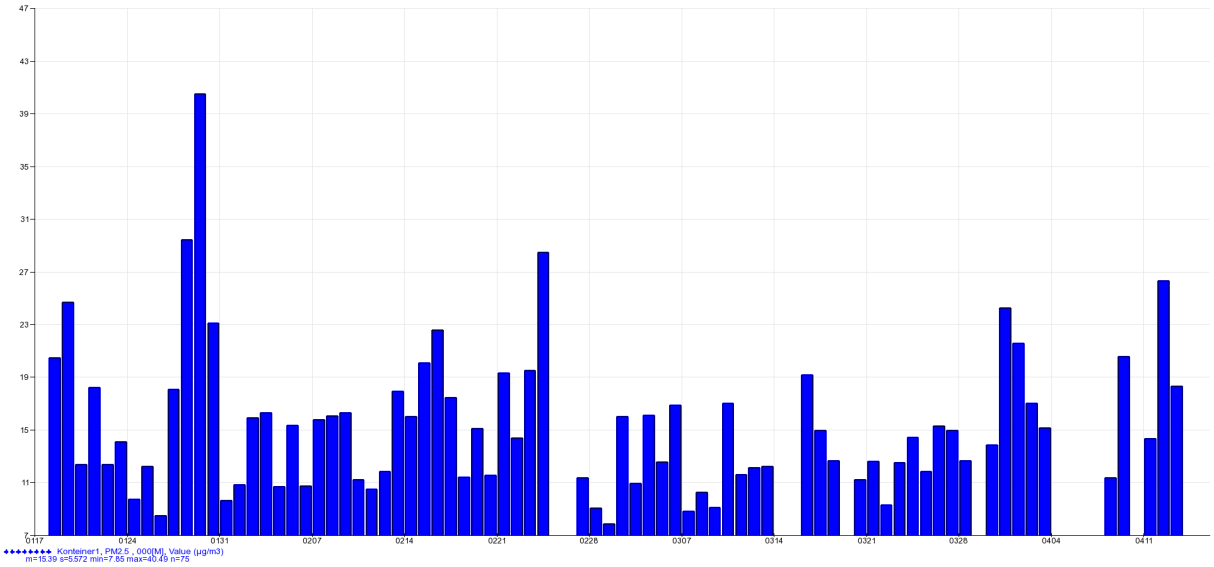


Joonis 5 NO_2 tunnikeskmine kontsentratsioon

Eriti peente osakeste ($PM_{2.5}$) maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon oli vastavalt 126 µg/m^3 ja 40,5 µg/m^3. Mõõteperioodi keskmine eriti peente osakeste sisaldus välisõhus oli 15,6 µg/m^3.



Joonis 6 $PM_{2.5}$ tunnikeskmine kontsentratsioon



Joonis 7 $PM_{2.5}$ 24 h keskmine kontsentratsioon

Saadud tulemusi kasutati Tallinna linnastu kohtkütte heitkoguste andmebaasi valideerimiseks hajumisarvutuste ja mõõtetulemuste võrdlemise kaudu.

2.3 Loomapidamisest eralduvate saasteainete mõõtmised

Ajavahemikus 04.07.2013 – 09.09.2013 teostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ välisõhu kvaliteedi mõõtmisi AS Tartu Agrole kuuluvas Vorbuse veisefarmis ja AS Eksekole kuuluvas Säkna seafarmi territooriumidel, mis oma tegevuse spetsiifikast lähtudes avaldavad välisõhu kvaliteedile mõju eelkõige ammoniaagi ja vesiniksulfiidi osas. NH_3 ja H_2S puhul on tegemist saasteainetega, mis on ärritava ja ebameeldiva lõhnaga ning kõrgemates kontsentratsioonides ka toksilised.

Mõõtekampaaniate peaeesmärgiks oli hinnata käitistest ja eelkõige hoidlatest lenduva NH_3 osakaalu (%). Selleks mõõdeti NH_3 kontsentratsioone käitiste läheduses olevas välisõhus (2 mõõtepunkti) ja viies mõõtepunktis passiivproovlitega. Seejärel koostati käitiste emissiooniandmebaas, mis põhines keskkonnaministri määruses nr 48 „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ toodud eriheidetel. Emissiooniandmebaaside põhjal teostati NH_3 hajumisarvutused ning võrreldi saadud tulemusi välisõhu mõõtetulemustega, sh passiivproovlite tulemustega. Lisaks teostati Vorbusel vedelsõnnikuhoidlalt otsesed NH_3 emissioonimõõtmised tuuletunneliga, mille põhjal leiti hoidla hetkelised heitkogused (g/s).

Välisõhu kvaliteedi mõõtekampaania läbiviimiseks kasutati kahte liikuvat õhulaborit (Mobair 1, Mobair 2), mis on varustatud täisautomaatsete õhuanalüsaatoritega ning milledega määrati välisõhus erinevate saastekomponentide nagu tolmu fraktsioonide (PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_1), vääveldioksiidi (SO_2), lämmastikdioksiidi (NO_2), süsinikmonooksiidi (CO), osooni (O_3), ammoniaagi (NH_3), väävelvesiniku (H_2S) ja summaarsete süsivesinike sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid (välisõhu temperatuur, õhuniiskus, tuule kiirus, tuule suund). Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati peente osakeste (PM_{10}) sisaldust gravimeetriliselt, kogudes tolmu spetsiaalsetele filtritele, millest määrati hiljem laboris ioonide (Cl, NO_3, NH_4, SO_4, Na, Ca, K ja Mg) sisaldus. Lisaks eeltoodule mõõdeti ammoniaagi ja väävelvesiniku sisaldust välisõhus ka passiivproovlitega.

Kõik käesolevas töös kirjeldatud mõõtmised ja analüüsid on teostatud Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt, kasutades akrediteeritud määramismeetodeid. Kõiki kasutatud mõõtevahendeid kalibreeriti regulaarselt. Eesti Keskkonnauuringute Keskus on akrediteeritud Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) poolt ning vastavad akrediteerimistunnistused on leitavad EAK kodulehelt: http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L008_annex_2.pdf

Eesti Vabariigis kehtivad välisõhus leiduvatele saasteainetele piir- ja sihtväärtused. Mõõtmistulemuste analüüsimisel lähtuti keskkonnaministri 8. juuli 2011. aasta määrusest nr 43

"Välisõhu saastatuse piir- ja sihtväärtused, saasteaine sisalduse muud piirnormid ning nende saavutamise tähtajad", kus saasteainete sisaldusele kehtestatud piirnormid on aluseks välisõhu kvaliteedile hinnangu andmisel.

Aruande eesmärk on anda hinnang NH_3 lendumisprotsentidele sõnnikuhoidlatest võrrelduna keskkonnaministri määrusega nr 48, anda ülevaade õhu saastatusest eelnevalt toodud saasteainetega ning võrrelda saastetasemeid keskkonnaministri määrusega kehtestatud piirväärtustega.

Ammoniaagi (NH_3) heitkoguse määramiseks Vorbuse ringja põhiplaaniga vedelsõnniku hoidlast (pindala 1000 m^2) kasutati otsestel mõõtmistel põhinevat metoodikat, mida on kirjeldatud standardites EVS 892 ja EVS 904. Saasteainete proovide kogumisel pindallikalt (sõnnikuhoidla) kasutati (filtreeritud õhu pealevooluga) tuuletunnelit. Tuuletunnel paigutati sõnnikuhoidlasse vastavale ujukile. Mõõtmistel tuuletunneliga on võimalik arvutada välja saasteainete hetkelised heitkogused uuritava pinnaühiku kohta. Saasteaine heitkogus $\mu g/m^2 \times s$ arvutatakse järgmise võrrandi põhjal:

$$Q = \frac{c \times V_m}{S}$$ kus: **Valem 1**

c saasteaine kontsentratsioon väljuvates gaasides ($\mu g/m^3$)

V_m tuuletunnelit läbiva õhuvoo mahtkiirus (m^3/s) = 0,002 m^3/s

S tuuletunneli alune pindala (m^2) = 0,5 m^2

NH_3 kontsentratsioonide määramisel hoidlast kasutati mõõtevahendina NH_3 automaatanalüsaatorit Picarro G1103, mis kasutab NH_3 tuvastamiseks WS-CRDS (Wavelength-Scanned Cavity Ring Down Spectroscopy) spektromoodulit, analüsaatori mõõtepiirkond on 2 ppb kuni 50 ppm. Analüsaator on kalibreeritud Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ja tootjafirma Picarro Inc. poolt.

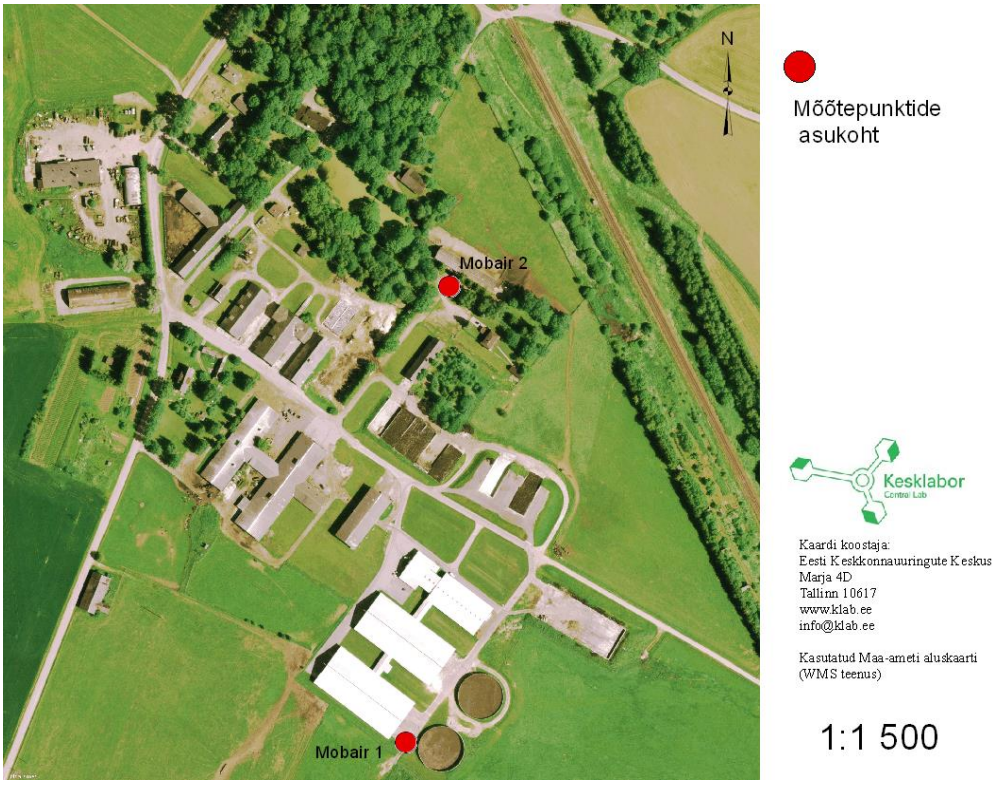
Kuna esimene ja viimane mõõtepäev on õhulabori teisaldamisega seotud ajakaost tingituna poolik, on mõõtmistulemuste ööpäevaste kontsentratsioonide arvutamisel kasutatud täispäevade andmeid. Alljärgnevalt tuuakse ülevaade mõõdetud saastetasemetest Vorbuse ja Säkna mõõtepunktides. Lisaks saastetasemete analüüsile kajastavad alljärgnevad peatükid ka saasteainete summaarse saastevoo graafikuid, mille põhjal on võimalik määrata saasteainete pärinemise suund ja tuvastada võimalikud

saasteallikad piirkonnas. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskmiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi.

2.3.1 Mõõtmistulemused: Vorbuse veisefarm

Ajavahemikus 04.07.2013 – 08.08.2013 teostati välisõhu kvaliteedi mõõtmisi kahe mobiilse mõõtelaboriga Tartumaal Tähtvere vallas Vorbusel. Mõõtepunktide kaart (Mobair1 - mõõtepunkt 1, Mobair2 – mõõtepunkt 2) on esitatud alljärgnevalt (Joonis 56).

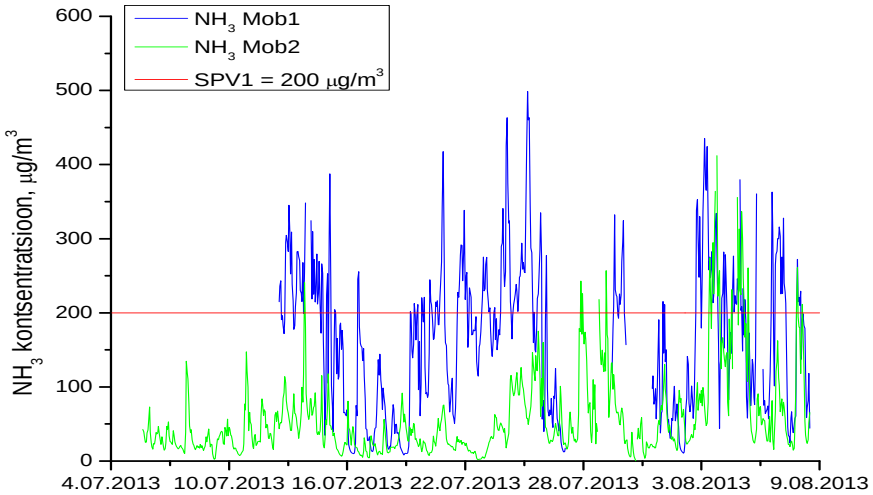
Ööpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega O_3, NO_2, SO_2, NH_3, H_2S, PM_{10}, $PM_{2,5}$ ja PM_1 kontsentratsioone ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati passiivproovlitega viies erinevas mõõtepunktis nädalaste tsüklitena NH_3 ja H_2S sisaldust välisõhus. Mõõteperioodil puhusid valdavalt lõunakaarte tuuled (39,1 %) keskmise kiirusega 1,9 m/s, suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 73 % ning välisõhu temperatuur 19,8 ^{o}C.



Joonis 8 Mobair mõõtepunktide asukoht Vorbusel

Tabel 2 Tuulte esinemissagedus Vorbusel, %

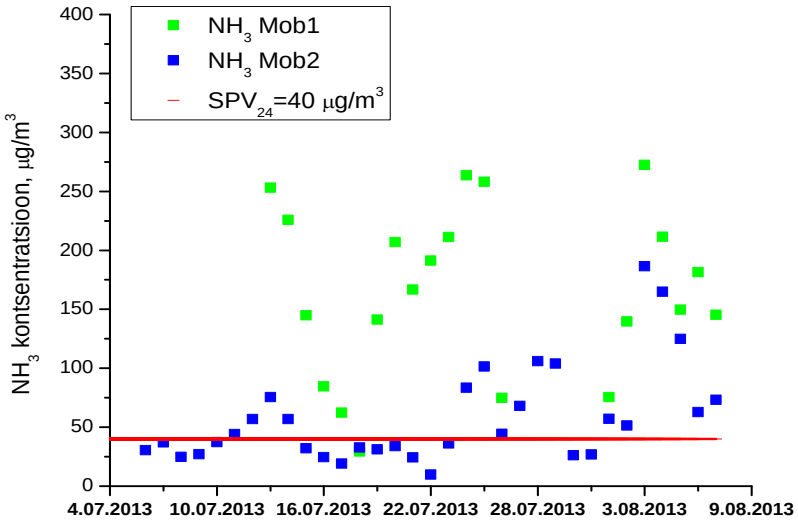
Tuule suund	(kraadi)	Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	23,5
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	11,3
Ida (E)	67.5-112.5 °	7,8
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	6,3
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	39,1
Edel (SW)	202.5-247.5 °	8,1
Lääs (W)	247.5-292.5 °	1,8
Loe (NW)	292.5-337.5 °	2,1



Joonis 9 NH_3 1h keskmised kontsentratsioonid

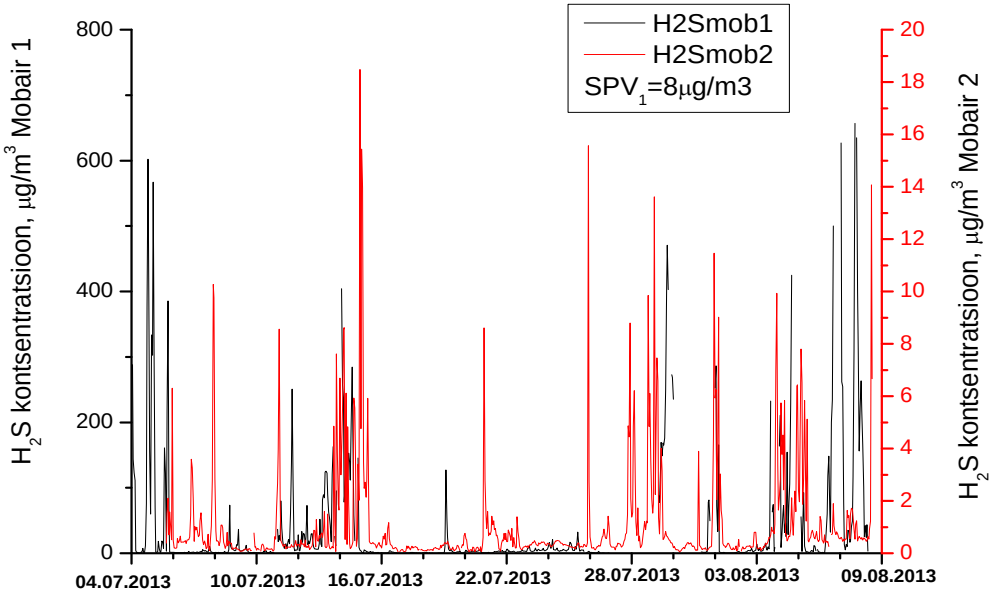
Ammoniaagile (NH_3) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 200 µg/m^3 ja 40 µg/m^3. Mõõteperioodil registreeriti mõõtetepunktis 1 kokku 220 tunnikeskmist ja 20 ööpäevakeskmist piirväärtust ületavalt kontsentratsiooni ning 2. mõõtepunktis 29 tunnikeskmist ja 17 ööpäevakeskmist piirväärtust ületavalt kontsentratsiooni. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon MP1-s oli vastavalt 498,7 µg/m^3 (25.07) (Joonis 9) ja 272,5 µg/m^3 (03.08) (Joonis 10)

ning MP2-s vastavalt 412,0 µg/m^3 ja 186,5 µg/m^3 (03.08). Mõõteperioodi keskmine NH_3 sisaldus MP1-s oli 165,7 µg/m^3 ja MP2-s 57,7 µg/m^3.

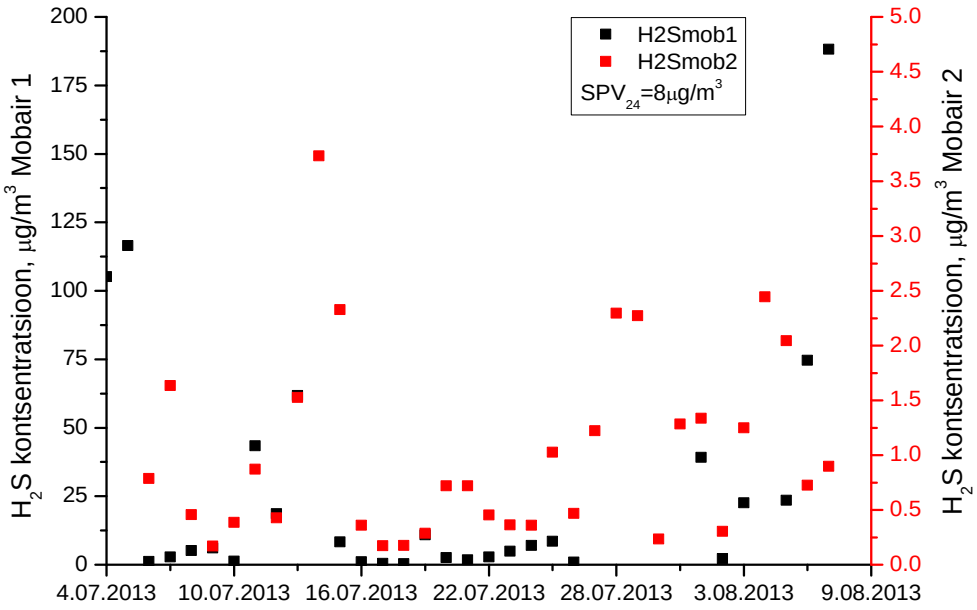


Joonis 10 NH_3 24h keskmised kontsentratsioonid

Väävelvesinikule (H_2S) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 8 µg/m^3. Mõõteperioodil registreeriti 1. mõõtepunktis 221 tunnikeskmist ja 13 ööpäevakeskmist piirväärtust ületavalt kontsentratsiooni, mõõtepunktis 2 oli tunnikeskmise piirväärtuse ületamisi 19, 24 h keskmised sisaldused jäid vastavast piirväärtusest madalamaks. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon MP1-s oli vastavalt 656,8 µg/m^3 (07.08) (Joonis 11) ja 188,2 µg/m^3 (07.08) (Joonis 12) ning MP2-s 18,48 µg/m^3 (14.07) ja 3,73 µg/m^3 (14.07). Mõõteperioodi keskmine H_2S sisaldus 1. mõõtepuntkis oli 35,95 µg/m^3 ja 2. mõõtepunktis 1,05 µg/m^3.

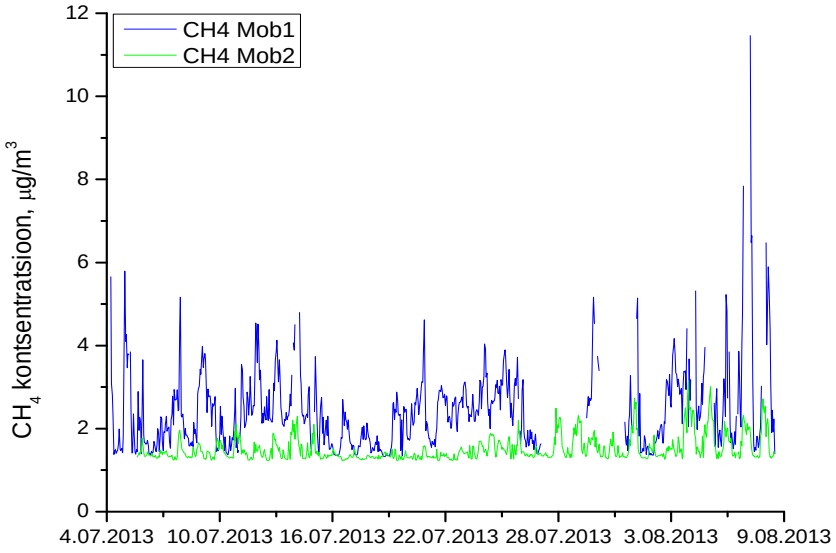


Joonis 11 H_2S 1h keskmised kontsentratsioonid



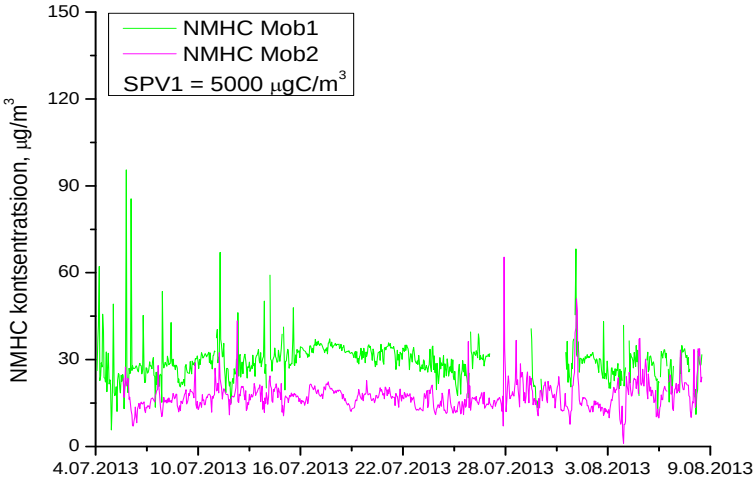
Joonis 12 H_2S 24h keskmised kontsentratsioonid

Metaanile (CH_4) tunni- ega ööpäevakeskmist piirväärtust kehtestatud ei ole. Maksimaalne 1 h keskmine kontsentratsioon mõõtepunktides 1 ja 2 oli vastavalt 11,46 mgC/m^3 (07.08) (Joonis 13) ja 3,08 mgC/m^3 (03.08). Mõõteperioodi keskmine metaani sisaldus MP1-s oli 2,41 mgC/m^3 ja MP-2 1,51 mgC/m^3.

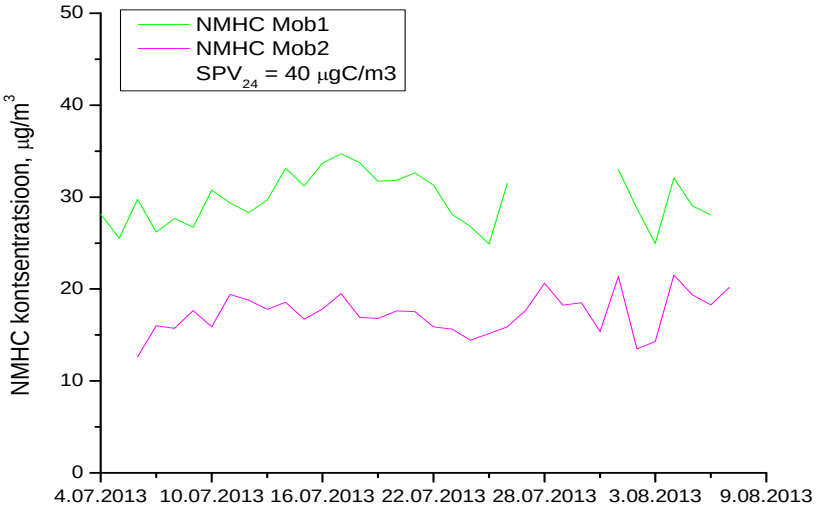


Joonis 13 CH_4 1h keskmised kontsentratsioonid

Alifaatsetele süsivesinikele (NMHC) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 5000 µgC/m^3 ja 2000 µgC/m^3. Mõõdetud kontsentratsioonid jäid seireperioodil allapoole kehtivaid piirväärtusi. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon mõõtepunktis nr 1 oli vastavalt 95,55 µgC/m^3 (05.07) (Joonis 14) ja 34,70 µgC/m^3 (17.07) (Joonis 15) ning mõõtepunktis 2 vastavalt 65,40 (27.07) µgC/m^3 ning 21,51 µgC/m^3 (04.08). Mõõteperioodi keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus MP1-s oli 29,48 µgC/m^3 ning MP2-s 17,47 µgC/m^3.

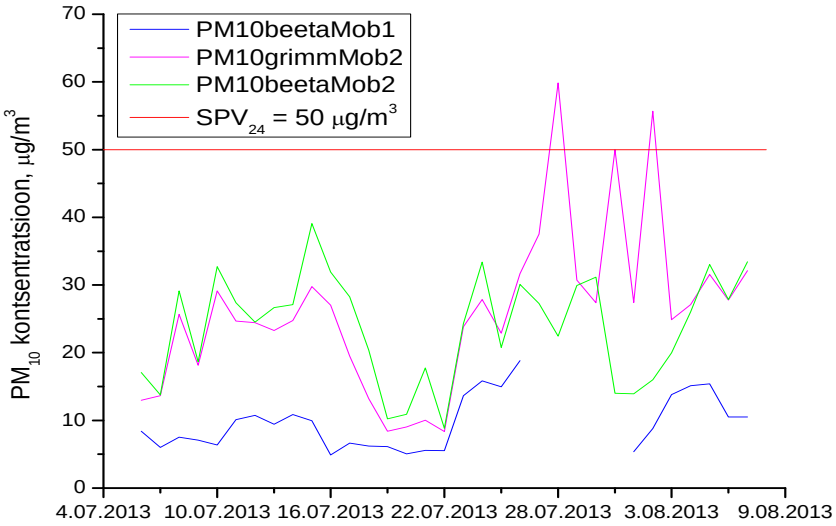


Joonis 14 NMHC 1h keskmised kontsentratsioonid



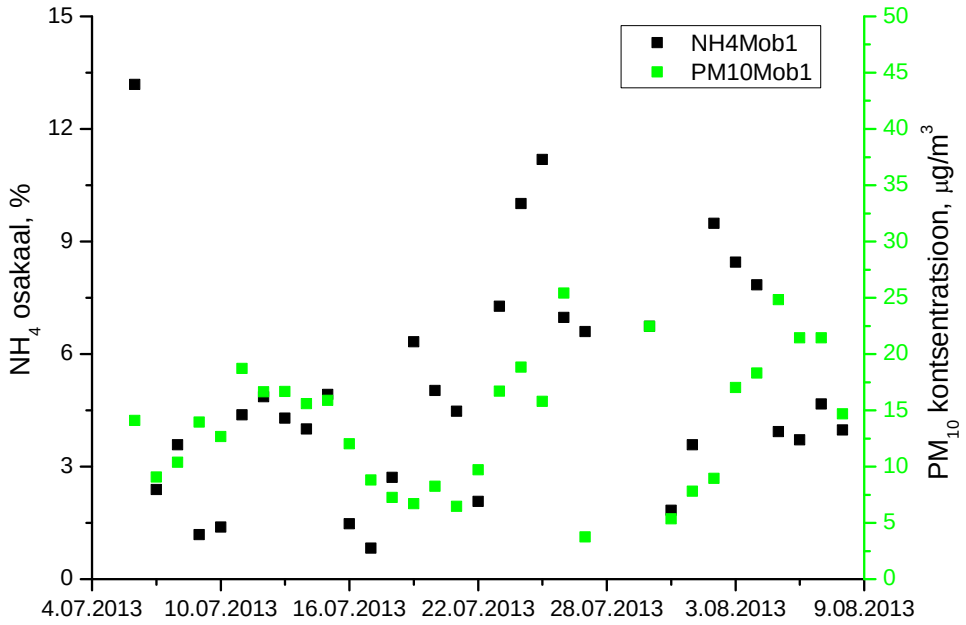
Joonis 15 NMHC 24h keskmised kontsentratsioonid

Peentele osakestele (PM_{10}) kehtib 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 50 µg/m^3. 1. mõõtepunktis jäid kontsentratsioonid kehtivast piirväärtusest madalamaks. 2. mõõtepunktis ületas ööpäevakeskmine peente osakeste tase kehtivat piirnormi kahel korral. Maksimaalne 24 h keskmine kontsentratsioon MP1-s ja MP-2 oli vastavalt 18,81 µg/m^3 (26.07) ja 59,87 µg/m^3 (28.07) (Joonis 16). Mõõteperioodi keskmine peente osakeste sisaldus oli 1. mõõtepunktis oli 9,72 µg/m^3 ning 2. mõõtepunktis 24,07 µg/m^3 (beetaanalüsaator) ja 26,08 µg/m^3 (grimm).

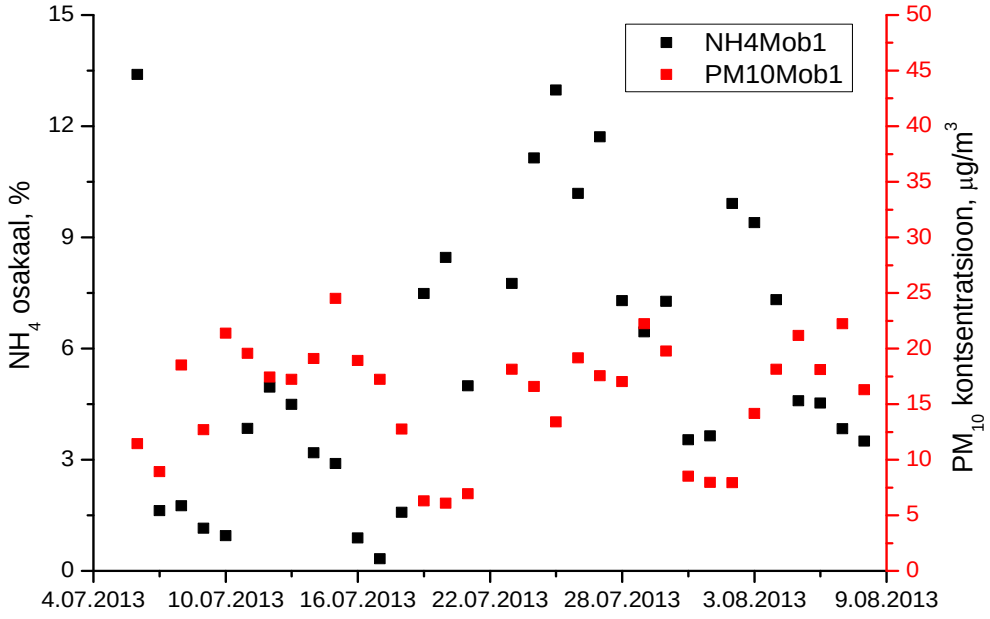


Joonis 16 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid

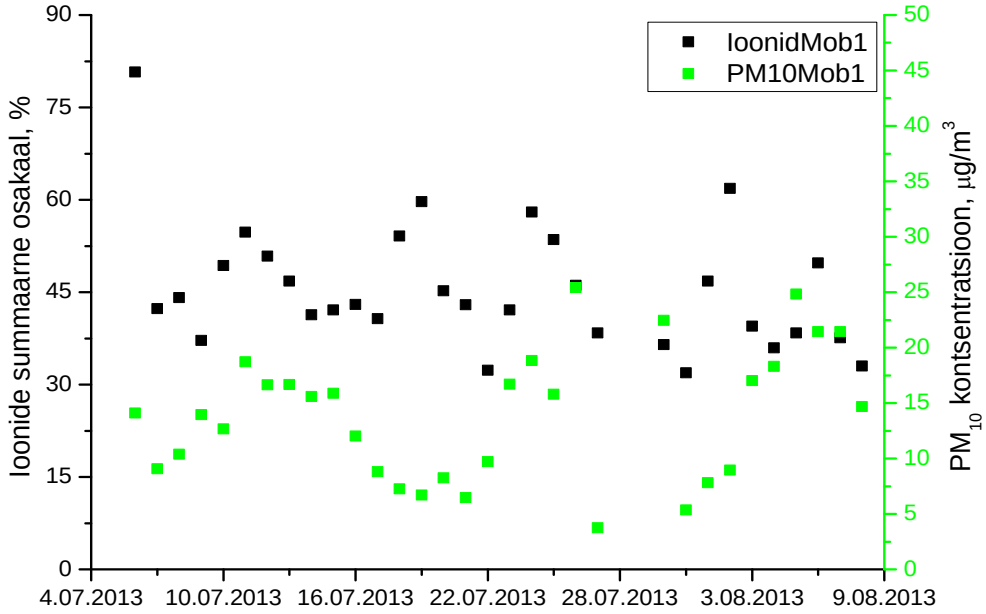
Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati peente osakeste sisaldust välisõhus gravimeetriliselt. Mõõteperioodil koguti 65 tolmuproovi. PM_{10} fraktsioonist määrati järgmiste ioonide sisaldus: SO_4^-, NO_3^-, NH_4^+, Cl^-, K^+, Na^+, Mg^+, Ca^+. Suurem tähelepanu oli ammooniumiooni sisaldusel PM_{10} fraktsioonis. Tulemused on esitatud Joonis 17 ja Joonis 18. Selgub, et mõlema mõõtebussiga teostatud välisõhu gravimeetriliste mõõtmiste tulemustes on NH_4^+ osakaal küllaltki sarnane. Suurim ammooniumiooni sisaldus mõõdeti 06.07.2013, mil NH_4^+ sisaldus filtril oli vastavalt 13,2% ja 13,4%. Vaatluse all oli ka ioonide summaarne osakaal peentolmu fraktsioonis. Suurima summaarse osakaaluga olid ioonid samuti 06.07.2013 kogutud proovides, kui vastavaks tulemuseks saadi mõlema mõõtebussiga 80,7%.



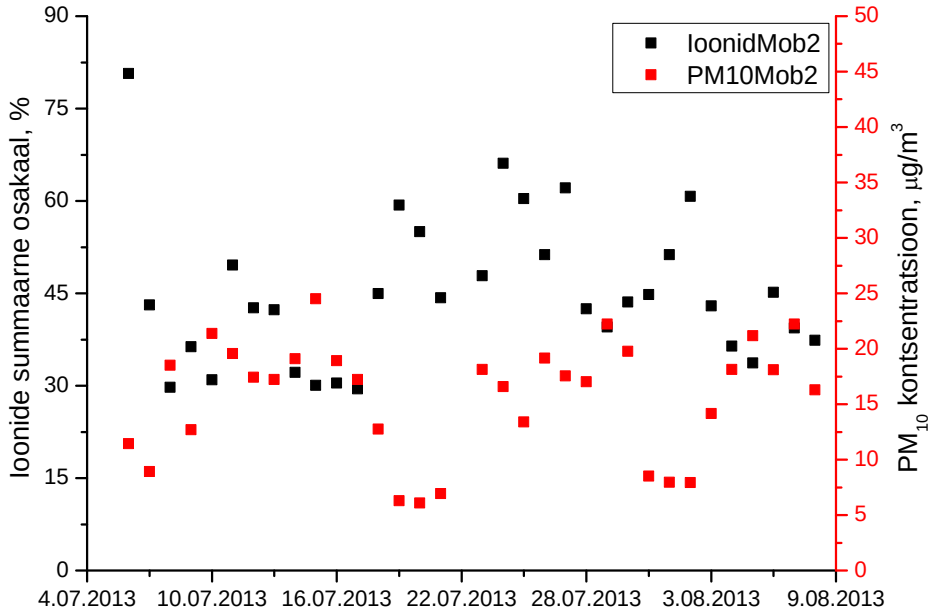
Joonis 17 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid Vorbusel, Mobair 1



Joonis 18 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid Vorbusel, Mobair 2



Joonis 19 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 1



Joonis 20 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 2

2.3.2 Mõõtmistulemused: Säkna seafarm

Ajavahemikus 08.08.2013 – 09.09.2013 teostati välisõhu kvaliteedi mõõtmisi kahe mobiilse mõõtelaboriga Põlvamaal Mooste vallas Säknas.

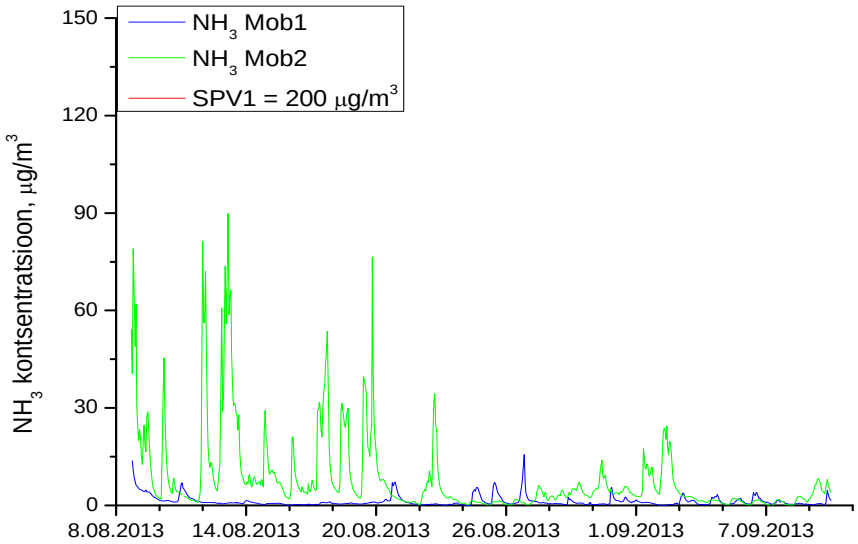
Joonis 21 Mobair mõõtepunktide asukoht Säknas

Ööpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega O_3, NO_2, SO_2, NH_3, H_2S, PM_{10}, $PM_{2,5}$ ja PM_1 kontsentratsioone ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati passiivproovlitega viies erinevas mõõtepunktis nädalaste tsüklitena NH_3 ja H_2S kontsentratsioone. Mõõteperioodil puhusid valdavalt lõunakaarte tuuled (23,7 %) keskmise kiirusega 1,9 m/s, suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 77,7% ning välisõhu temperatuur 16,6 ^{o}C.

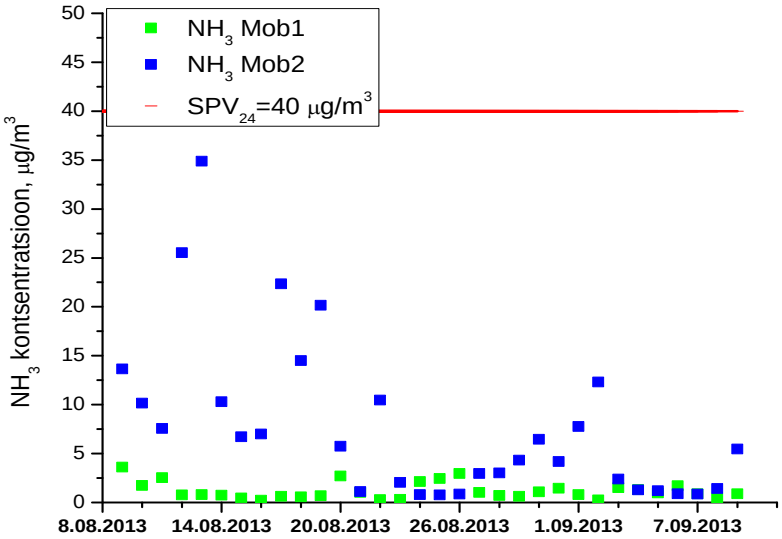
Tabel 3 Tuulte esinemissagedus Säknas, %

Tuule suund	(kraadi)	Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	9,8
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	6,4
Ida (E)	67.5-112.5 °	5,9
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	19,8
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	23,7
Edel (SW)	202.5-247.5 °	12,0
Lääs (W)	247.5-292.5 °	10,7
Loe (NW)	292.5-337.5 °	11,8

Ammoniaagile (NH_3) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 200 µg/m^3 ja 40 µg/m^3. Mõõdetud kontsentratsioonid jäid seireperioodil madalamaks kui kehtivad piirväärtused. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon MP1-s oli vastavalt 15,60 µg/m^3 (26.08) (Joonis 22) ja 3,60 µg/m^3 (09.08) (Joonis 23) ning MP2-s vastavalt 89,83 µg/m^3 (13.08) ja 34,88 µg/m^3 (13.08). Mõõteperioodi keskmine NH_3 sisaldus MP1-s oli 1,26 µg/m^3 ja MP2-s 8,24 µg/m^3.

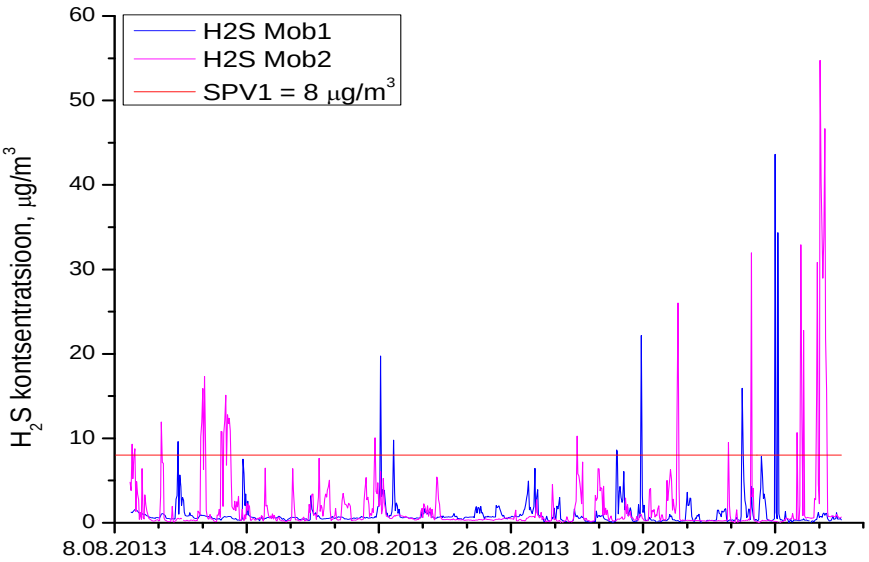


Joonis 22 NH_3 1h keskmised kontsentratsioonid

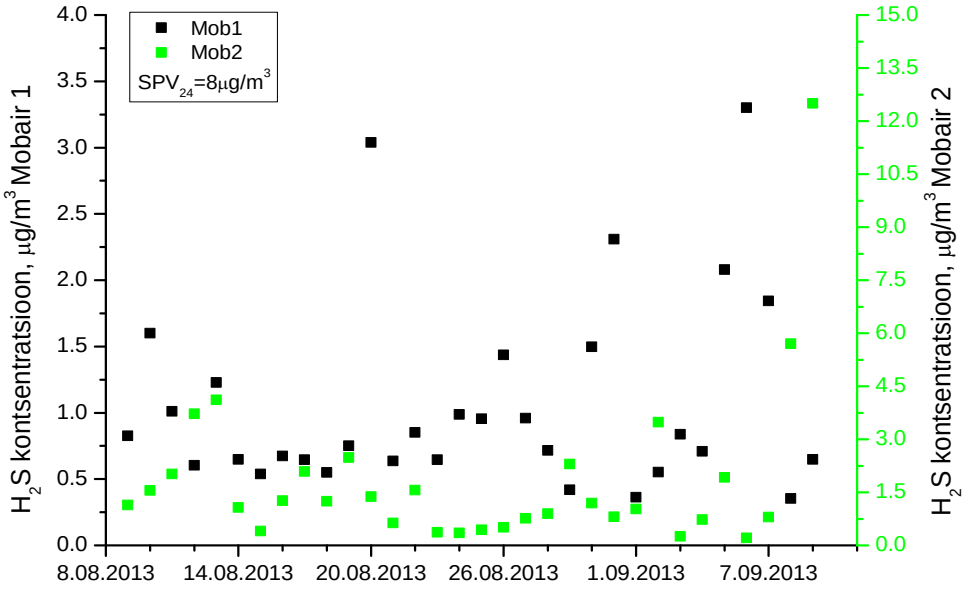


Joonis 23 NH_3 24h keskmised kontsentratsioonid

Väävelvesinikule (H_2S) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 8 µg/m^3. Mõõteperioodil registreeriti 1. mõõtepunktis 10 tunnikeskmist piirväärtust ületavat kontsentratsiooni, mõõtepunktis 2 oli tunnikeskmise piirväärtuse ületamisi 37, 24 h keskmised sisaldused jäid mõõtepunktis 1 vastavast piirväärtusest madalamaks, kuid mõõtepunktis 2 registreeriti ühel korral vastava piirväärtuse ületamine. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon MP1-s oli vastavalt 43,62 µg/m^3 (07.09) (Joonis 24) ja 3,30 µg/m^3 (06.09) (Joonis 25) ning MP2-s 54,74 µg/m^3 (09.09) ja 12,15 µg/m^3 (09.09). Mõõteperioodi keskmine H_2S sisaldus 1. mõõtepunktis oli 1,08 µg/m^3 ja 2. mõõtepunktis 1,53 µg/m^3.



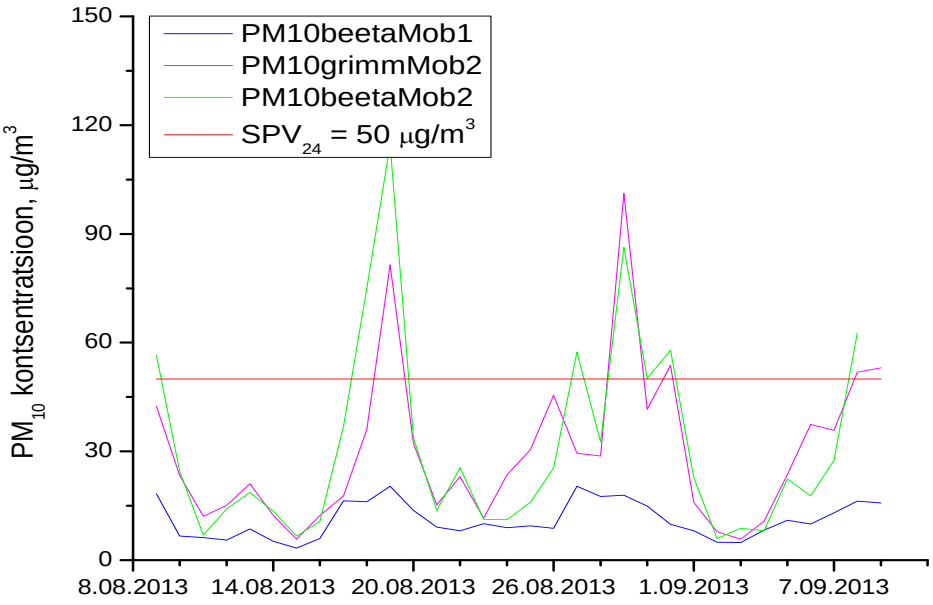
Joonis 24 H_2S 1h keskmised kontsentratsioonid



Joonis 25 H_2S 24h keskmised kontsentratsioonid

Peentele osakestele (PM_{10}) kehtib 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 50 µg/m^3. 1. mõõtepunktis jäid kontsentratsioonid kehtivast piirväärtusest madalamaks. 2. mõõtepunktis ületas

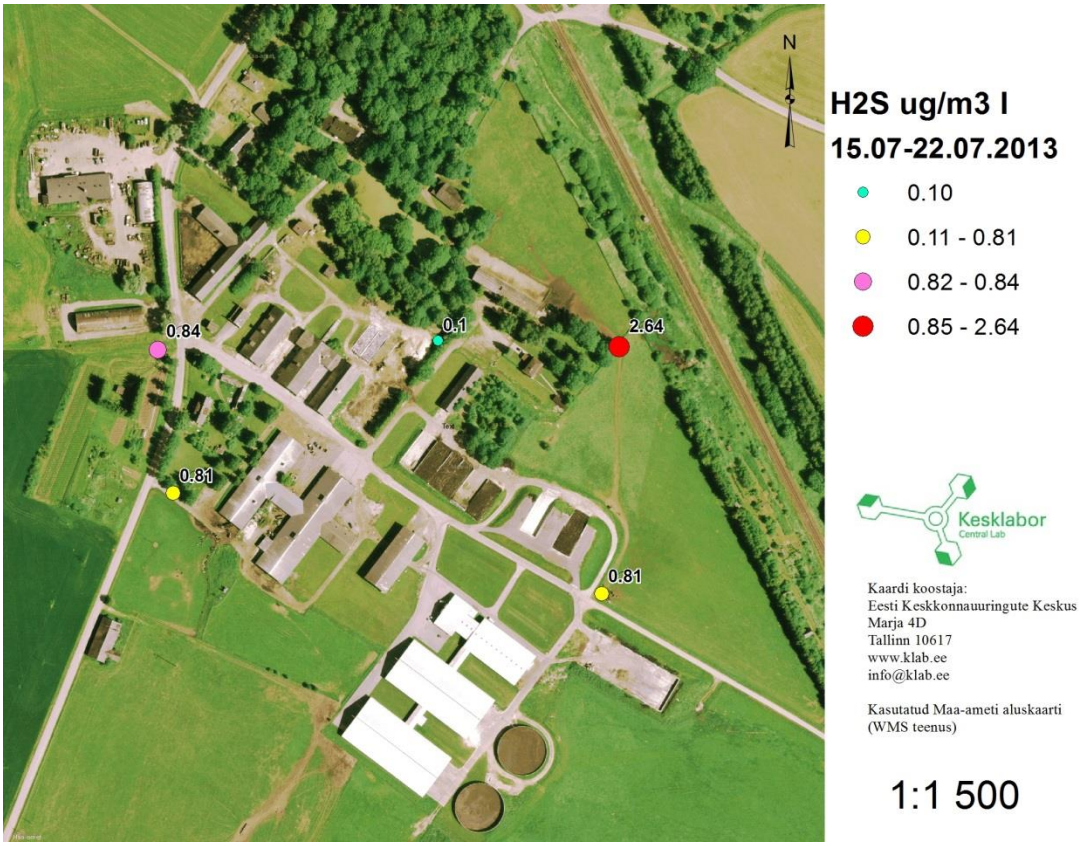
ööpäevakeskmine peente osakeste tase kehtivat piirnormi kaheksal korral. Maksimaalne 24 h keskmine kontsentratsioon MP1-s ja MP-2 oli vastavalt 20,40 µg/m^3 (19.08) ja 114,70 µg/m^3 (19.08). Mõõteperioodi keskmine peente osakeste sisaldus oli 1. mõõtepunktis oli 11,09 µg/m^3 ning 2. mõõtepunktis 32,24 µg/m^3 (beetaanalüsaator) ja 29,84 µg/m^3 (grimm).



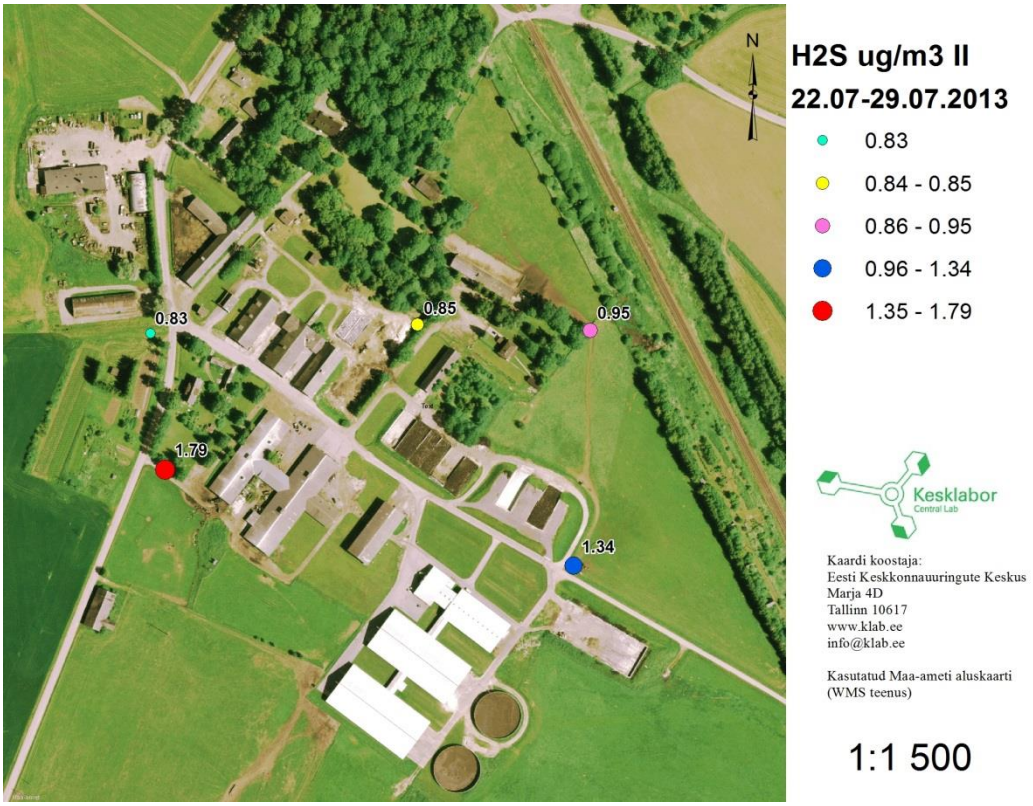
Joonis 26 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid

2.3.3 Passiivproovlite mõõtekampaania

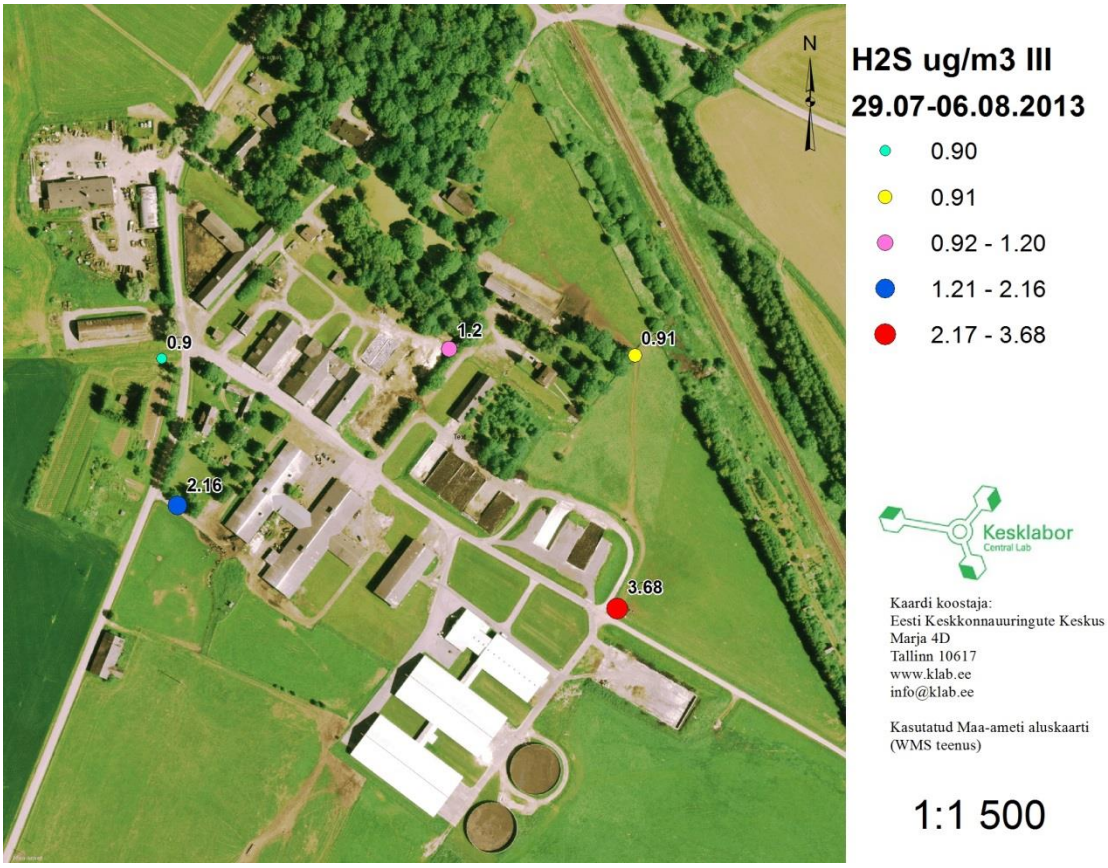
Vorbusel ja Säknas määrati passiivproovlitega viies erinevas mõõtepunktis nädalaste tsüklitena NH_3 ja H_2S kontsentratsioone. Vorbusel toimusid mõõtmised 15.07-22.07 (I), 22.07-29.07 (II) ja 29.07-06.08.2013 (III). Säkna mõõtmised viidi läbi perioodil 08.08-19.08 (I), 19.08-24.08 (II) ja 24.08-31.08.2013 (III).



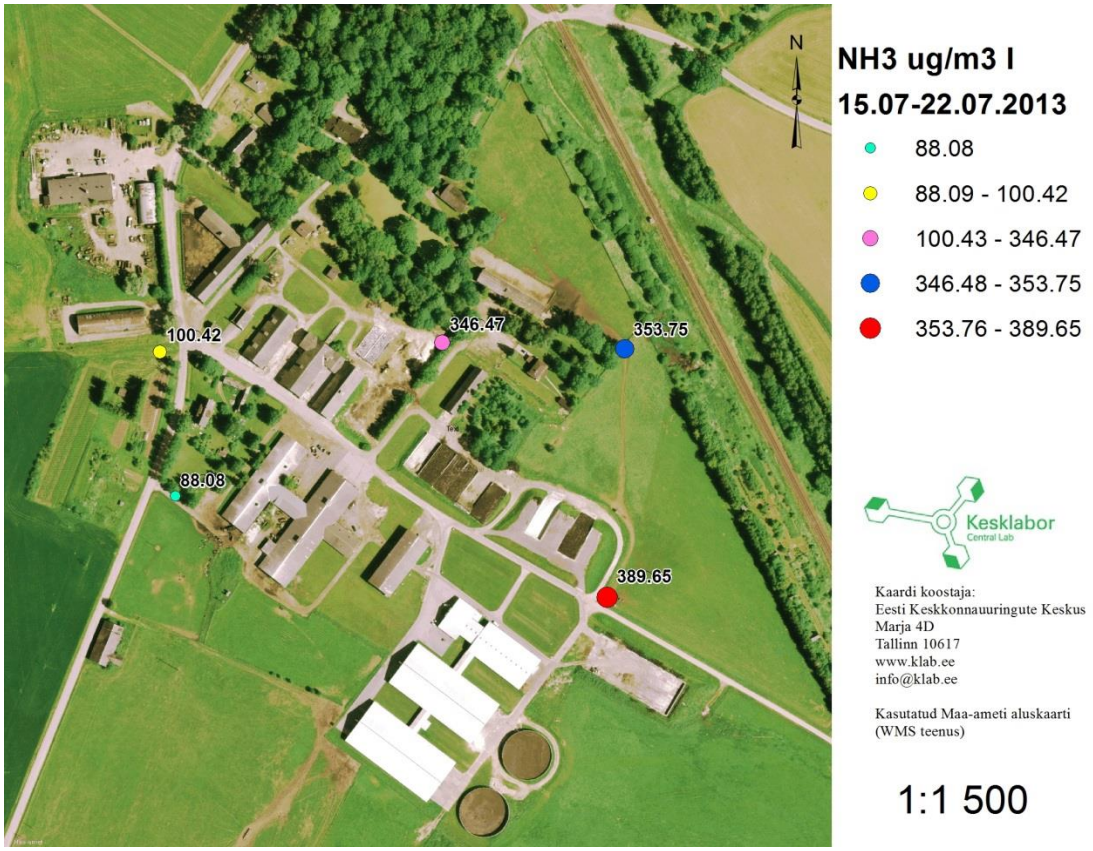
Joonis 27 H2S tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Vorbuse)



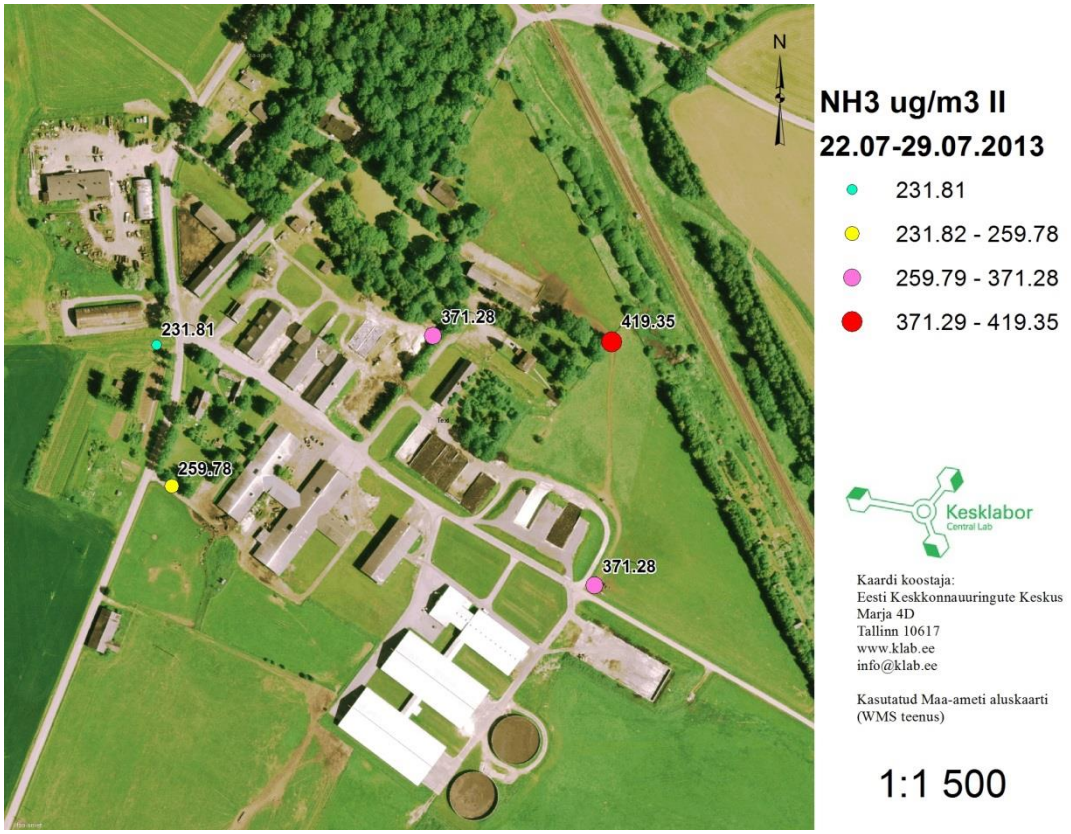
Joonis 28 H2S tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Vorbuse)



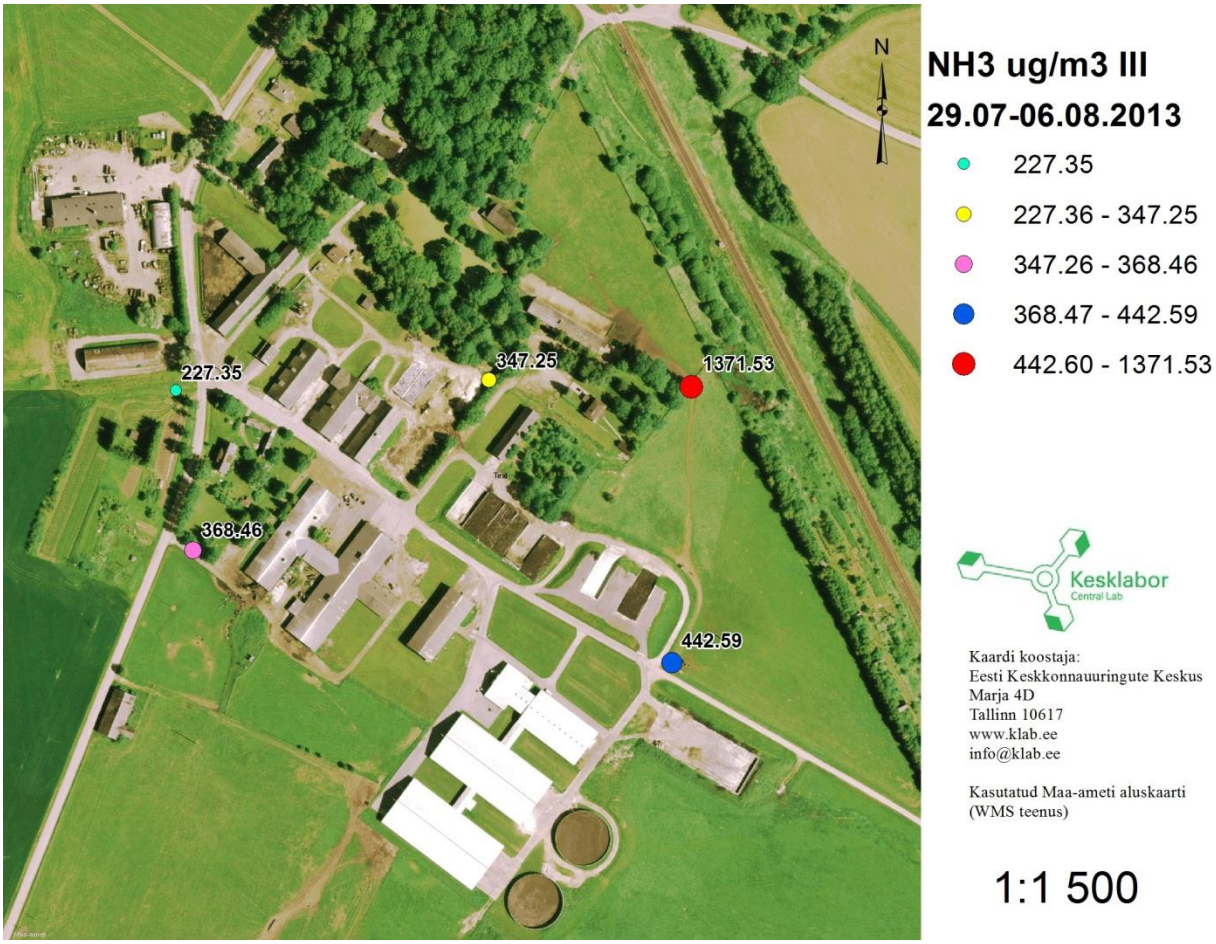
Joonis 29 H2S tasemed (µg/m^3) 3 mõõtekampaania vältel (Vorbuse)



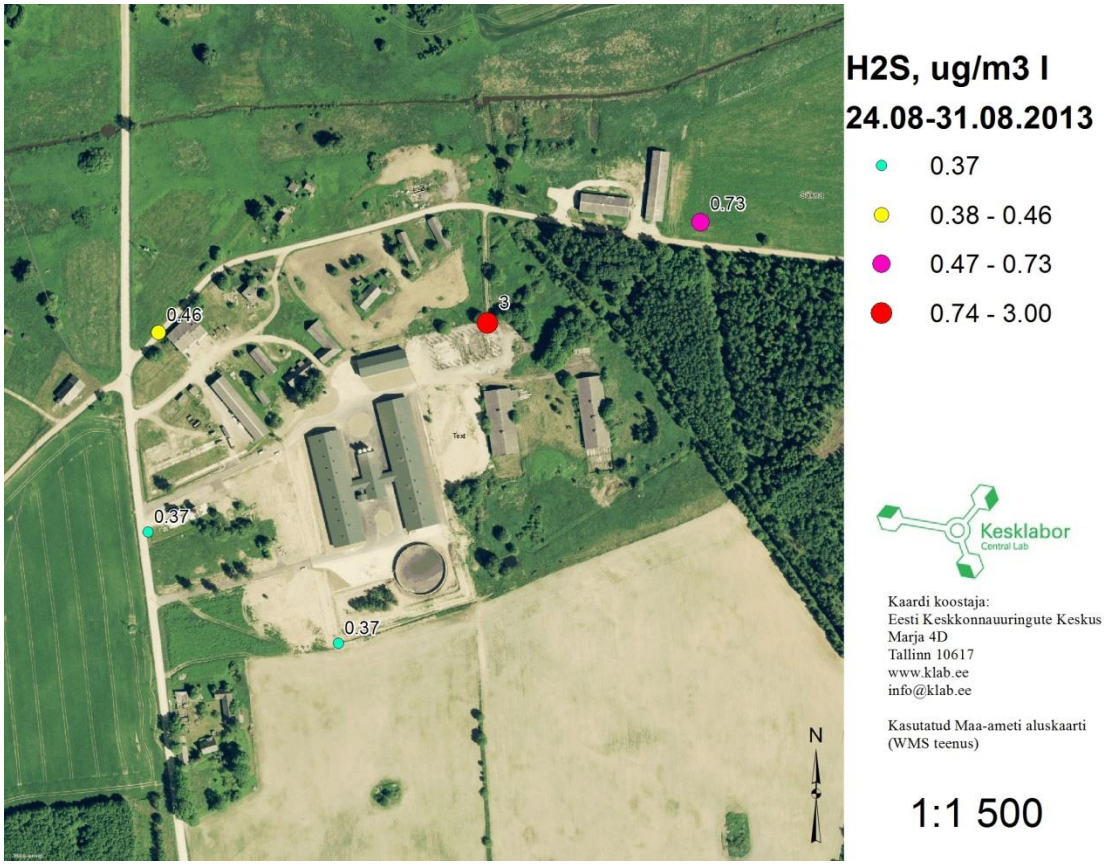
Joonis 30 NH3 tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Vorbuse)



Joonis 31 NH3 tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Vorbuse)

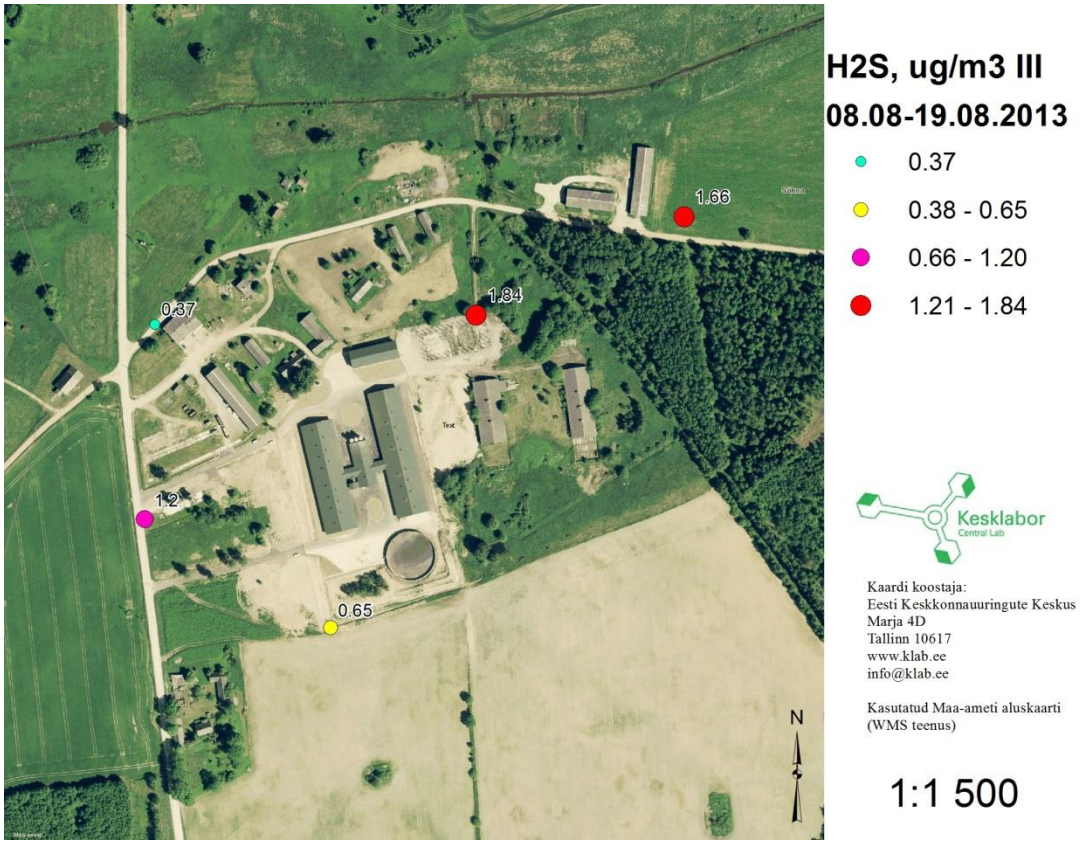


Joonis 32 NH3 tasemed (µg/m^3) 3 mõõtekampaania vältel (Vorbuse)

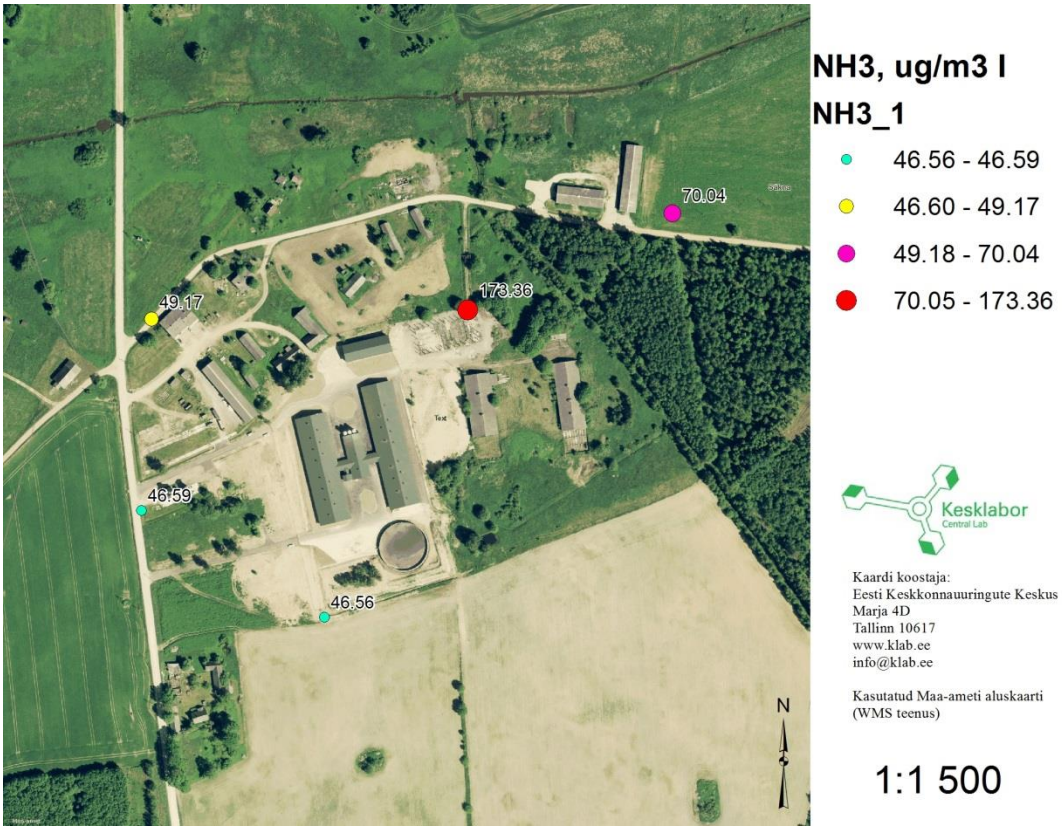


Joonis 33 H2S tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Säkna)

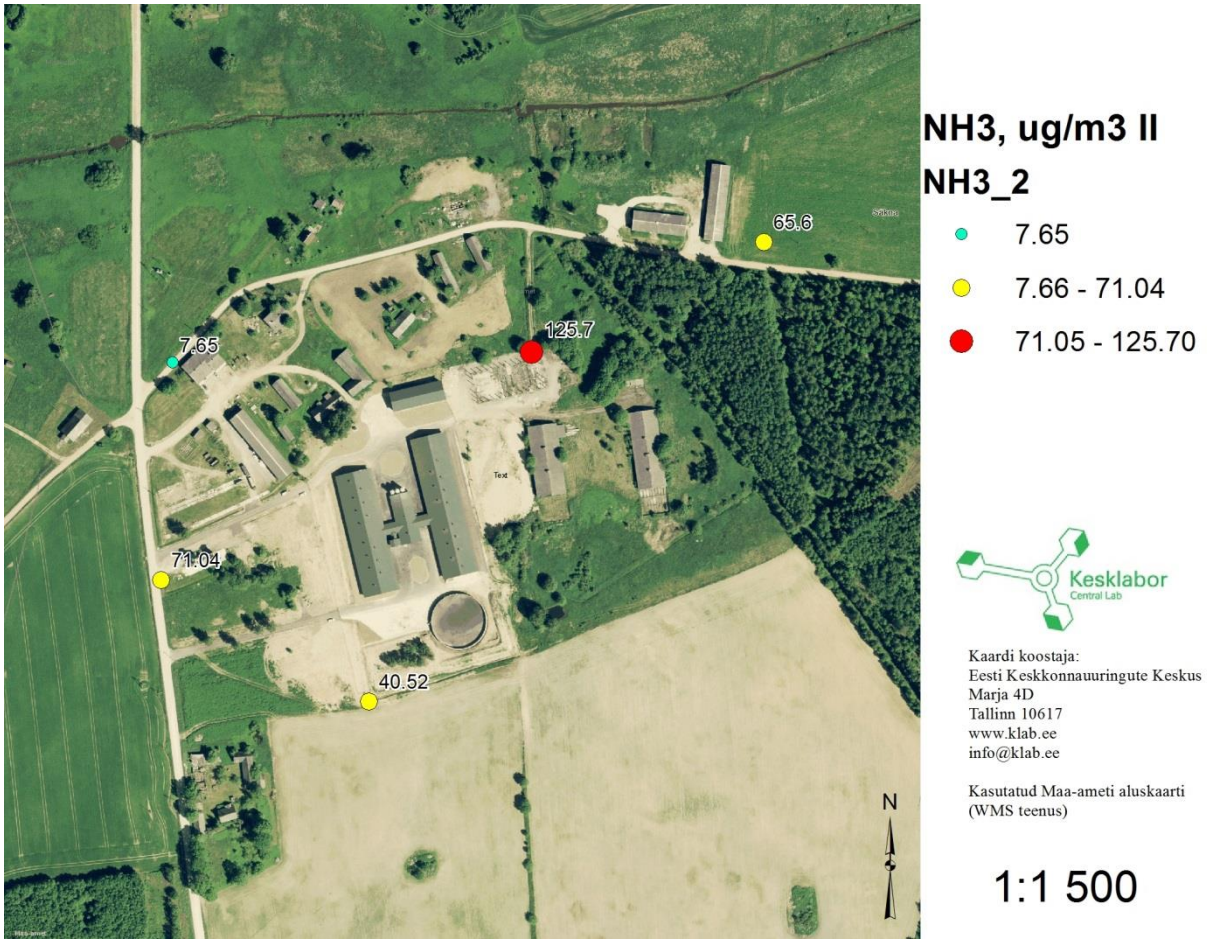
Joonis 34 H2S tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Säkna)



Joonis 35 H2S tasemed (µg/m^3) 3 mõõtekampaania vältel (Säkna)



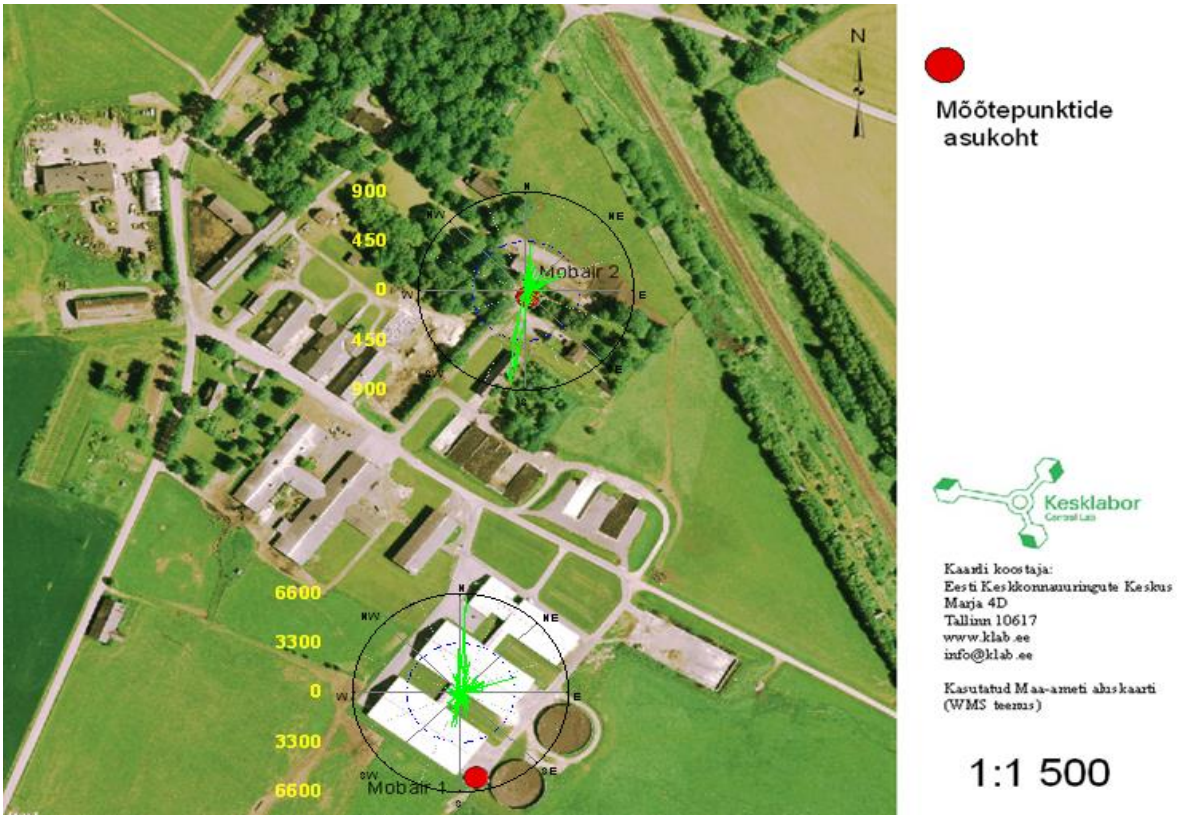
Joonis 36 NH3 tasemed (µg/m^3) 1 mõõtekampaania vältel (Säkna)



Joonis 37 NH3 tasemed (µg/m^3) 2 mõõtekampaania vältel (Säkna)

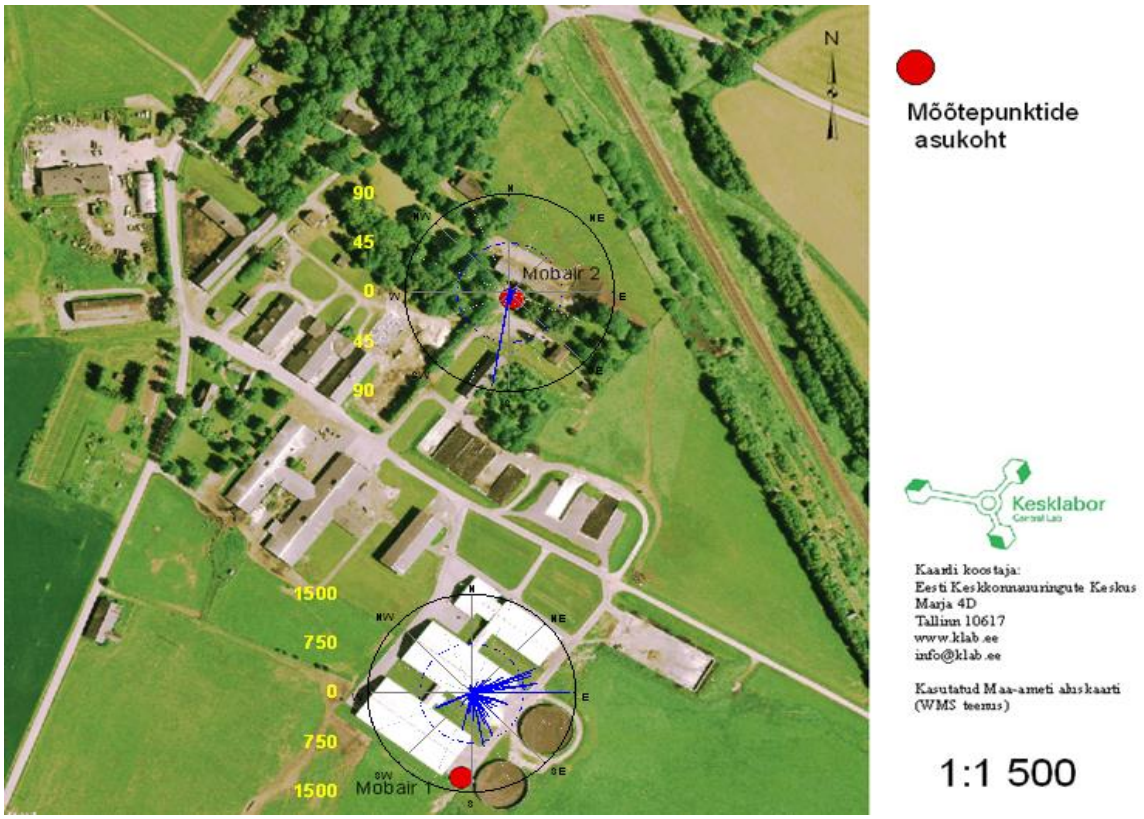
Saasteallikate tuvastamiseks kasutatud kontsentratsiooniroos iseloomustab summeeritud saastevoogu, mis annab infot, kust pärineb koguseliselt suurem osa seirejaamas mõõdetud saastest. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskmiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi. Alljärgnevatel joonistel on näidatud Vorbusel ja Säknas mõõdetud NH_3, H_2S, CH_4, NMHC, NO_2, O_3, PM_{10} ja SO_2 summeeritud saastevood.

Mõõtepunktide summaarse saastevoo graafikud on oma olemuselt küllalt sarnased, näidates saasteainete pärinemist samadest suundadest – valdavalt põhja, lõuna ja kagu suunast, erinev on neist suundadest pärit saaste osakaal kogusaastest.



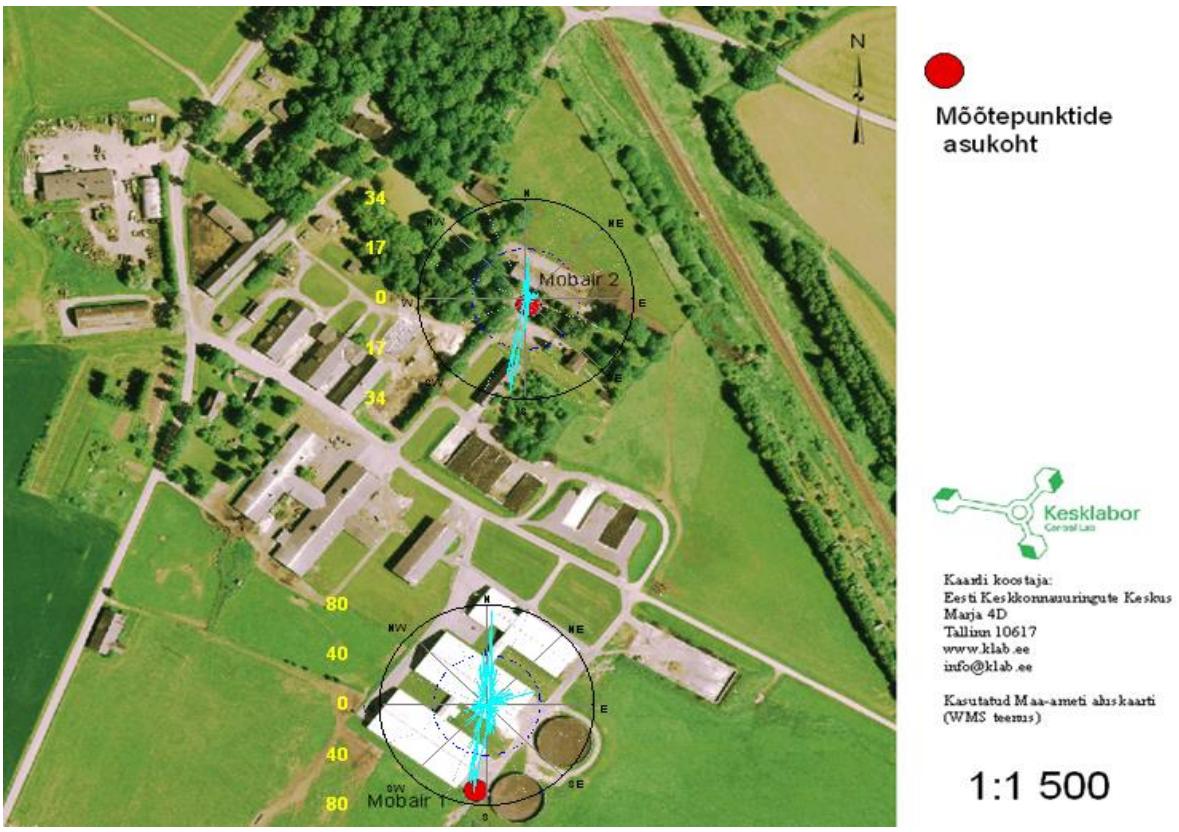
Joonis 38 NH_3 summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 39 NH_3 summaarne saastevoog Säknas



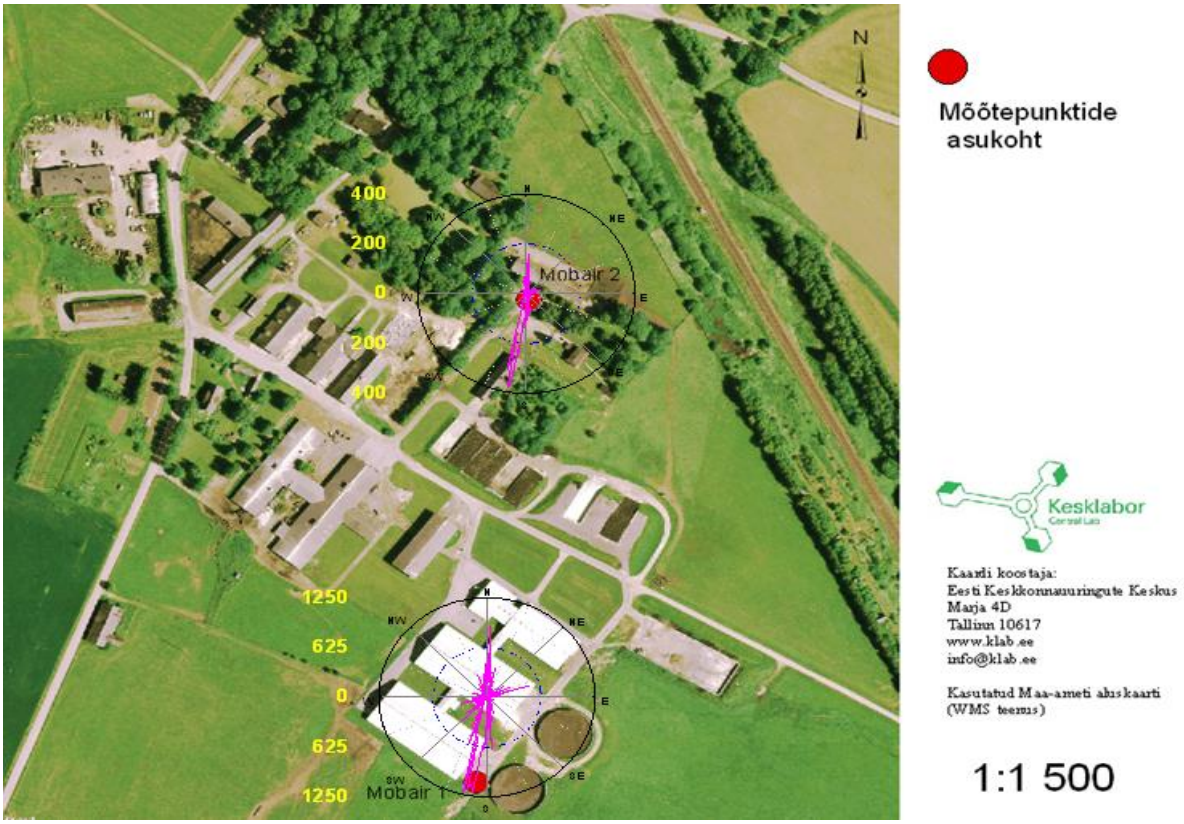
Joonis 40 H_2S summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 41 H_2S summaarne saastevoog Säknas



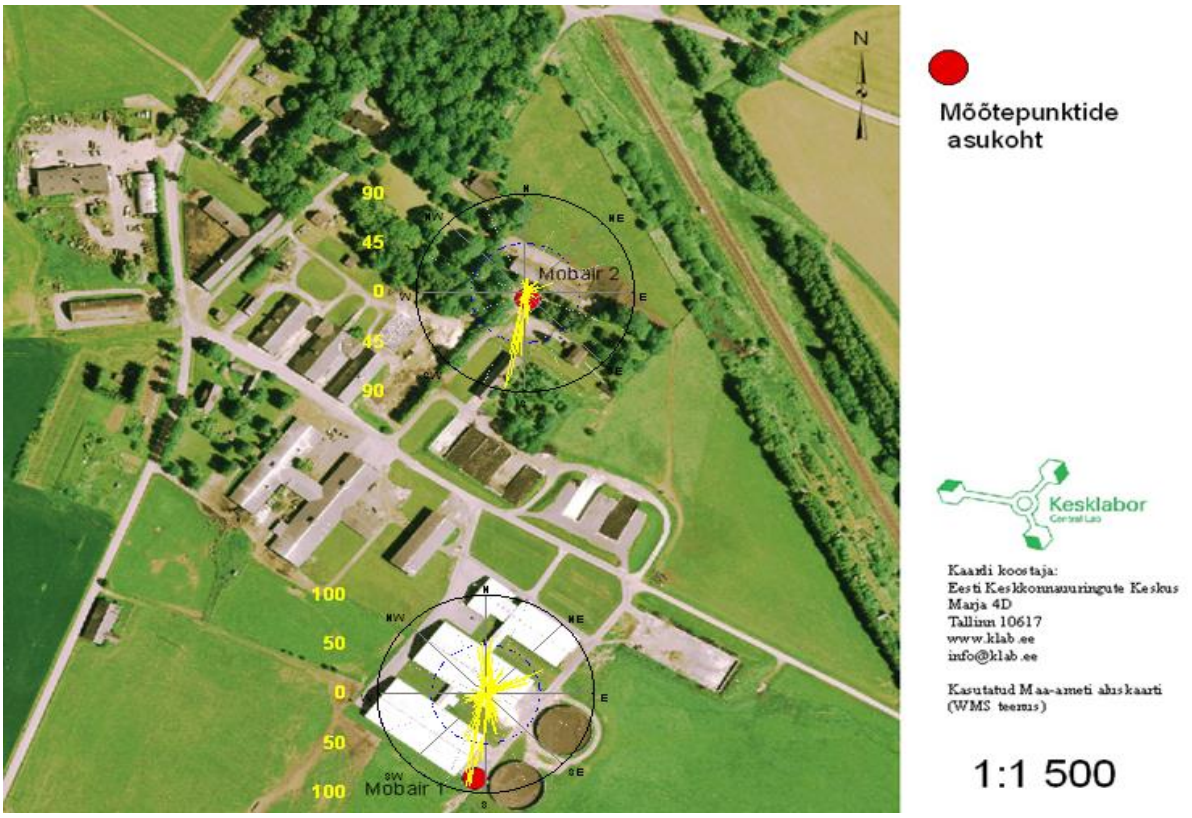
Joonis 42 CH_4 summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 43 CH_4 summaarne saastevoog Säknas



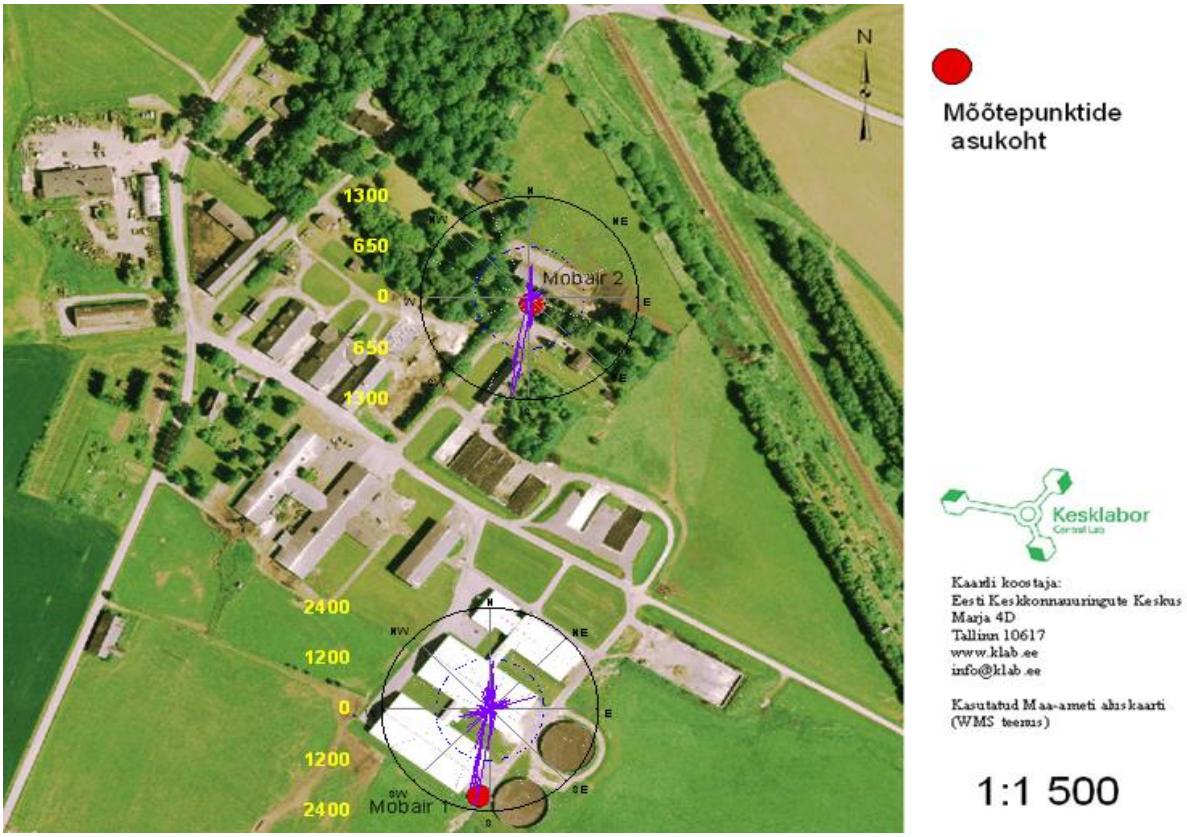
Joonis 44 NMHC summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 45 NMHC summaarne saastevoog Säknas



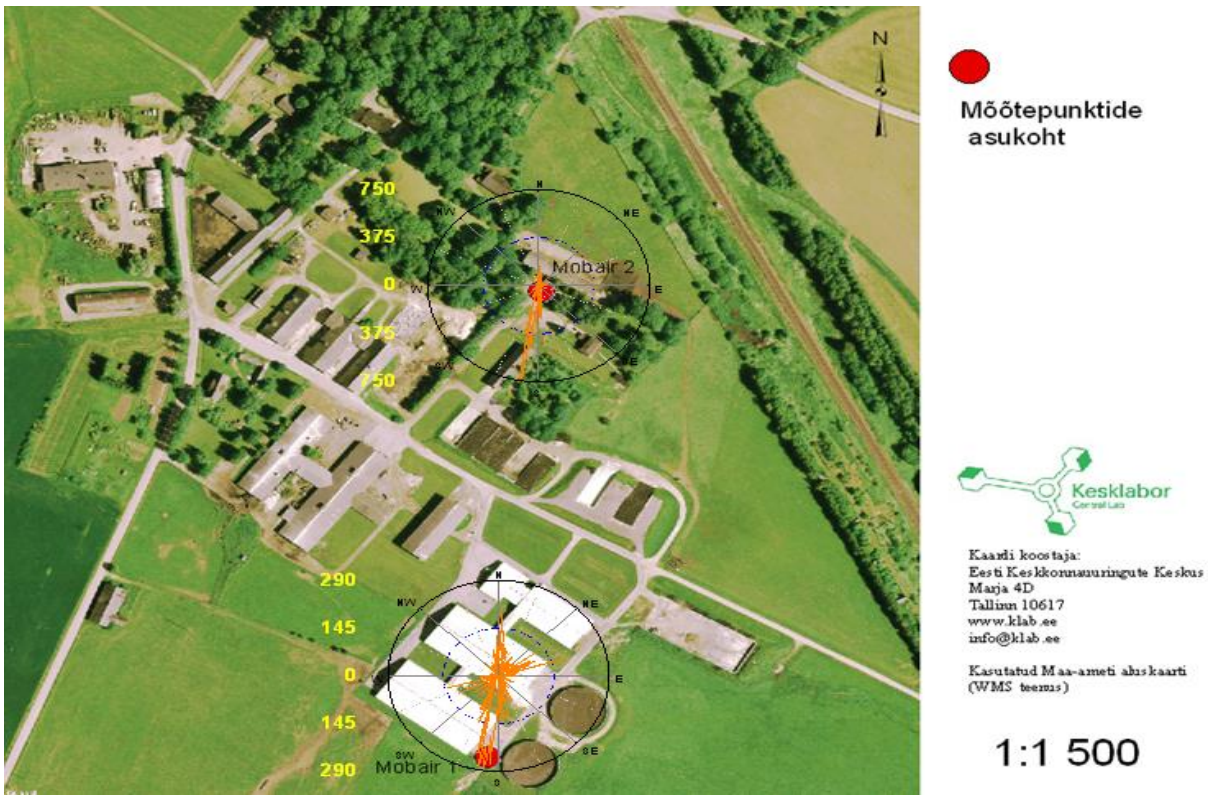
Joonis 46 NO_2 summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 47 NO_2 summaarne saastevoog Säknas



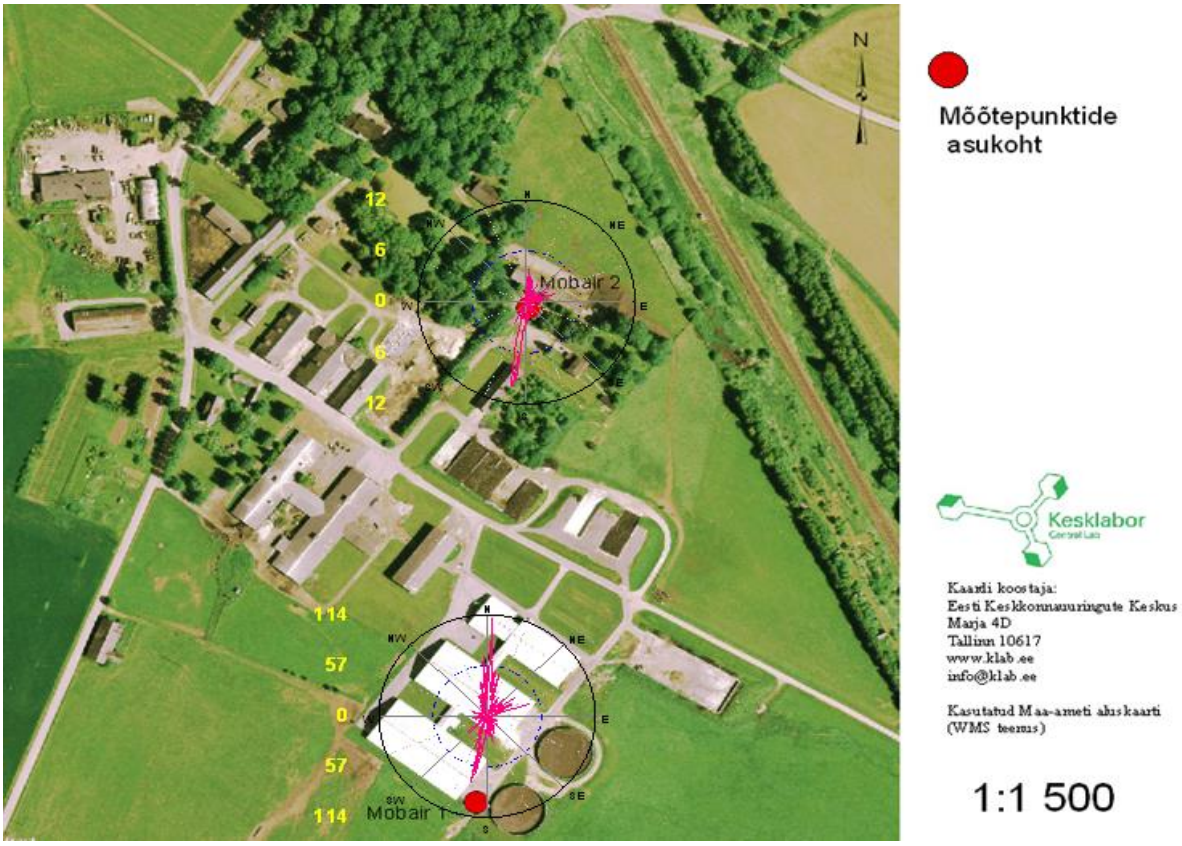
Joonis 48 O_3 summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 49 O_3 summaarne saastevoog Säknas



Joonis 50 PM_{10} summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 51 PM_{10} summaarne saastevoog Säknas



Joonis 52 SO_2 summaarne saastevoog Vorbusel

Joonis 53 SO_2 summaarne saastevoog Säknas

2.4 NH_3 lendumine sõnnikuhoidlatest

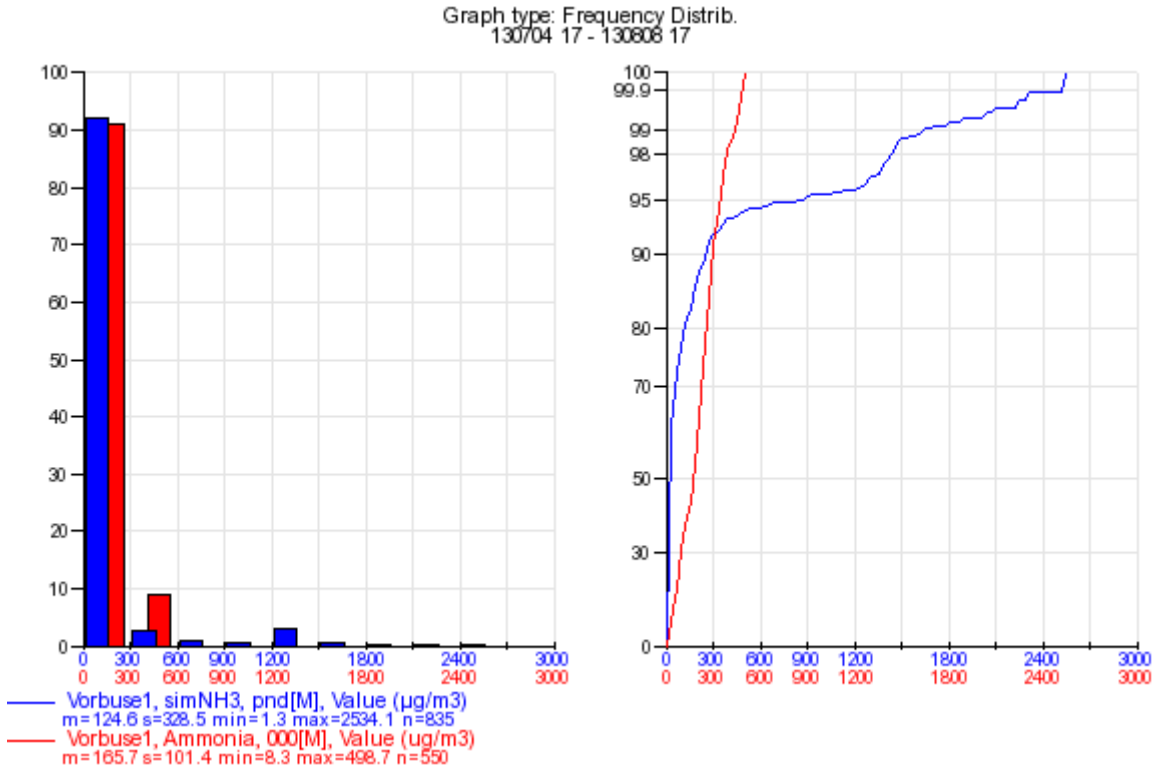
NH_3 sõnnikuhoidlast lendumise hindamiseks kombineeriti välisõhu ja otseseid hoidla pinnalt teostatud emissioonimõõtmisi. Vorbuse ringja põhiplaaniga vedelsõnnikuhoidlasse paigutati ujukitel tuuletunnel. Tuuletunnelis tekitati kunstlik filtreeritud õhuvoog 0,002 m^3/s, mille korral on sõnnikhoidla pinna piirkihis tekkiva õhu liikumiskiirus 0,05 m/s. Tuuletunnel on konstrueeritud Ecoma GmbH (nüüdne Odournet) poolt ning on kooskõlas Frechen et al. (2004), Jiang et al., (1995) ja Bliss et al., (1995) uuringu tulemustega. NH_3 hetkelised heitkogused arvutati vastavalt Valemile 1.

NH_3 arvutuslike heit- ja hetkkoguste arvutamiseks kasutati keskkonnaministri määruses nr. 48 (RTL 2008, 99, 1390) „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ toodud eriheiteid.

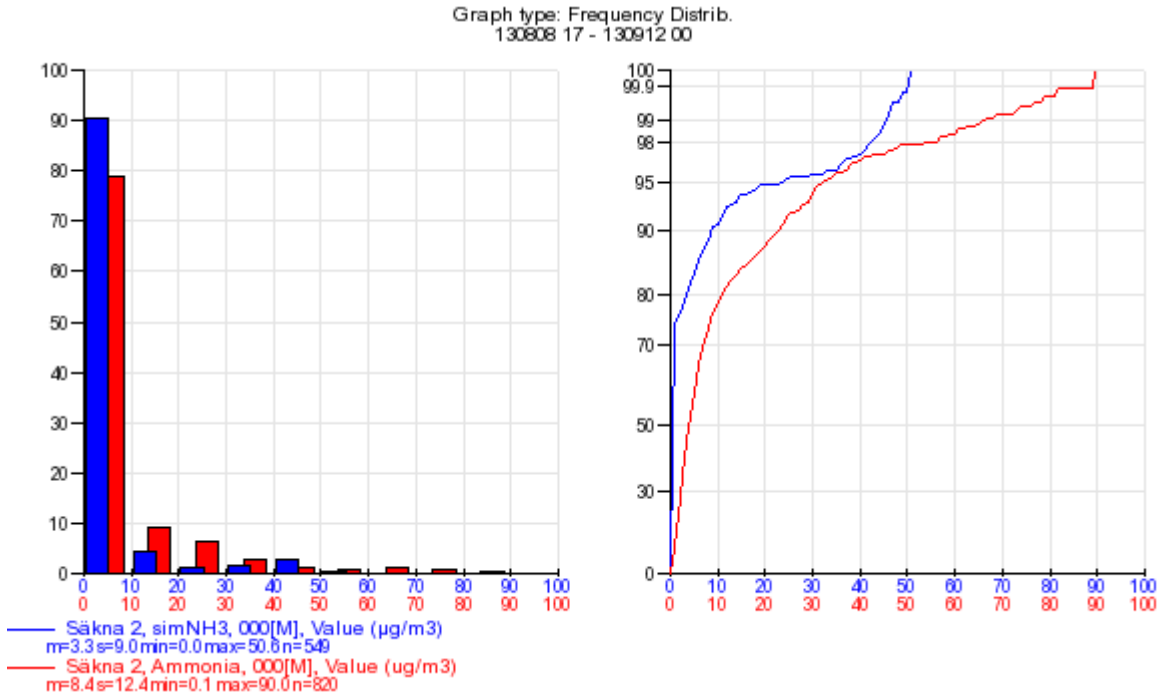
Seejärel koostati arvutuslike heitkoguste põhjal NH_3 emissiooniandmebaas, kus Vorbuse laudahooned ja vedeslsõnnikuhoidlad defineeriti vastavalt pindala suurusele kui pindsaasteallikad. Säkna puhul defineeriti pindallikatena vaid sõnnikuhoidlad, laudahoonete ventilatsioonikorstnad sisestati punktallikatena. Hajumisarvutused teostati IAirviro keskkonnas oleva Euleri hajumismudeliga, kus modelleeritava ala võrgusilmaks oli 25x25 m. Kõik laudahooned, hoidlad ja mõõtepunktid jäid modelleeritava ala sisse. Seejärel võrreldi modelleeritud ja mõõdetud tulemusi.

Üldiselt on Vorbuse tulemuste puhul täheldatav modelleeritud kontsentratsioonide kuni 80% ülehindamine. Modelleeritud tulemuste juures ülehinnatakse just maksimaalseid tulemusi, mis küündivad kuni 2500 $\mu g/m^3$, samas kui reaalselt mõõdetud kontsentratsioonid mõõtepunktis küündisid 500 $\mu g/m^3$.

Säkna puhul on olukord pigem vastupidine – modelleeritud NH_3 tasemed on mõnevõrra madalamad kui mõõdetud tasemed. See omakorda viitab tegelikkuses suurematele emissioonidele kui arvutusliku metoodika puhul. Sarnastele tulemustele jõuti ka 2012. a. Säkna välisõhu mõõtetulemuste puhul. Antud juhul tuleks hinnata Säkna sigala keskkonnaloas toodud heitkoguste vastavust tegelikele heitkogustele ning analüüsida, kas sigala keskkonnaloas on võetud arvesse kõik sigade tsüklid. Samas on Säknaga sarnases Lutsu vedelsõnnikuhoidlas otseste mõõtmistega tuvastatud 64,4 korda madalamad hetkelised heitkogused võrrelduna arvutusliku metoodikaga. Taolist tendentsi (oluliselt madalamad mõõtetulemused võrrelduna määruse lendumisprotsentidega) kinnitavad kõik Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt teostatud vedelsõnnikuhoidlate mõõtmised.



Joonis 54 Vorbuse modelleeritud ja mõõdetud NH_3 tasemed Mobair1 mõõtepunktis



Joonis 55 Säkna modelleeritud ja mõõdetud NH_3 tasemed Mobair2 mõõtepunktis

Heitmete ülehindamise ja alahindamise põhjuseid võib olla mitmeid:

1. Määruse nr 48 hoidlate liiga kõrged lendumisprotsendid;

2. Emissiooniandmebaasi ebatäpsus, st allikate tegelik jaotus ja dünaamika erinev, sh tegelik loomade arv erinev
3. Vorbusel 2007. a. teostatud mõõtmiste põhjal (Maasikmets, 2007) on mullikalaudas mõõdetud oluliselt kõrgemad NH_3 eriheited kui määruses nr 48, vastavalt 23,34 kg/a ja 2,1-4,6 kg/a, st ca 10 kordne erinevus
    a. Üheks võimalikuks kõrge eriheite põhjuseks võib olla asjaolu, et mullikalautades olevad mullikad saavad lüpislaudast ülejäänud lüpsilehmadele mõeldud kõrge toiteainete sisaldusega sööta, kuid mullikad ei suuda toidust omastada kõiki toitaineid ning väljutavad need sõnnikuga.
    b. Samas ei soovita hetkel Vorbuse mullikalauda eriheited määruses eriheidete aluseks võtta kuna eelnevalt peaks hindama kas ja mis ulatuses taoline pidamisviis Eestis levinud on.
4. Kehtivas määruses ei ole arvestatud NH_3 sesoonse dünaamikaga. NH_3 puhul on emissioon otseselt sõltuv temperatuurist ning pH-st. Kõrgema temperatuuri juures suureneb NH_3 emissioon, olles Eesti tingimustes maksimaalne suvel ning minimaalne talvel.
    a. Temperatuurist sõltuva NH_3 heitega võiks arvestada tulevikus määruse nr 48 täiendamisel.
    b. Ühtlaselt üle aasta jaotatava NH_3 hetkkogusega tekib soojal perioodil alahindamise ning külmal perioodil ülehindamise oht

Võrreldes Vorbuse sõnnikuhoidla NH_3 otsesel mõõtmisel (24.07.2013 kuni 31.07.2103 pidevmõõtmised) ja määruse põhjal leitud hetkelisi heitkoguseid (Tabel 4), siis nähtub, et otsesel mõõtmisel saadud hetkelised heitkogused on 56,55 korda madalamad.

Tabel 4 Vorbuse sõnnikuhoidla hetkeliste heitkoguste võrdlus

Sõnnikuhoidla tüüp	Määrus nr 48 põhjal leitud NH_3 hetkeline heitkogus, g/s	Otsestel mõõtmistel leitud NH_3 hetkeline heitkogus, g/s
Vorbuse, ringja põhiplaaniga vedelsõnnikuhoidla, loomuliku koorikkattega, summaarne pindala 2287 m^2	1,316	0,023

Lisaks võrreldi teistes Eesti käitiste (Hummuli Agro, Torma POÜ, TAC, Lutsu sigala) vedelsõnnikuhoidlates otseseid mõõtetulemusi arvutuslike mõõtetulemustega ning leiti NH_3 lendumisprotsendid (Tabel 5). Hoidlate lämmastiku (N) lendumisprotsentide võrdlusest nähtub, et mõõdetud N lendumised varieeruvad vahemikus 0,04 % kuni 8,05 %. Madalaim on N lendumisprotsent talvisel perioodil ning kõrgeim suvisel perioodil laguuntüüpi hoidlast. Keskmine N lendumisprotsent veisekasvatuses laialt levinud ringja põhiplaaniga vedelsõnnikuhoidlast on 0,63%, laguuntüüpi hoidlast ca 3% ning sigala sõnnikujahutusega vedelsõnnikuhoidlast 0,38%. Võrdluses nähtub ka suvise ja talvise NH_3 emissiooni ja N% suured erinevused. Talvisel ajal kui hoidla on külmunud, on NH_3 emissioon kordades väiksem võrrelduna suvise perioodiga. Võrreldes mõõdetud N% tulemusi määruse algallikaks olnud Taani uuringuga (Dias, 1998), nähtub, et antud uuringu tulemusena tuuakse välja N% 0,9-2% (lk 53), mis kehtib muu hulgas ka loomuliku koorikuga vedelsõnnikuhoidlate puhul. Grönroos et al., (2009) põhjal lendub vähendamismeetmeteta vedelsõnnikuhoidlast N kuni 15%. Loomuliku katte olemasolul lendub sellest omakorda 45% vähem lämmastikku, seega ca 8,25% kogu lämmastikust. Ujuvkatte kasutamisel on N lenduvus antud uuringu põhjal 3,75%. Antud näitajad on kõik oluliselt madalamad määruses nr 48 kasutatavatest vedelsõnnikuhoidla N lendumisprotsentidest.

Tabel 5 Hoidlate NH_3 lendumisprotsentide võrdlus

Käitis, periood	Hoidla tüüp	Pindala, m2	NH_3 tase mg/m3	Teoreetiline, g/s	Mõõdetud, g/s	Erinevus	N lendumine %, määruses	N lendumine %, mõõdetud
Vorbuse, suvi	Vedel, ringjas betoonhoidla	2287	3.053	1.316	0.023	56.55	40	0.86
Hummuli, suvi	Vedel, laguun	9800	8.053	1.897	0.316	6.01	40	8.05
Hummuli, sügis	Vedel, laguun	9800	0.841	1.897	0.033	57.58	40	0.84
Hummuli, talv	Vedel, laguun	9800	0.038	1.897	0.001	1290.65	40	0.04
TAC, suvi	Vedel, ringjas betoonhoidla	1963.5	1.900	1.057	0.012	84.99	40	0.57
Torma, suvi	Vedel, ringjas metallhoidla	1400	3.500	1.682	0.016	103.00	40	0.47
Lutsu, sigala, suvi	Vedel, ringjas betoonhoidla, sõnniku jahutus	3000	0.800	0.515	0.008	64.40	20	0.38

Määruses nr 48 tuleks selgelt defineerida kaetud ja katmata hoidla mõiste. Hetkel on kaetud hoidla tüüpi lendumisprotsentide kasutamise praktika väga erinev – paljud eksperdid loevad kaetud tüüpi hoidlateks ka loomuliku kattega hoidlaid. Taoline lähenemine pole korrektne, kuna jäiga ja loomuliku kattega hoidlate emissioonid on oluliselt erinevad. Samuti pole Eestis teada ühtegi kaetud laguuntüüpi hoidlat, mistõttu võiks seda tüüpi hoidla määrusest välja jätta. Juhul kui lähiajal mõni taoline ehitatakse, siis võiks sealt pärinevaid emissioone mõõta otseste mõõtmistega.

Ülaltoodust lähtuvalt võiks rakendada järgmisi lendumisprotsente:

1. Ringja põhiplaaniga vedelsõnnikuhoidlad (loomulik koorik) – vähemalt 10%.
2. Laguuntüüpi vedelsõnnikuhoidlad (loomulik koorik) – vähemalt 20%.

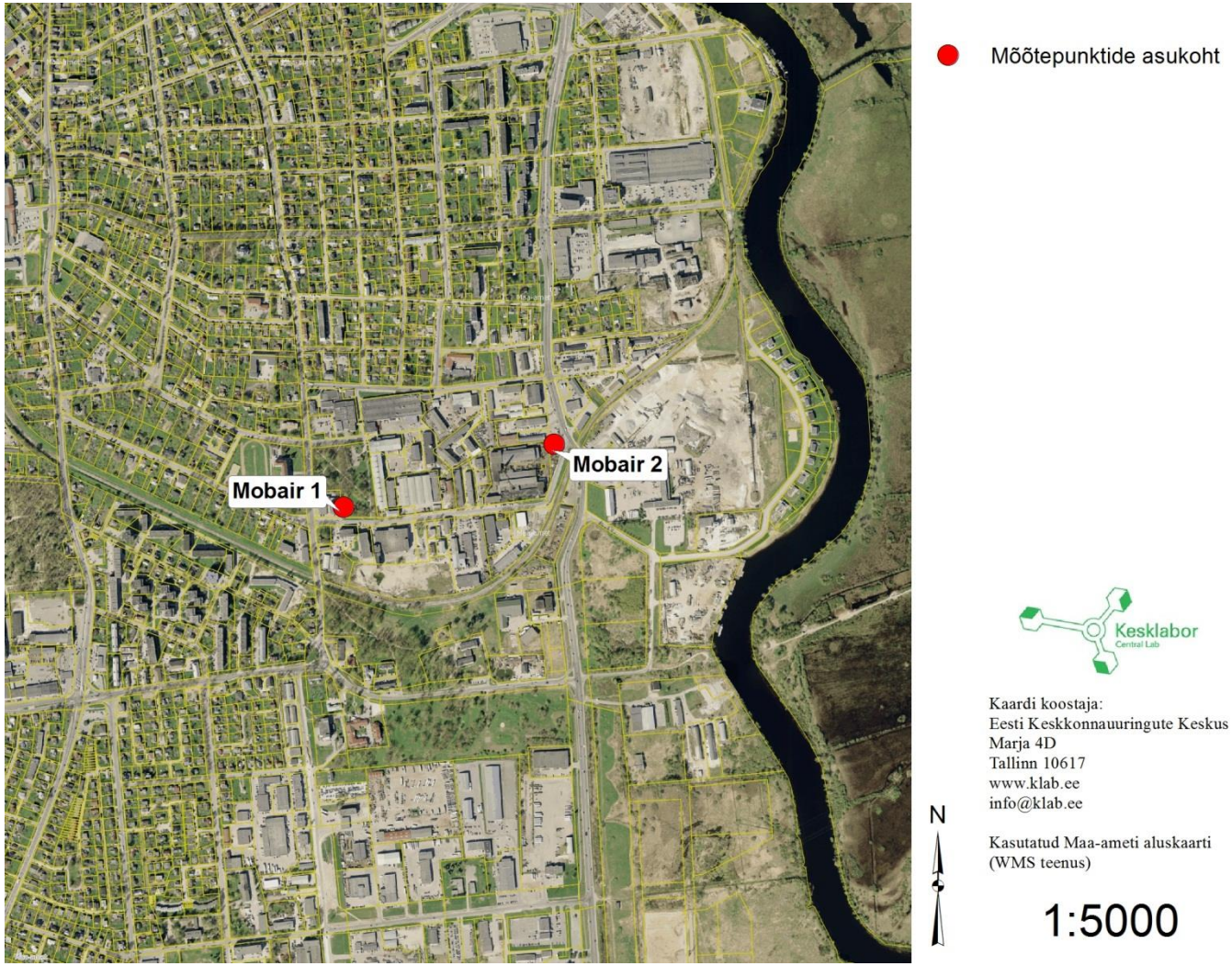
Kõrgemad lendumisprotsendid võrreldes mõõdetud lendumisprotsentidega on soovitatud selle eesmärgiga, et arvutusliku metoodika kasutamisel **oleks igal juhul tagatud halvimate tingimustega arvestamine**. Sarnaseid lendumisprotsente on soovitatud ka Dias (1998) ja Grönroos et al. (2009) aruannetes. Samas ei pruugi antud eriheide sisaldada sõnniku segamisel ja väljaveol tekkivaid lisaemissioone, kuna vastavaid mõõtmisi pole Eestis seni tehtud. Sellest lähtuvalt võiks lähiajal täpsustada sõnnikuhoidla segamisest ja sõnnikuveost tekkivaid lisaemissioone.

Lisaks tuleb kaaluda NH3 ja H2S piirväärtuste tagamise nõude kehtivust põllumajandusallikate puhul, mis piirnevad vaid maatulundusmaaga. Nii Vorbuse kui Säkna puhul tuvastati korduvalt NH3 ja H2S välisõhu kvaliteedi piirväärtuste ületamisi. Antud piirväärtused on kehtestatud inimtervise kaitseks ning tegemist on nö siseriiklike välisõhu kvaliteedi piirväärtustega. Juhul kui põllumajanduslik käitis piirneb elamumaaga, võiks olla antud piirväärtuste tagamine kohustuslik, kuid maatulundusmaaga piirnevatel katastriüksusel võiks olla erandi tegemise võimalus, kuna antud kohas piirväärtuse ületamisega ei seata inimtervist otseselt ohtu.

2.5 Mõõtmistulemused: Tartu valumehaanika

Ajavahemikus 13.09.2013 – 28.11.2013 teostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ välisõhu kvaliteedi mõõtmisi As Tartu Valumehaanika territooriumil. Mõõtekampaania läbiviimiseks kasutati kahte liikuvat õhulaborit, mis on varustatud täisautomaatsete õhuanalüsaatoritega ning milledega määrati välisõhus erinevate saastekomponentide nagu peente osakeste (PM10), vääveldioksiidi (SO2), lämmastikdioksiidi (NO2), süsinikmonooksiidi (CO), osooni (O3), ammoniaagi (NH3), väävelvesiniku (H2S) ja summaarsete süsivesinike sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid (välisõhu temperatuur, õhuniiskus, tuule kiirus, tuule suund). Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati peente osakeste (PM10) sisaldust gravimeetriliselt, kogudes tolmu spetsiaalsetele filtritele, milledelt määrati hiljem laboris ioonide (Cl, NO3, NH4, SO4, Na, Ca, K ja Mg) sisaldus.

Lisaks saastetasemete analüüsile kajastavad alljärgnevad peatükid ka saasteainete summaarse saastevoo graafikuid, mille põhjal on võimalik määrata saasteainete pärinemise suund ja tuvastada võimalikud saasteallikad piirkonnas. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskmiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi.



Joonis 56 Mobair mõõtepunktide asukoht Tartus

2.6 Mõõtmistulemused

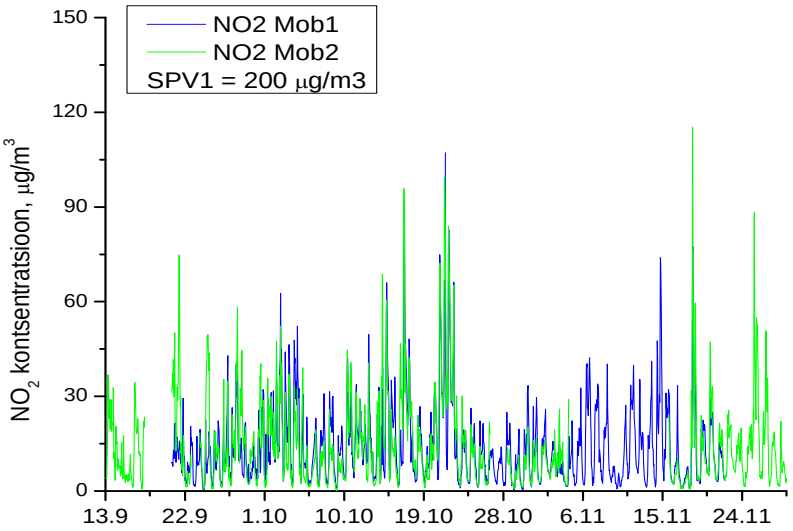
Välisõhukvaliteedi mõõtmised Tartus viidi läbi kahe mobiilse mõõtelaboriga. Mobair 1 registreeris saastetasemeid 20.09.2013 - 21.11.2013 ning Mobair 2 13.09.2013 – 28.11.2013. Ööpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega CO, O_3, NO_2, SO_2, THC, NH_3, H_2S, PM_{10} kontsentratsioone ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati peente osakeste (PM_{10}) sisaldust gravimeetriliselt, kogudes tolmu spetsiaalsetele filtritele, milledelt määrati hiljem laboris ioonide (Cl, NO_3, NH_4, SO_4, Na, Ca, K ja Mg) sisaldus.

Tartu seirejaama andmetel puhusid mõõteperioodil 13.09 - 28.11.2013 valdavalt lõuna ja kagu tuuled, keskmise kiirusega 1,2 m/s, suhteline õhuniiskus oli keskmiselt 79 % ning välisõhu temperatuur 7,4 ^{o}C.

Tabel 6 Tuulte esinemissagedus Tartus, %

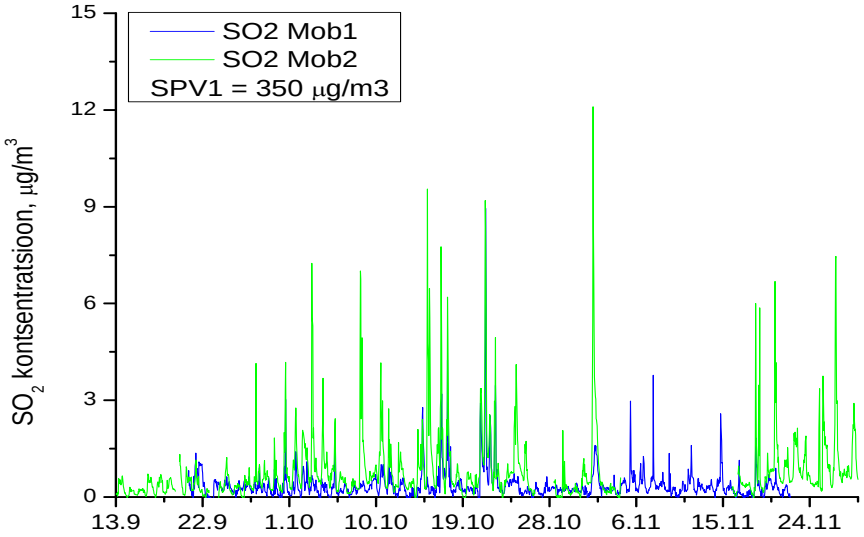
Tuule suund	(kraadi)	Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 ^{o}	2.7
Kirre (NE)	22.5-67.5 ^{o}	1.9
Ida (E)	67.5-112.5 ^{o}	11.6
Kagu (SE)	112.5-157.5 ^{o}	16.7
Lõuna (S)	157.5-202.5 ^{o}	26.8
Edel (SW)	202.5-247.5 ^{o}	15.1
Lääs (W)	247.5-292.5 ^{o}	10.9
Loe (NW)	292.5-337.5 ^{o}	14.4

Lämmastikdioksiidile (NO_2) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 200 µg/m^3, millest registreeritud kontsentratsioonid mõõteperioodil madalamaks jäid. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõtepunktis 1 oli vastavalt 107,2 µg/m^3 (21.10) ja mõõtepunktis 2 115,3 µg/m^3 (18.11) (Joonis 57). Mõõteperioodi keskmine NO_2 sisaldus oli MP1-s 14,3 µg/m^3 ja MP2-s 14,5 µg/m^3.



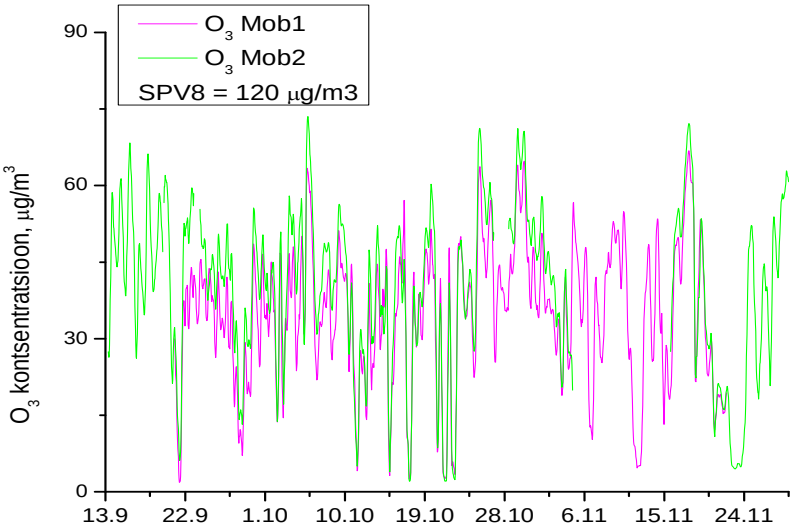
Joonis 57 NO_2 tunnikeskmised kontsentratsioonid

Vääveldioksiidile (SO_2) kehtib tunnikeskmine ja ööpäevakeskmine piirväärtus vastavalt 350 µg/m^3 ja 125 µg/m^3. Mõõdetud kontsentratsioonid jäid seireperioodil madalamaks kui kehtivad piirväärtused. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon MP1-s oli 9,0 µg/m^3 (21.10) ja MP-2 vastavalt 12,1 µg/m^3 (01.11) (Joonis 58). Mõõteperioodi keskmine SO_2 sisaldus MP1-s oli 0,4 µg/m^3 ja MP2-s 0,8 µg/m^3.



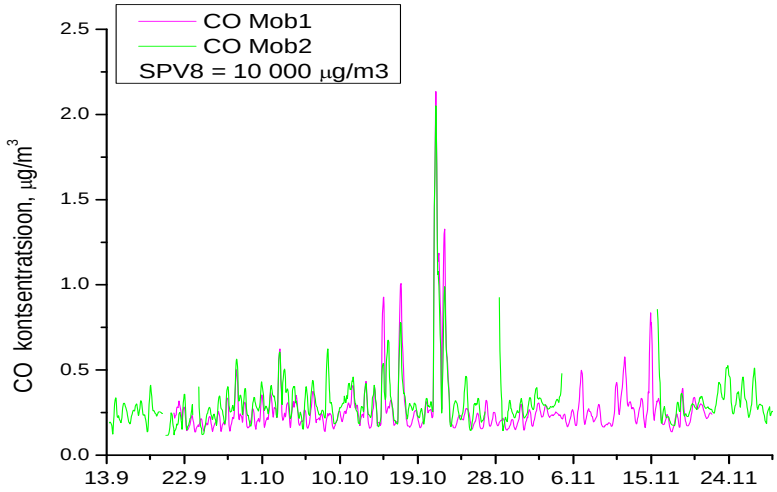
Joonis 58 SO_2 tunnikeskmised kontsentratsioonid

Osoonile (O_3) kehtib 8 h libisev keskmine sihtväärtus 120 µg/m^3. Mõõdetud kontsentratsioonid jäid mõlemas mõõtepunktis kehtivast sihtväärtusest madalamaks. Maksimaalne 8 h libisev kontsentratsioon oli MP1-s 66,8 µg/m^3 (17.11) ja MP2-s 73,5 µg/m^3 (05.10) (Joonis 59). Mõõteperioodi keskmine O_3 sisaldus MP1-s oli 34,7 µg/m^3 ja MP2-s 39,8 µg/m^3.



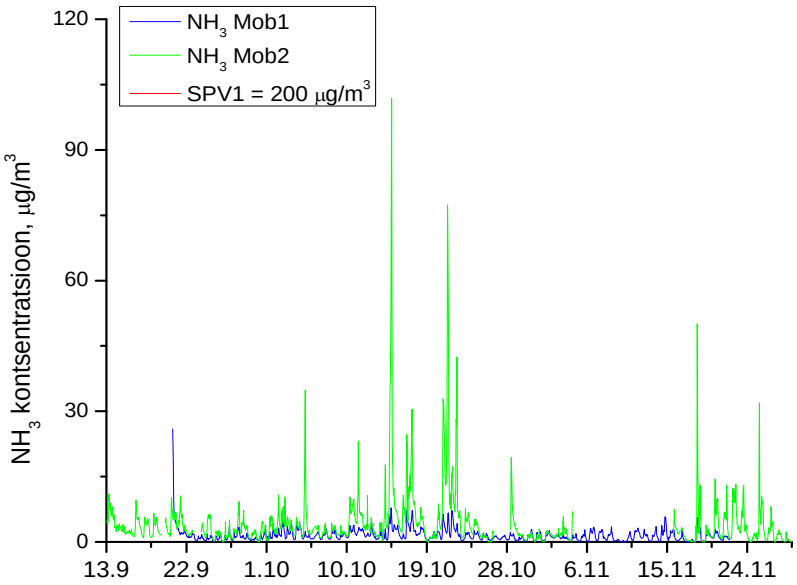
Joonis 59 O_3 8h libisev keskmine kontsentratsioon

Süsinikmonooksiidile (CO) kehtib 8 h libisev keskmine piirväärtus 10 mg/m^3. Mõõdetud kontsentratsioonid jäid mõlemas mõõtepunktis kehtivast piiräärtusest madalamaks. Maksimaalne 8 h libisev kontsentratsioon oli MP1-s 2,1 µg/m^3 (21.10) ja MP2-s 2,1 µg/m^3 (21.10) (Joonis 60). Mõõteperioodi keskmine CO sisaldus MP1-s oli 0,3 µg/m^3 ja MP2-s 0,3 µg/m^3.

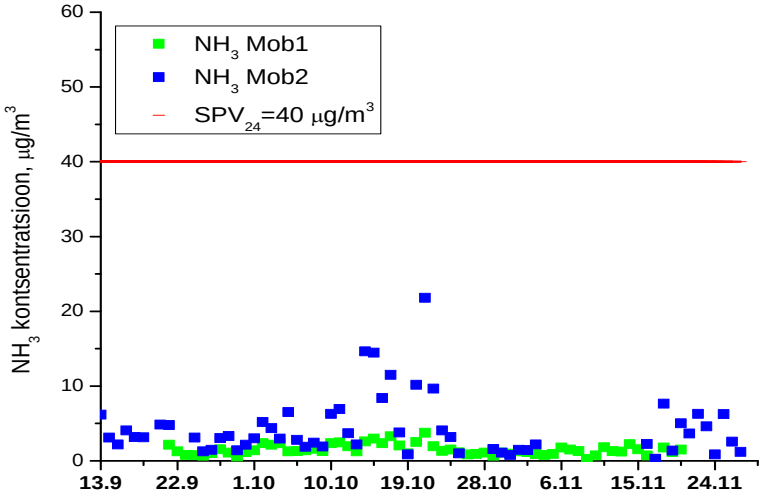


Joonis 60 CO 8 h libisev keskmine kontsentratsioon

Ammoniaagile (NH_3) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 200 µg/m^3 ja 40 µg/m^3. Ühtegi piirväärtust ületavat kontsentratsiooni mõõteperioodil ei registreeritud. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon MP1-s oli vastavalt 25,9 µg/m^3 (20.09)) ja 3,9 µg/m^3 (21.10) (Joonis 10). Mõõteperioodi keskmine NH_3 sisaldus MP1-s oli 1,5 µg/m^3 ja MP2-s 4,2 µg/m^3.



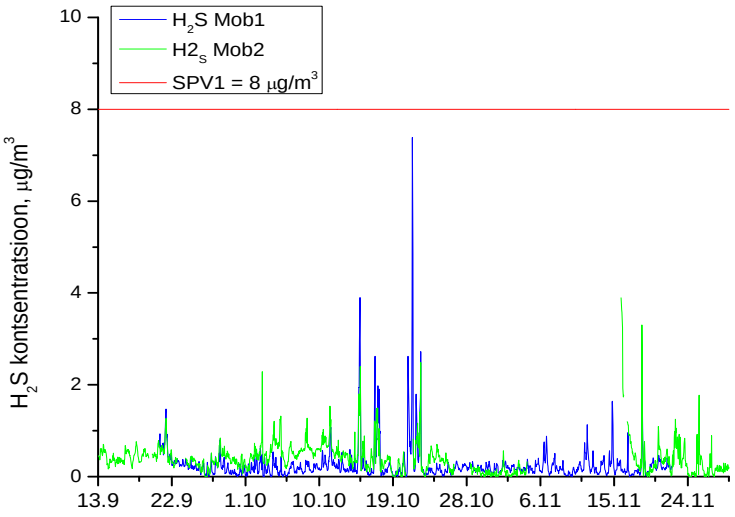
Joonis 61 NH_3 1h keskmised kontsentratsioonid



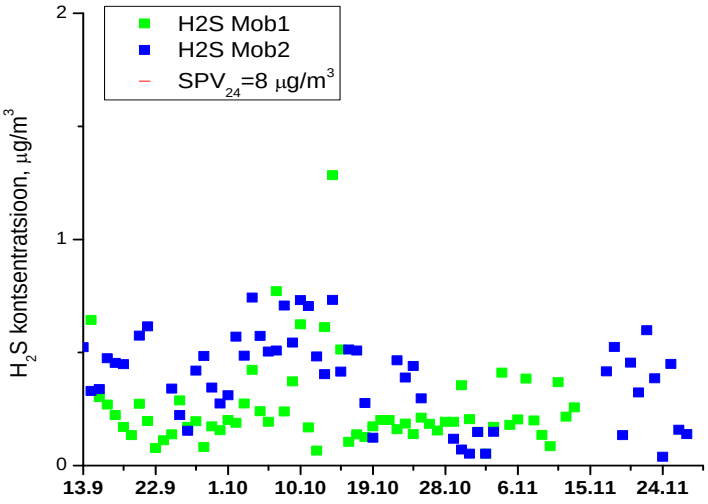
Joonis 62 NH_3 24h keskmised kontsentratsioonid

Väävelvesinikule (H_2S) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 8 µg/m^3. Mõõteperioodil ei täheldatud ühtegi piirväärtusest kõrgemalt kontsentratsiooni. Maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmine kontsentratsioon MP1-s oli vastavalt 7,4 µg/m^3 (21.10) (Joonis 11) ja 1,3 µg/m^3

(21.10) (Joonis 12) ning MP2-s 3,9 µg/m^3 (15.11) ja 0,7 µg/m^3 (04.10). Mõõteperioodi keskmine H_2S sisaldus 1. mõõtepuntkis oli 0,3 µg/m^3 ja 2. mõõtepunktis 0,4 µg/m^3.



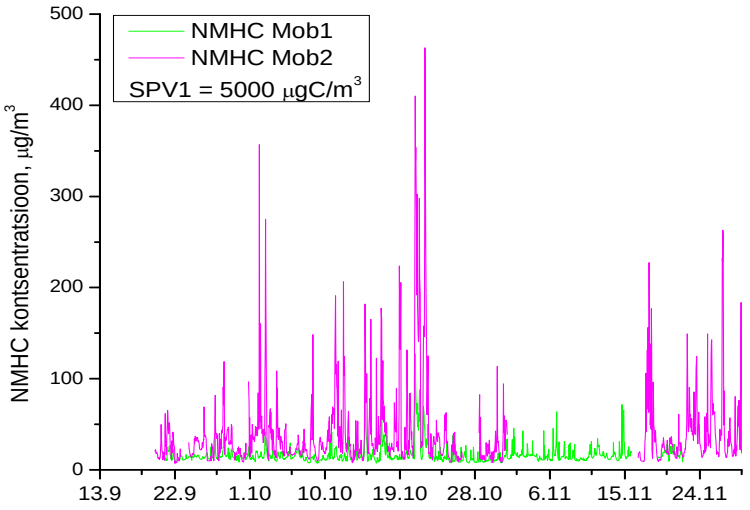
Joonis 63 H_2S 1h keskmised kontsentratsioonid



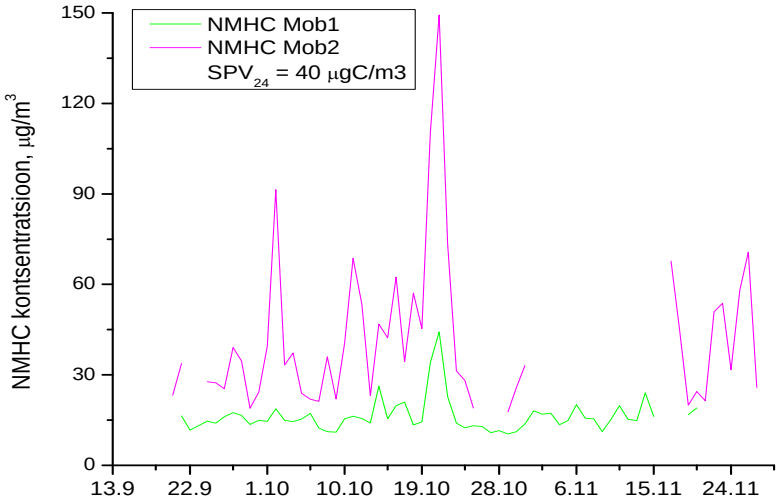
Joonis 64 H_2S 24h keskmised kontsentratsioonid

Alifaatsetele süsivesinikele (NMHC) kehtib 1 h ja 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 5000 µgC/m^3 ja 2000 µgC/m^3. Mõõdetud kontsentratsioonid jäid seireperioodil allapoole kehtivaid piirväärtusi.

Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõtepunktis nr 1 ja 2 oli vastavalt 127 µgC/m^3 (20.10) ja 463 µgC/m^3 (22.10) (Joonis 14) ning ööpäevakeskmine sisaldus vastavalt 44,2 µgC/m^3 ja 121,7 µgC/m^3 (21.10) (Joonis 15). Mõõteperioodi keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus MP1-s oli 16,3 µgC/m^3 ning MP2-s 40,6 µgC/m^3.

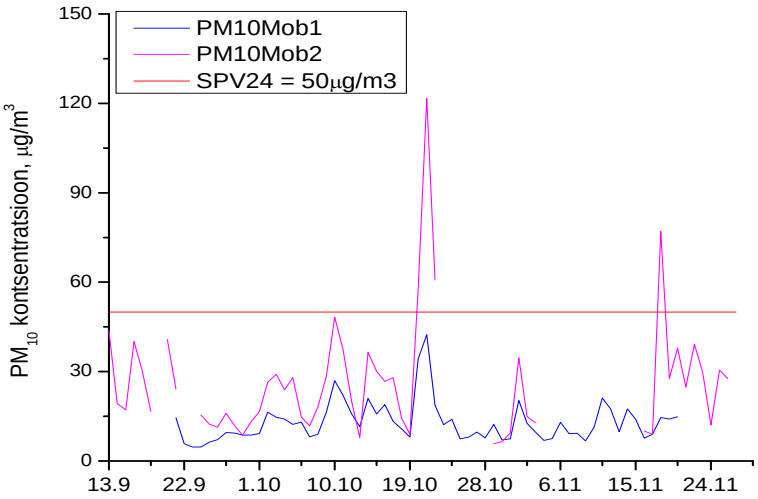


Joonis 65 NMHC 1h keskmised kontsentratsioonid



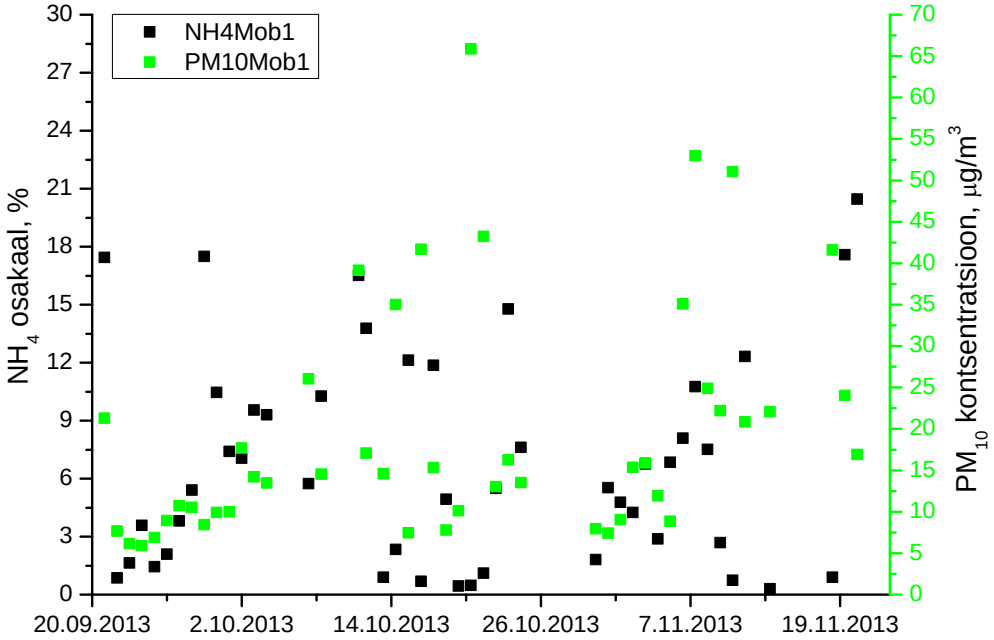
Joonis 66 NMHC 24h keskmised kontsentratsioonid

Peentele osakestele (PM_{10}) kehtib 24 h keskmine piirväärtus vastavalt 50 µg/m^3. 1. mõõtepunktis jäid kontsentratsioonid kehtivast piirväärtusest madalamaks. 2. mõõtepunktis ületas ööpäevakeskmine peente osakeste tase kehtivat piirnormi ühel korral. Maksimaalne 24 h keskmine kontsentratsioon MP1-s ja MP-2 oli vastavalt 42,4 µg/m^3 (21.10) ja 121,7 µg/m^3 (21.10)) (Joonis 16). Mõõteperioodi keskmine peente osakeste sisaldus oli 1. mõõtepunktis oli 12,9 µg/m^3 ning 2. mõõtepunktis 25,5 µg/m^3

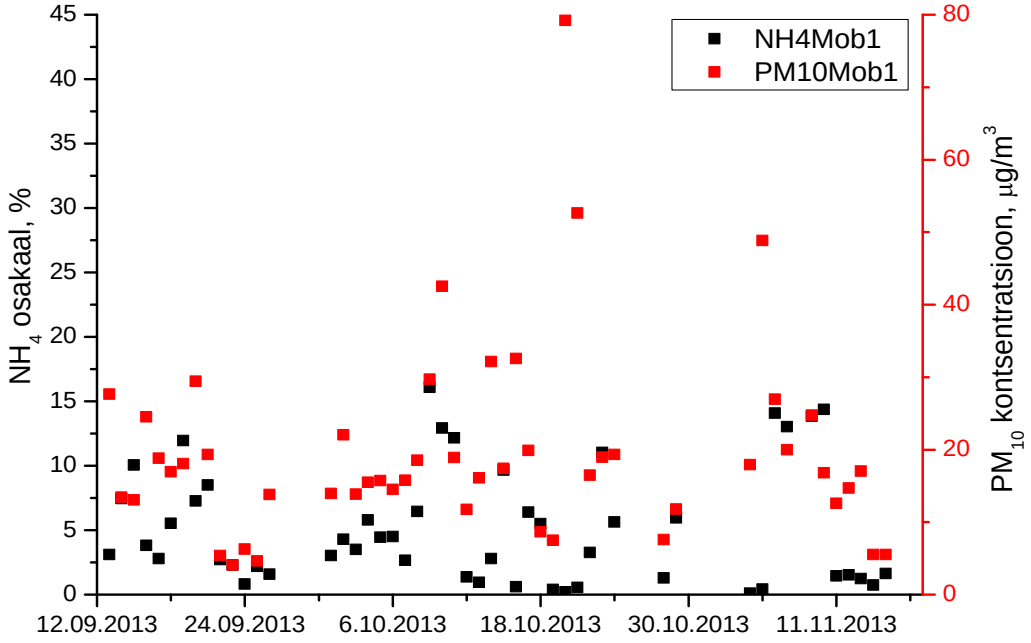


Joonis 67 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid

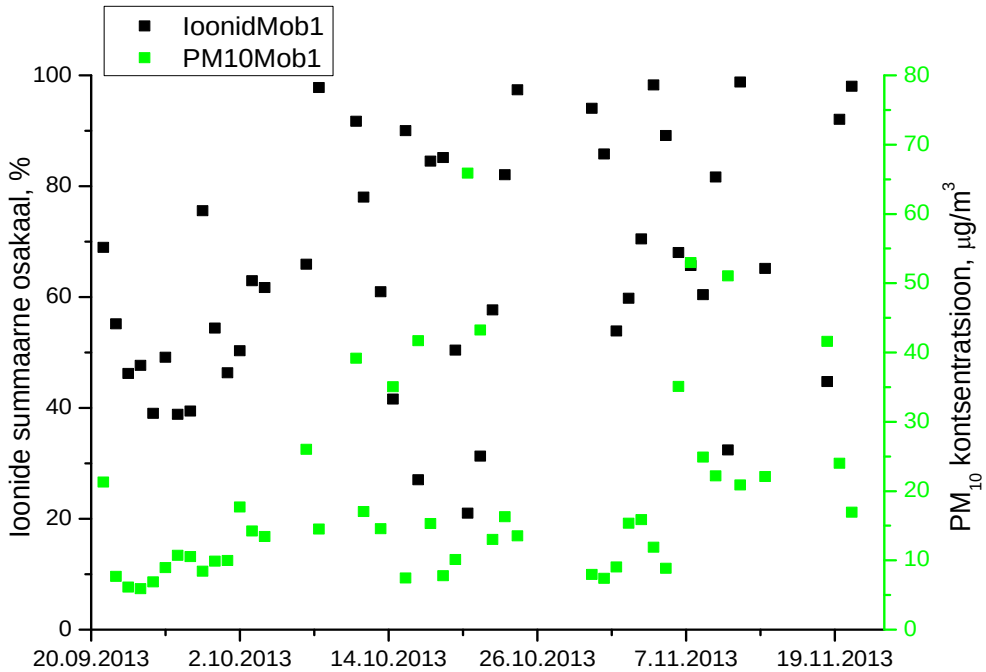
Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati peente osakeste sisaldust välisõhus gravimeetriliselt. Mõõteperioodil koguti 128 tolmuproovi (s.h 0-proovid). PM_{10} fraktsioonist määrati järgmiste ioonide sisaldus: SO_4^-, NO_3^-, NH_4^+, Cl^-, K^+, Na^+, Mg^+, Ca^+. Suurem tähelepanu oli ammooniumiooni sisaldusel PM_{10} fraktsioonis. Tulemused on esitatud Joonis 17 ja Joonis 18. Selgub, et mõlema mõõtebussiga teostatud välisõhu gravimeetriliste mõõtmiste tulemustes on NH_4^+ osakaal küllaltki sarnane. Suurim ammooniumiooni sisaldus mõõdeti MP1-s 20.11.2013 vastavalt 20,5% ja MP2-s 09.10.2013 16,1%. Vaatluse all oli ka ioonide summaarne osakaal peentolmu fraktsioonis. Suurima summaarse osakaaluga olid ioonid MP1-s 11.11.2013 kogutud proovides, kui vastavaks tulemuseks saadi 98,8% ja MP2-s 29.10.2013, kui ioonide summaarne sisaldus oli 97,8 %.



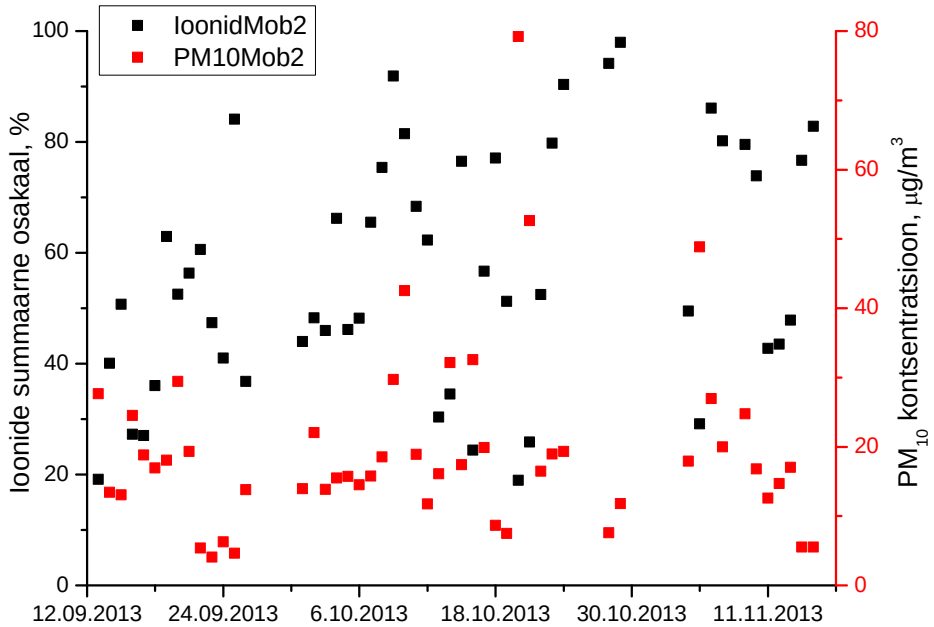
Joonis 68 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid, Mobair 1



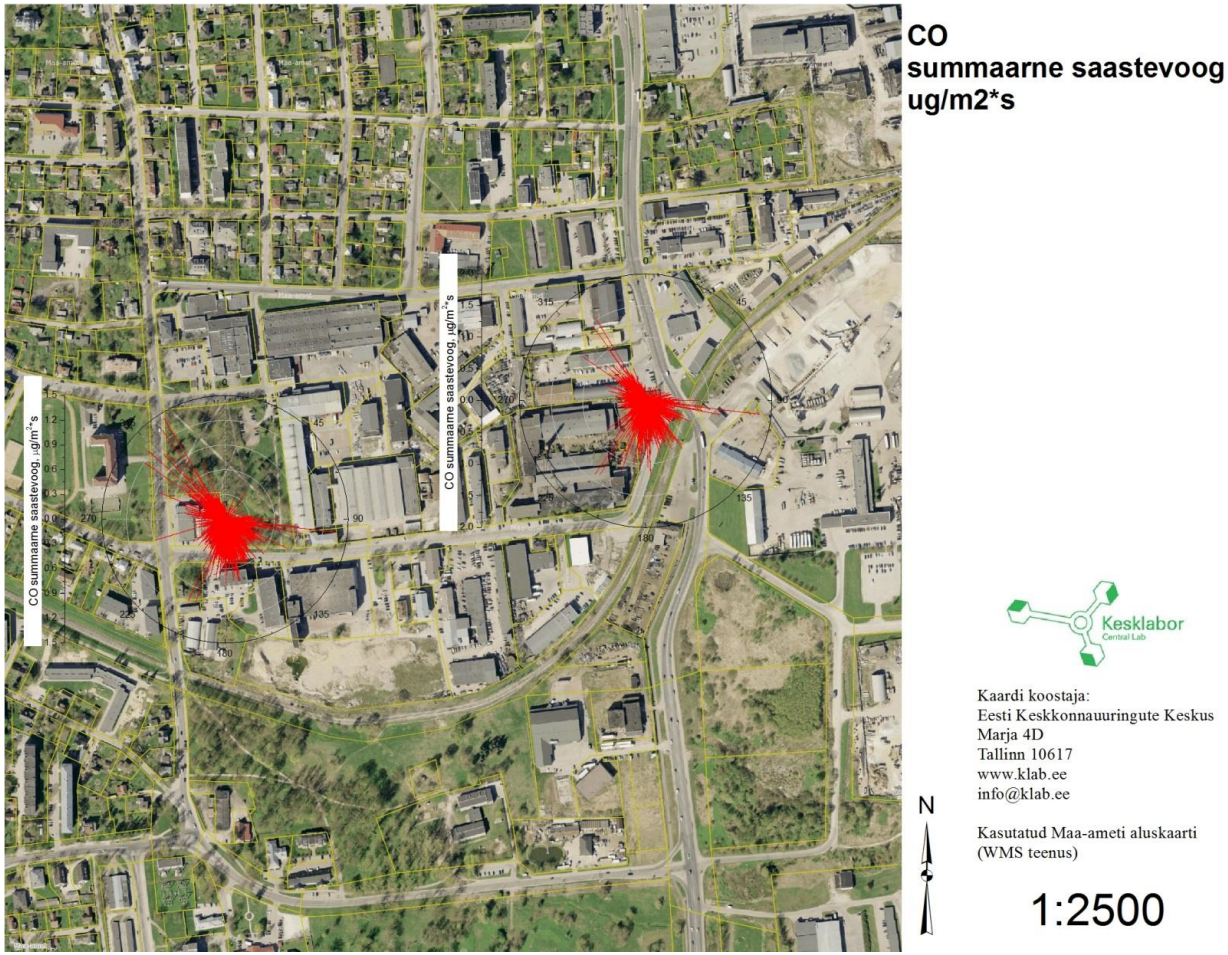
Joonis 69 NH_4 osakaal ja PM_{10} kontsentratsioonid, Mobair 2



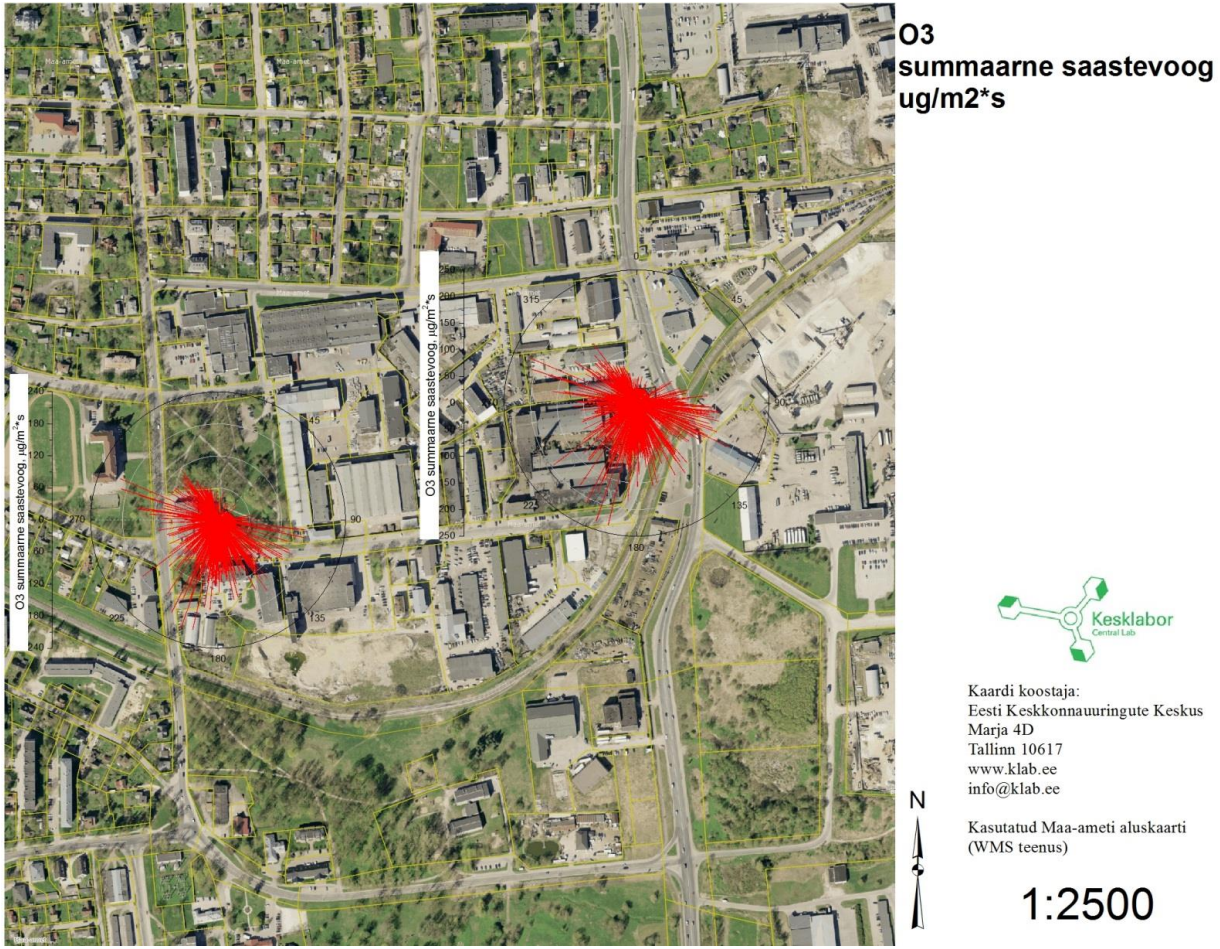
Joonis 70 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 1



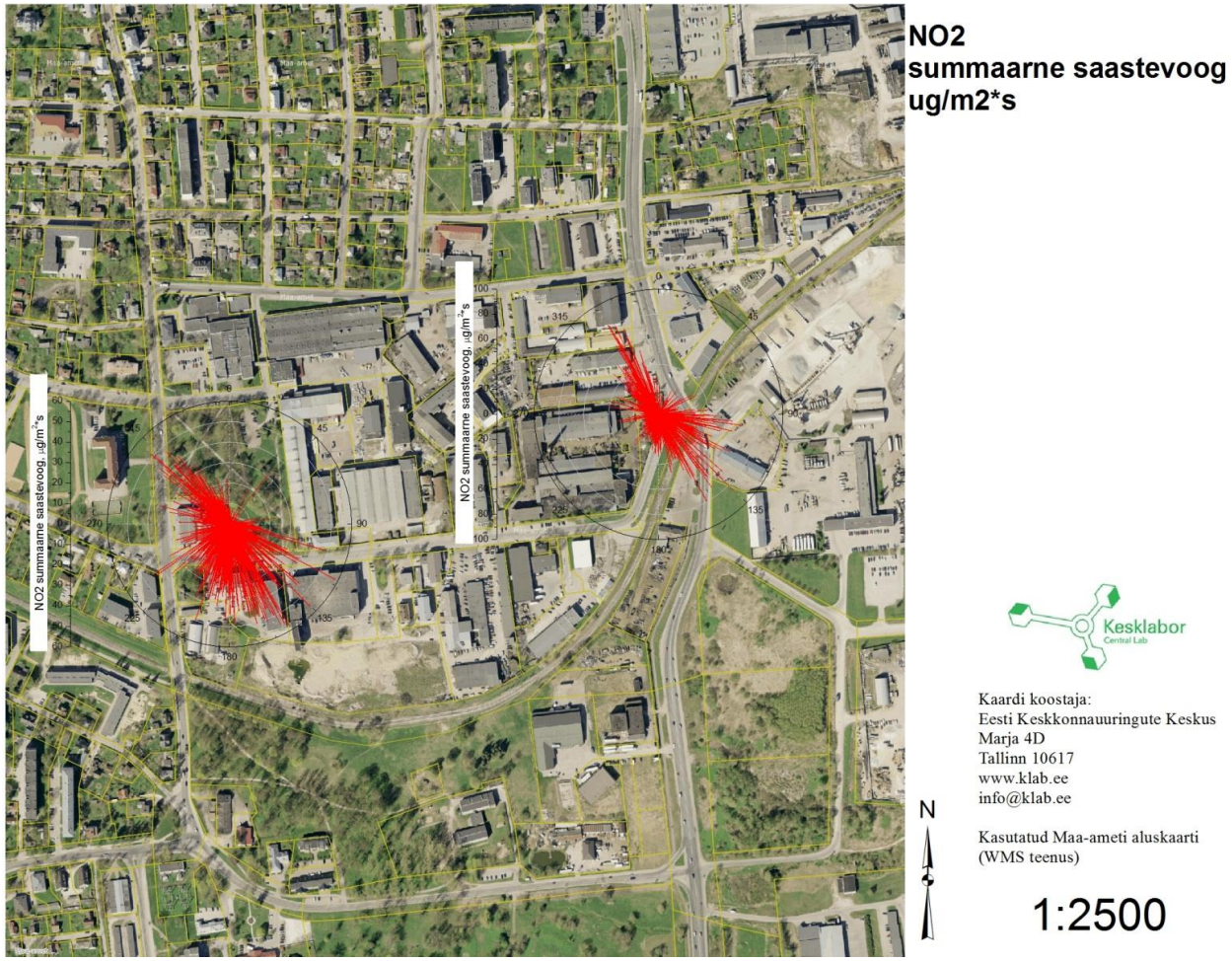
Joonis 71 Ioonide summaarne osakaal PM_{10} fraktsioonist, Mobair 2



Joonis 72 CO summaarne saastevoog

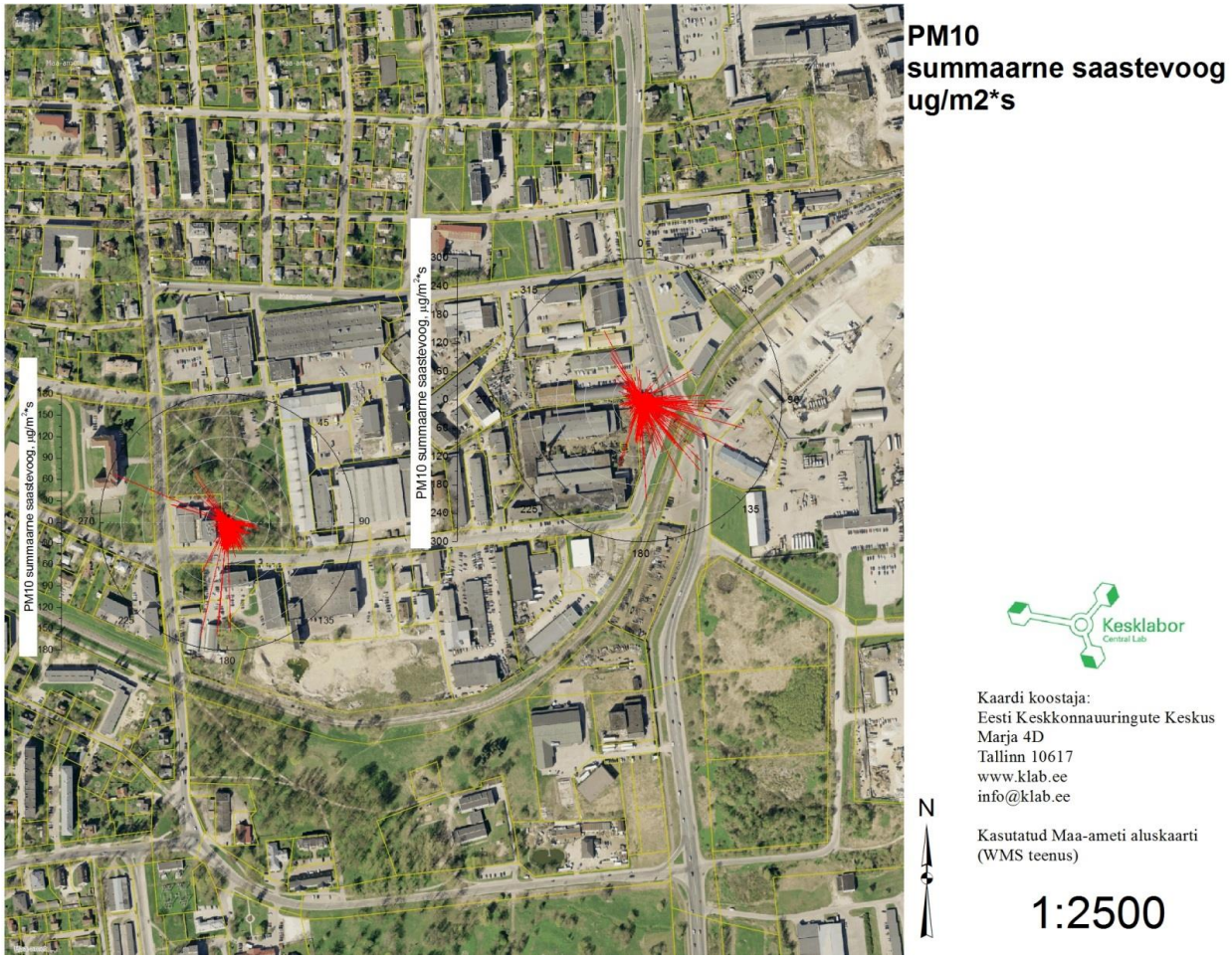


Joonis 73 O3 summaarne saastevoog

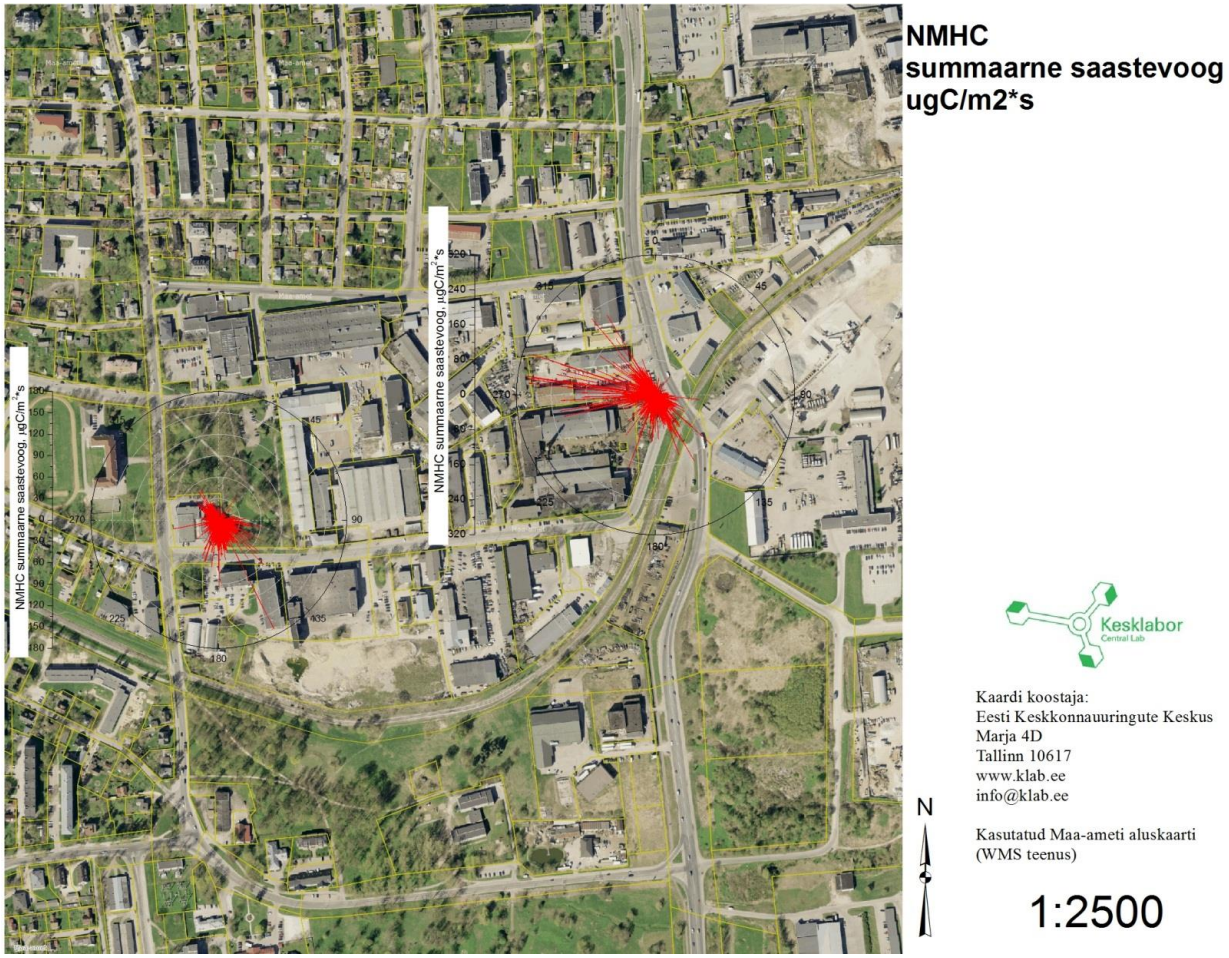


Joonis 74 NO2 summaarne saastevoog

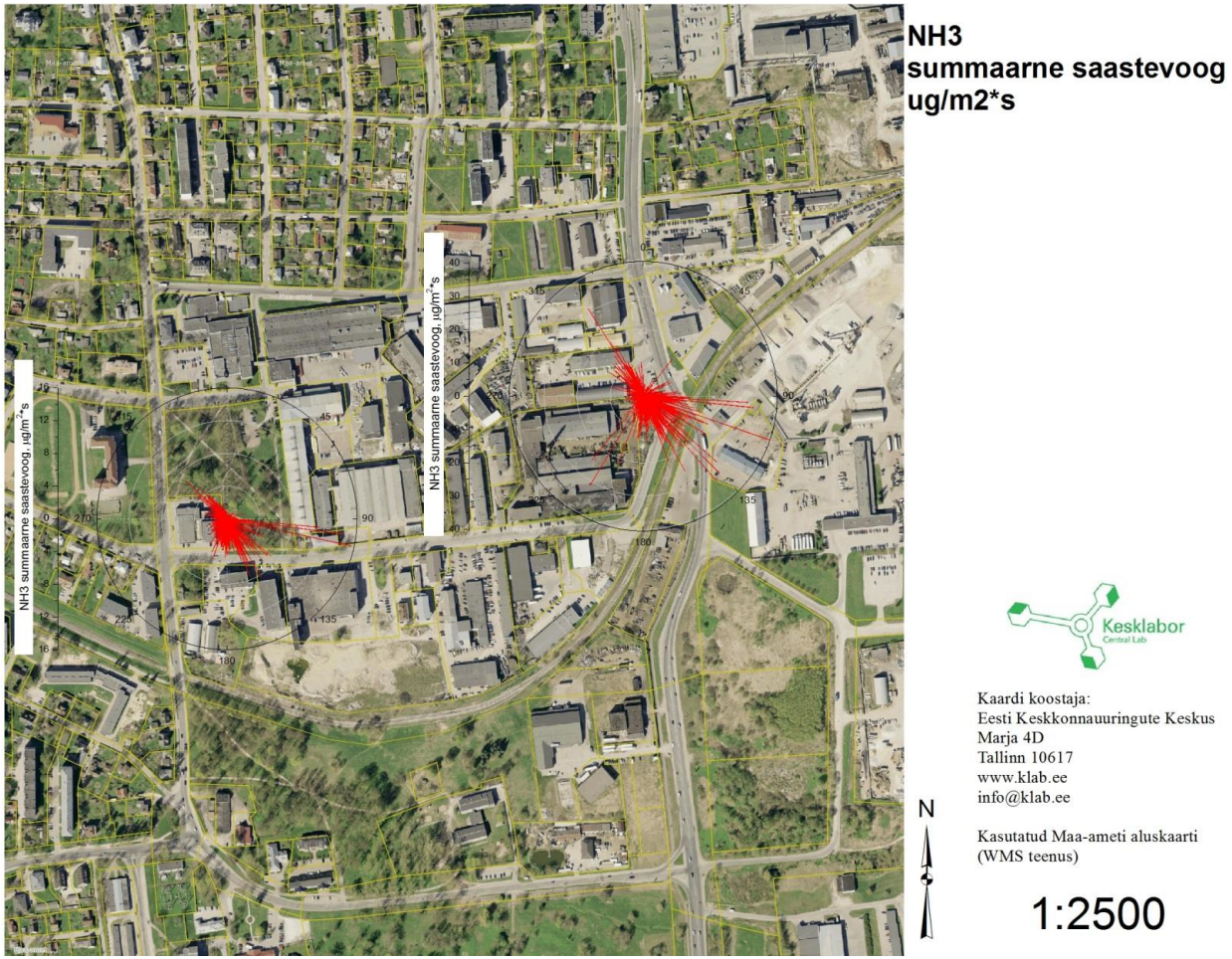
Joonis 75 SO2 summaarne saastevoog



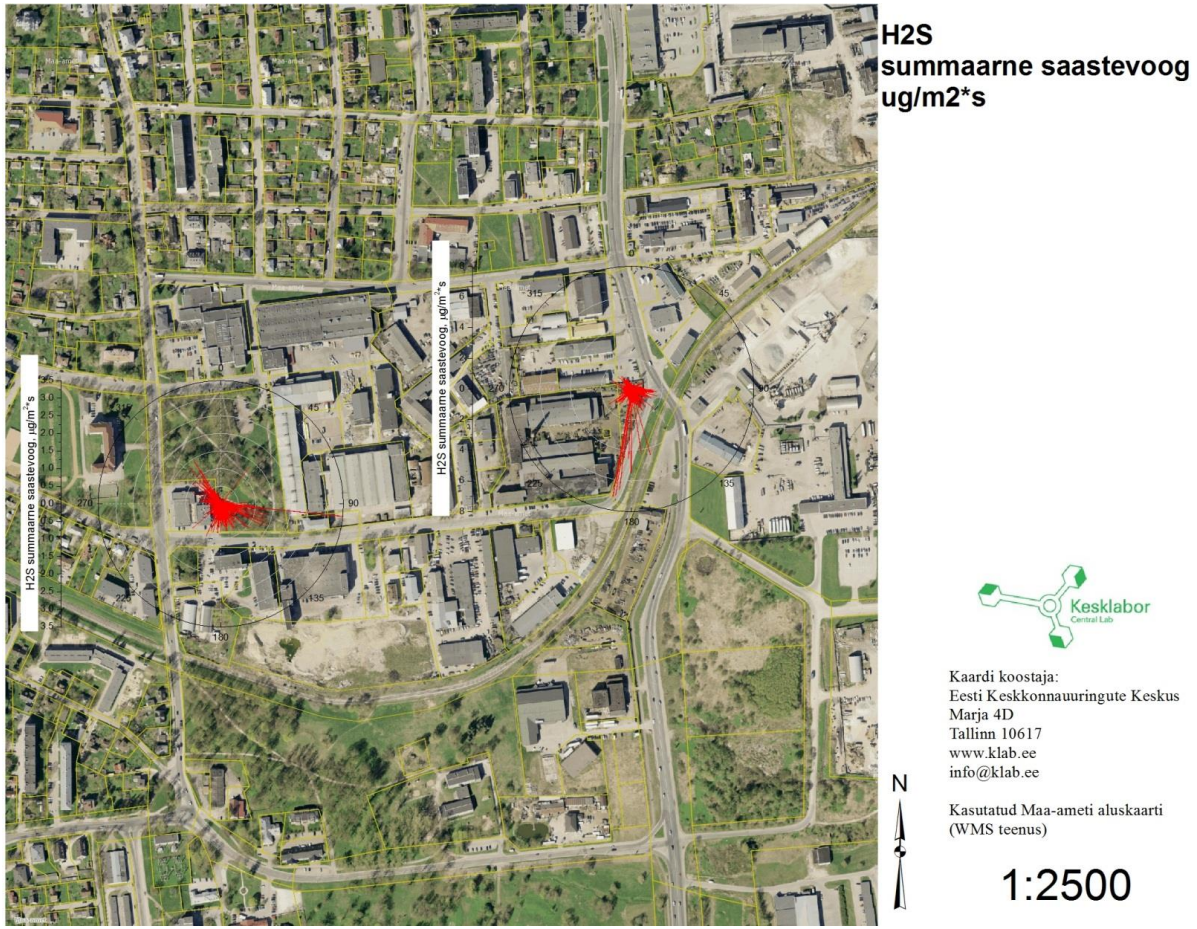
Joonis 76 PM10 summaarne saastevoog



Joonis 77 NMHC summaarne saastevoog



Joonis 78 NH3 summaarne saastevoog



Joonis 79 H2S summaarne saastevoog

3 Rahvusvaheline koostöö, aruandlus ja kohustused

2013 aastal tuleb koostada järgmised aruanded:

a) Aruandlus vastavalt direktiivile 2004/461/EMU, mis hõlmab välisõhu kvaliteedi direktiivide alusel teostatud saastetasemete mõõtmisi;

b) Osooni saastetasemete aruandlus vastavalt direktiivile 2002/3/EU;

e) EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe) aruandlus Norra Õhu-uuringute Instituudile (NILU);

f) EIONET (European Environmental Information and Observation Network) aruandlus DEM (digital elevation model) formaadis;

Kõik Eesti poolt esitatud rahvusvahelised aruanded on kättesaadavad EIONET CDR kaudu: http://cdr.eionet.europa.eu/ee/eu

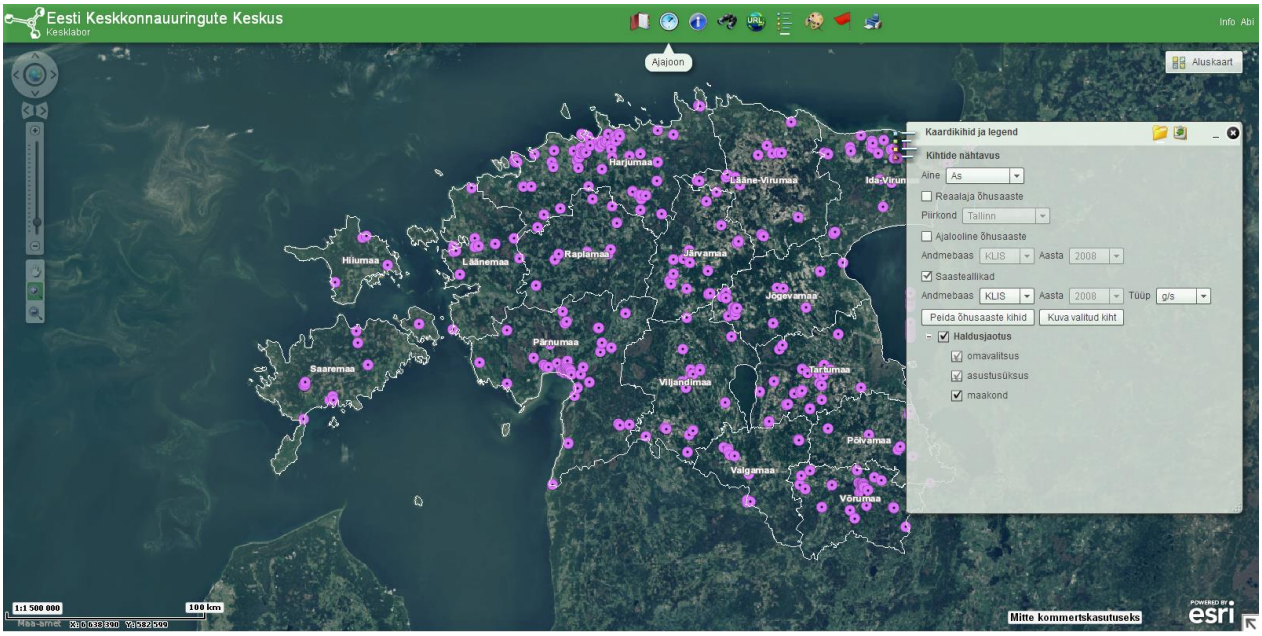
Lisaks on õhukvaliteedi mõõtetulemused avalikkusele kättesaadavad Airbase kaudu: http://acm.eionet.europa.eu/databases/airbase/

Siseriiklikult osaletakse kahe liikmega õhukvaliteedi standardimiskomitees töös, tegeleti asjakohaste standardite ülevaatamisega.

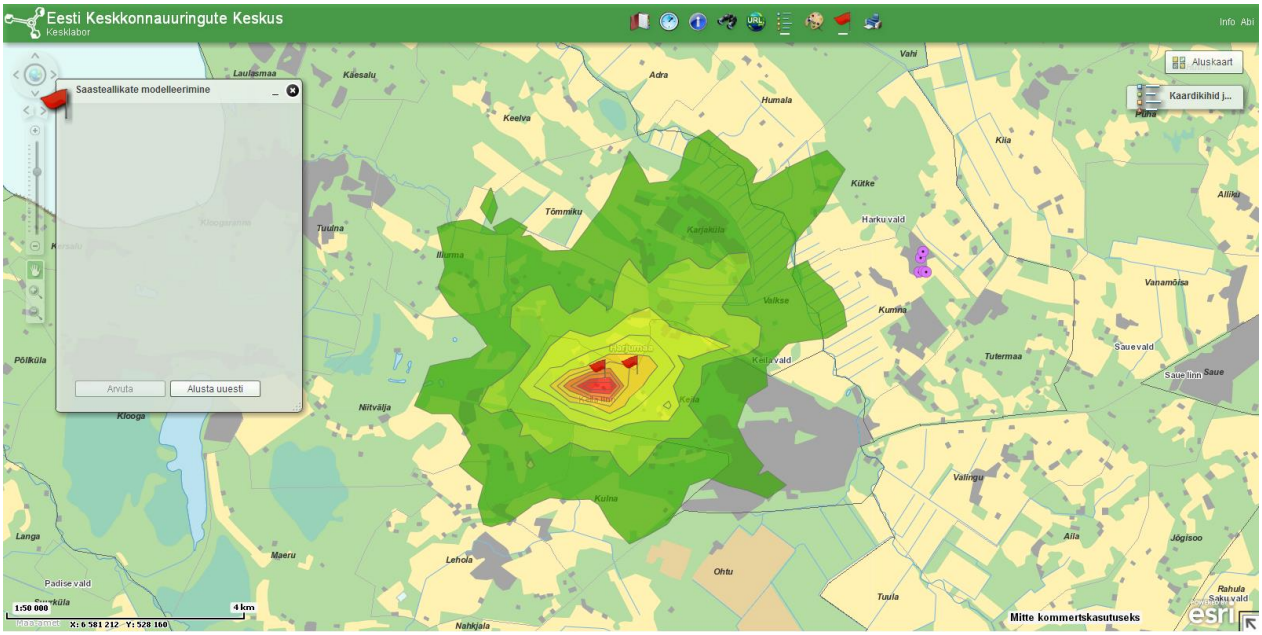
4 Süsteemi uuendamine ja täiendamine

4.1 Kaardirakenduse avalik kasutamine

Tulenevalt vajadusest tagada geoalusel riiklike emissiooniandmete kättesaadavus õhukvaliteedi andmete kogumise ja aruandluse veebilehe kaudu valmis avalik kaardirakendus, mis võimaldab otsest juurdepääsu OSIS ja KLIS2 andmebaasides olevale teabele üle avaliku kaardirakenduse. Lisaks võimaldab rakendus Maa-ameti aluskaartidel kuvada arvutuslikke saastetasemeid ja annab juurdepääsu foonilise saastetaseme kaardikihtidele. Joonisel on toodud arendatud kaardirakenduse põhimõtteskeem. Kaardirakenduse kaudu on tehtud kättesaadavaks foonilise saastetasemete arvutustulemused, mis on vajalikud ja nõutavad KMH ja LHK projektides koosmõju arvutusteks. Allolevatel joonistel on kaardirakenduse ekraanitõmmis.



Joonis 80 KLIS2 andmebaasi As saasteallikate kiht kaardirakenduses



Joonis 81 Saastetasemete kontrollarvutuste tööriist kaardirakenduses (arvutustulemus)

4.2 Emissioonide andmebaasi struktuuri muutmine

Möödunud aastal teostati saasteallikate ja ettevõtete andmebaasistruktuuri uuendamine ja viidi see vastavusse riiklikes andmekogudes olevate saasteallikate andmebaasidega. Selleks uuendati Airviro täielikult emissioonide andmebaasi sisemist struktuuri, minnes saasteallika põhiselt lähenemisest üle käitisepõhisele lähenemisele. See on paremas kooskõlas ka OSIS ja KLIS2 andmebaaside loogikaga ning võimaldab täielikult ühildada erinevaid andmebaase.

5 Planeeritud mõõtmised probleemsetes piirkondades

Varasemate aastate põhjal joonistuvad Eestis välja teatud probleemsed piirkonnad, mille õhukvaliteedi parandamisele tuleb keskenduda. Osad piirkonnad on selgelt vaid sellised, kus probleemid on põhjustatd ühe-kahe ettevõtte tegevusest. Samas on piirkondi, kus probleem on märksa keerulisem, ühtset probleemi põhjustajat ei saa välja tuua ning selle lahendamine nõuab kas täiendavaid uuringuid või kompleksset lähenemist. Keskkonnainspektsiooni ja Keskkonnaameti

kaudu on suurematest piirkondadestlaekunud pidevalt kaebusi Sillamäe, Kiviõli ja Kohtla-Järve linnade ning Muuga-Maardu piirkonna õhukvaliteedi probleemide kohta. Lisaks on pidevalt probleeme Kose-Uuemõisa välisõhu kvaliteediga ja lõhnahäiringuga. Riikliku seire andmete põhjal on probleeme Tallinna ja Tartu peente osakeste tasemetega ning Kohtla-Järvel vesiniksulfiidi sisaldusega välisõhus.

Detsembri alguses alustati mõõtekampaaniagaTartu linnas, kus viimasel kahel aastal on riikliku seire andmetel olnud probleeme peente osakeste piirväärtust ületavate tasemetega. Mõõtmistulemusi kasutatakse piirväärtustele vastavuse kontrollimiseks ja tervisemõju hindamiseks ning kohtkütte andmebaaside valideerimiseks analoogselt Tallinnaga. Kohtkütte andmebaasides kasutatud eriheiteid uuendatakse sel aastal võttes aluseks eelmisel aastal lõppenud kohtkütte mõõtmiseid hõlmanud projekti tulemused. Mõõtekampaania Tartu linnas kestab märtsi lõpuni 2014, täpne ajakava sõltub ilmastikutingimustest ehk kütteperioodi kestusest.

Jaanuaris alustatakse mõõtekampaaniaga Tallinnas, kus kahes mõõtepunktis tehakse mõõtmisi teisaldatavate konteinerjaamadega. Mõõtekohtadeks on valitud Linnu tee ja Sõpruse pst ristmik ning Pääskülas paiknev tüüpiline eramupiirkond.

Liikluse andmebaaside osas on hetkel suurimaks määramatuseks teekattest tingitud osakeste heide välisõhku. Selles osas teostati septemberis ja oktoobris täiendavad mõõtmised teekattest tingitud heitkoguste täpsustamiseks ja teekatte tüübist sõltuvate eriheidete väljatöötamiseks. Mõõtmistulemuste põhjal loodi teekatte erosioonist tingitud osakeste heitkoguste andmebaas. Saadud andmebaasi kontrolliti modelleerimistehnikate abil võrreldes sama perioodi seireandmeid arvutuslike kontsentratsioonidega. Järgmise aasta kevadel ja suvel on kavas mõõtmistega hinnata katteta teedel lähtuvate osakeste heitkoguseid kasutades selleks otse emissioonide mõõtmist tee pinnalt ja paralleelseid välisõhu mõõtmisi katteta teede vahetus läheduses.

6 Kokkuvõte ja plaanid

Töö raames mõõdetakse esimeses etapis teisaldatava konteinerjaamaga välisõhu kvaliteeti Tallinnas Haabersti linnaosas. Samal ajal teostatakse alates eelmise aasta detsembrist mõõtmisi Tallinna sadamas eesmärgiga valideerida laevaliikluse heitkoguseid ja AIS- signaalil baseeruvaid emissioonide andmebaase.

Õhukvaliteedi juhtimissüsteemi arendustööde on keskkonnalubade infosüsteemi andmebaaside ja Airviro andmebaaside operatiivse sidumise tehniline lahendus välja töötatud. Jooksvalt käib andmebaaside eksportimisega seotud saastelubade kvaliteediprobleemide lahendamine. Laevaliikluse heitkoguste arvutusmooduli arendustööd on lõpetatud, AIS signaal saadakse automaatselt Veeteede Ametist ning see signaal katab kogu Eesti territoriaalveed. Laevaliikluse emissioonitegurite na on kasutusel Rootsi Merendusorganisatsiooni andmed, tuleval aastal on kavas emissioonitegurite automaatne päring IHS Fairplay süsteemist.

Möödunud aastal uuendati Airviro süsteemi punktsaasteallikate formaati ja selle aasta esimselt poolel imporditakse uude formaati OSIS andmebaasid ja nende põhjal on tehakse täiendavad hajumisarvutused Sillamäe, Kohtla-Järve linna ja Muuga piirkonna jaoks kasutades hajumismudelite ansamblit. Tulemusi võrreldakse seire raames mõõdetud välisõhu kontsentratsioonidega.

Aasta teises pooles on kavas vastavalt FAIRMODE soovitustele valideerida ära Airviro süsteemis olevad mudelit kasutades selleks FAIRMODE raames välja töötatud Delta Tool nimelist tarkvaralahendust. Samad arvutusvalemid lisatakse ka otse Airviro tarkvarale, mis võimaldab valideerida kasutatavaid hajumismudeleid ilma väliseid tarkvarapakette kasutamata.

7 Kasutatud kirjandus

Bliss P-J., Jiang, K., Schulz T-J. 1995. The Development of a Sampling System for the Determination of Odor Emission Rates from Areal Surfaces: Part II. Mathematical Model, Journal of the Air & Waste Management Association, 45:12, 989-994

Dias. 1998. Standard Values for Farm Manure. A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries. Danish Institute of Agricultural Sciences.

Frechen, F.-B., Frey, M., Wett, M., Löser, C. 2004 Water Science and Technology Vol 50 No 4 pp 57–64 © IWA Publishing 2004

Grönroos, J., Mattila, P., Regina K., Nousiainen, J., Perälä, P,. Saarinen, Kristina., Mikkola-Pusa. M. 2009. Development of the ammonia emission inventory in Finland. Revised model for agriculture

Jiang K., Bliss P-J., Schulz T-J. 1995. The Development of a Sampling System for Determining Odor Emission Rates from Areal Surfaces: Part I. Aerodynamic Performance, Journal of the Air & Waste Management Association, 45:11, 917-922

Maasikmets, M. 2007. Välisõhu kvaliteedi hindamine keskkonnakompleksluba vajavas veisekasvatuskäitises : magistritöö., Eesti Maaülikool.; Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu, Eesti Maaülikool.